

**Министерство Российской Федерации  
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий**

**Академия Государственной противопожарной службы МЧС России**



на правах рукописи

**Шкунов Сергей Александрович**

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕОСНАЩЕНИЕМ ПАРКА  
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Специальность: 05.13.10 – «Управление в социальных  
и экономических системах»  
(технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
профессор Соколов Сергей Викторович

Москва – 2018

## Содержание

Введение.....	5
Глава 1 Исследование проблемы принятия решений по оснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны .....	12
1.1 Анализ применения пожарных автомобилей на пожарах и загораниях в Российской Федерации .....	12
1.2 Разработка методики в области принятия решений по оснащению парка пожарных автомобилей .....	18
1.3 Исследование нормативного и расчетного подходов принятия решений при оснащении парка пожарных автомобилей в России и за рубежом .....	21
1.4 Выбор научного подхода к проблеме переоснащения парка пожарных автомобилей.....	33
1.5 Постановка задач к проблеме принятия решений при переоснащении парка пожарных автомобилей.....	37
Выводы по главе 1.....	39
Глава 2 Разработка информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей.....	40
2.1 Описание компонент информационно-аналитической модели .....	41
2.1.1 Коэффициент оперативной готовности пожарно-спасательных подразделений .....	41
2.1.2 Коэффициент технической готовности пожарно-спасательных подразделений .....	44
2.2 Математические модели компонент информационно-аналитической модели.....	45

2.2.1 Математическая модель расчета критерия оперативной готовности пожарно-спасательных подразделений.....	45
2.2.2 Алгоритм расчета критерия оперативной готовности .....	49
2.2.3 Математическая модель критерия технической готовности пожарно-спасательных подразделений.....	50
2.2.4 Алгоритм расчета критерия технической готовности .....	55
2.3 Линейная комбинация компонент информационно-аналитической модели.....	57
2.4 Структура программного комплекса «Информационно-аналитическая модель».....	59
2.5 Особенности применения информационно-аналитической модели при решении практических задач по переоснащению парка основных пожарных автомобилей.....	63
Выводы по главе 2.....	68
Глава 3 Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей.....	70
3.1 Анализ компонент информационно-аналитической модели.....	70
3.2 Анализ распределения случайной величины.....	72
Выводы по главе 3.....	85
Глава 4 Применение информационно-аналитической модели принятия решений по ранжированию территориальных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основными пожарными автомобилями.....	86
4.1 Особенности территориального расположения, инфраструктуры и заселенности Северо-Кавказского федерального округа России .....	86
4.2 Структура расчета информационно-аналитической модели с помощью математического метода анализа временных рядов.....	90
4.2.1 Описание математического метода анализа временных рядов.....	90

4.2.2 Этапы расчета информационно-аналитической модели.....	91
4.3 Практические результаты расчетов коэффициентов оперативной и технической готовности для субъектов Северо-Кавказского федерального округа России.....	94
4.4 Применение информационно-аналитической модели принятия решений для ранжирования пожарно-спасательных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основными пожарными автомобилями .....	100
4.4.1 Описание процедуры принятия решений при применении информационно-аналитической модели.....	100
4.4.2 Геометрическая интерпретация процедуры принятия решения переоснащения парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений Северо-Кавказского федерального округа России.....	102
Выводы по главе 4.....	106
Заключение .....	107
Список литературы .....	108
Приложение А Перечень используемых аббревиатур и сокращений .....	122
Приложение Б Перечень исходных данных для реализации экспресс-метода	123
Приложение В Результаты интервального анализа данных о занятости основных пожарных автомобилях.....	125
Приложение Г Ранжирования субъектов на основе пожарных рисков и занятости основных пожарных автомобилей.....	133
Приложение Д Акты о внедрении результатов диссертационной работы..	137

## Введение

**Актуальность темы исследования.** Одна из стратегических функций управления противопожарной службой – это планирование в области технического переоснащения парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений. Оно включает в себя как комплекс работ по анализу ситуации с техническим обеспечением территориальных органов управления и подразделений, так и факторов, влияющих на состояние технических средств, предназначенных для выполнения поставленных задач. Подобный подход особенно актуален при ограниченном финансировании, которое необходимо для проведения переоснащения.

Своевременное прибытие пожарных подразделений на пожар, успешная ликвидация пожара и проведение аварийно-спасательных работ во многом зависит от технического состояния пожарно-спасательных автомобилей. В настоящее время парк пожарных автомобилей МЧС России составляет более 17 000 единиц. Основным нормативным показателем технического состояния пожарных автомобилей является средний срок эксплуатации (или службы), который составляет 10 лет. Проведенный анализ технического состояния парка пожарных автомобилей за 2016 год показал, что более 66 % всех пожарных автомобилей эксплуатируются со средним сроком службы более 10 лет. Если рассматривать парк основных пожарных автомобилей, то эта величина составляет 64 %. Этот процент был бы значительно выше, если не был бы сокращен резерв парка основных пожарных автомобилей со 100 до 50 %, что дополнительно влияет на техническую готовность парка пожарных автомобилей и его надежность.

Перед территориальными подразделениями, учитывая вышеизложенное остро стоит вопрос о необходимости переоснащения существующего парка используемой пожарно-спасательной техники на их современные аналоги – в первую очередь пожарными автомобилями, так как они являются основной

оперативно-тактической единицей в каждом пожарном подразделении и составляют порядка 73 % от общего количества пожарных автомобилей.

Основная цель переоснащения – принятие управленческих решений по распределению финансовых средств, которые обеспечивают максимально возможный уровень оперативной и технической готовности подразделений МЧС России к выполнению задач по назначению.

Для реализации анализа технической и оперативной готовности пожарной техники необходимо разработать и научно обосновать комплексный показатель оценки эффективности оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей. Данный показатель является основой информационно-аналитической модели, которая позволит оперативно определить субъекты РФ, нуждающиеся в первоочередном переоснащении парка пожарных автомобилей.

Таким образом, значимость данного исследования состоит в необходимости решения научно-практической задачи, применяемой при ранжировании территориальных пожарно-спасательных подразделений лицом, принимающим решение, в порядке предпочтительности, с помощью комплексного показателя оценки уровня оперативной и технической готовности.

**Степень разработанности темы исследования.** Методологической основой диссертационной работы являются результаты научной деятельности многих отечественных и зарубежных ученых, занимающихся исследованием нормативного и расчетного подходов принятия управленческих решений при обеспечении пожарной безопасности под руководством Н.Н. Брушлинского, С.В. Соколова, Н.Г. Топольского, А.В. Матюшина, А.А. Порошина, Ю.А. Матюшина, А.П. Копылова, Качанова С.А., В.Н. Буркова, Т. Saati и др. В том числе вопросами управления материально-техническим обеспечением и переоснащением аварийно-спасательной и пожарной техники занимались Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Н.Г. Топольский, А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.П. Копылов, А.А. Таранцев, А.П. Сатин, А.А. Аграновский, К.С. Власов, Д.В. Псарев.

Однако исследования по переоснащению существующего парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений были произведены не в полном объеме, они либо учитывали только показатели оперативной готовности подразделений, либо оценивали уровень технической готовности парка пожарной техники, а также требовали большого массива исходных данных и времени для их анализа и расчета.

**Цель работы** заключается в разработке информационно-аналитической модели и алгоритмов определения оперативно-технической готовности пожарно-спасательных подразделений с целью поддержки принятия решений при управлении переоснащением парка основных пожарных автомобилей.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

- провести исследование проблемы принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны;
- разработать критерии, определяющие уровень оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей;
- разработать информационно-аналитическую модель и алгоритм принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей;
- провести исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей;
- оценить эффективность применения информационно-аналитической модели принятия решений для ранжирования территориальных подразделений в порядке предпочтительности при переоснащении парка основных пожарных автомобилей.

**Объект исследования** – процесс управления переоснащением парка пожарных автомобилей подразделений пожарной охраны.

**Предмет исследования** – информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей подразделений пожарной охраны.

**Методология и методы исследования.** В ходе исследования были использованы методы системного анализа, общей и математической статистики,

теории вероятностей, а также методы теории принятия решений в условиях риска и неопределенности.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

– впервые разработан и научно обоснован комплексный показатель для оценки оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей;

– разработана информационно-аналитическая модель для принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей подразделений пожарной охраны;

– разработана комплексная методика применения информационно-аналитической модели при ранжировании территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения для переоснащения основными пожарными автомобилями.

**Теоретическая и практическая ценность и значимость работы.**

На основании выполненных исследований и полученных научных результатов:

1. Разработаны количественные критерии оценки оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей.

2. Предложено использование математического метода интервальных значений для оценки оперативной и технической готовности

3. Разработана информационно-аналитическая модель принятия решений по ранжированию пожарно-спасательных подразделений.

4. Предложена комплексная методика применения информационно-аналитической модели при ранжировании территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения для переоснащения основными пожарными автомобилями.

**Степень достоверности результатов исследования** базируется на использовании официальных статистических данных, применении методов, соответствующих цели и задачам исследования.

Проверка адекватности результатов моделирования, полученных с помощью информационно-аналитической модели принятия решений



по переоснащению парка основных пожарных автомобилей, осуществлялась с использованием классических методов математического анализа и математической статистики.

**Апробация результатов работы.** Основные результаты диссертационной работы доложены на:

– IV Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» (Россия, Москва, Академия ГПС МЧС России, 2015 г.);

– V Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» (Россия, Москва, Академия ГПС МЧС России, 2016 г.);

– 24-й Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2015» (Россия, Москва, Академия ГПС МЧС России, 2015 г.);

– XXIX Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, Балашиха, ВНИИПО МЧС России, 2017 г.).

Также результаты данного исследования были использованы при выполнении научно-исследовательской работы по теме: «Разработка региональной системы оснащения территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского регионального центра МЧС России».

**Публикации.** По тематике диссертации опубликовано 15 научных публикаций в журналах, из них 4 в изданиях, рекомендованных ВАК России. Одна работа опубликована в единоличном авторстве. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Практическая значимость работы** подтверждена использованием результатов исследования при:

– создании зарегистрированной Роспатентом компьютерной программы: «Программа по оценке коэффициентов технической готовности и оснащённости подразделений» № 2017613787 от 29.03.2017 г.;

– разработке программы развития территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского регионального центра МЧС России;

– разработке планов переоснащения ФПС ГУ МЧС России по Ставропольскому краю, Карачаево-Черкесской Республике, Республике Северная Осетия-Алания на 2015–2020 гг.;

– проведении занятий на кафедре пожарной техники УНК ПАСТ, в институте развития Академии ГПС МЧС России в учебном процессе по дисциплинам «Пожарная техника», «Пожарная и аварийно-спасательная техника», «Управление технической службой».

Реализация результатов исследования подтверждена соответствующими актами внедрения.

**Личный вклад автора.** В совместных публикациях, результаты, связанные с анализом текущей ситуации в исследуемой области, разработкой математической модели и алгоритмов, основных компонентов системы для принятия решений по переоснащению территориальных подразделений пожарной охраны выполнены автором самостоятельно.

**Положения, выносимые на защиту:**

- результаты анализа в области поддержки управления переоснащением парка пожарных автомобилей;
- критерии оценки уровня оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей;
- информационно-аналитическая модель и алгоритмы принятия решений по ранжированию территориальных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основных пожарных автомобилей;

- комплексная методика применения информационно-аналитической модели при ранжировании территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения для переоснащения основными пожарными автомобилями.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации – 143 страницы. Работа иллюстрирована 53 рисунками и 10 таблицами. Приложение к диссертации иллюстрировано 8 рисунками и 3 таблицами. Библиографический список включает 115 наименований.

# Глава 1 Исследование проблемы принятия решений по оснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны

## 1.1 Анализ применения пожарных автомобилей на пожарах и загораниях в Российской Федерации

Анализ параметров оперативной обстановки в Российской Федерации за последние 8 лет (2009–2016 гг.) показывает, что, не смотря на незначительное снижение числа пожаров и ЧС, число выездов пожарно-спасательных подразделений на пожары и загорания по-прежнему значительно (рисунок 1.1) [43, 46]. При этом средний материальный ущерб от одного пожара в городах и сельской местности за последние годы увеличился более чем в 2 раза (рисунок 1.2) [32].

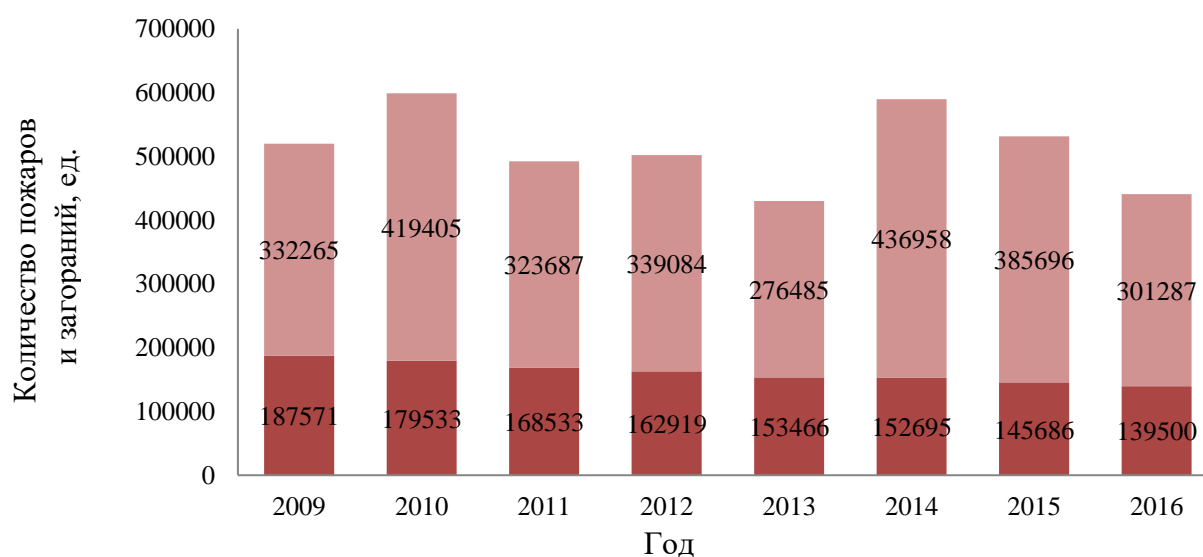


Рисунок 1.1 – Распределение числа выездов на пожары и загорания подразделениями ФПС МЧС России за период с 2009 по 2016 гг.:

■ – число пожаров; ■ – число загораний

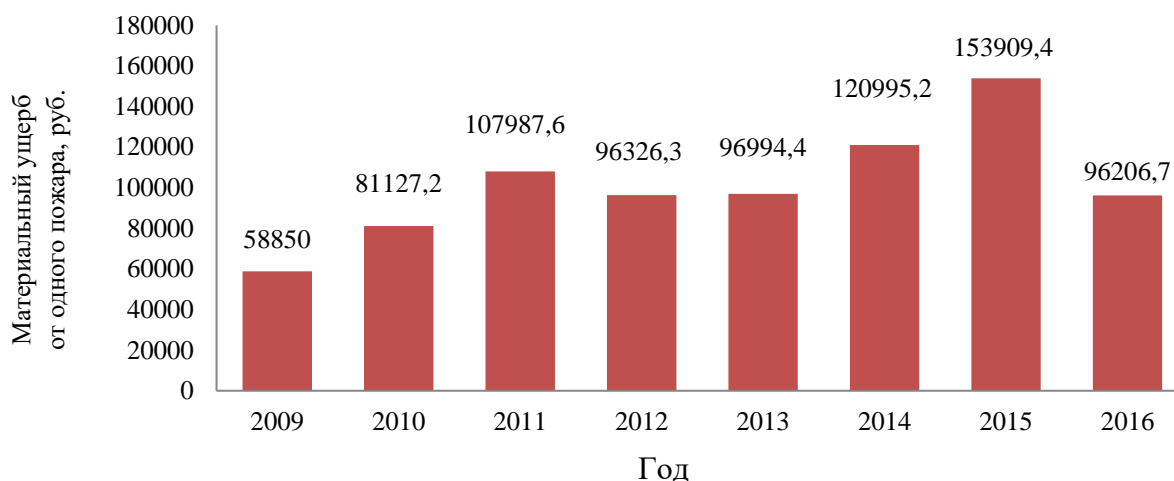


Рисунок 1.2 – Распределение среднего ущерба от одного пожара в городах и сельской местности РФ за период с 2009 по 2016 гг.

Своевременное прибытие пожарных подразделений на пожар, успех тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ во многом зависит от технического состояния пожарно-спасательных автомобилей. Как показывает статистика, количество выездов пожарных подразделений на пожары, загорания, дорожно-транспортные происшествия и другие деструктивные события с каждым годом возрастает [42]. Нехватка личного состава в дежурных караулах приводит к тому, что на пожар сосредотачивается большое количество пожарных автомобилей, которые не задействуются в тушении пожара, а выезжают только для обеспечения доставки личного состава, необходимого для успешного тушения пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, что дополнительно влияет на износ существующего парка пожарных автомобилей (ПА).

Оценку оперативного применения пожарных автомобилей в ПСЧ ФПС МЧС России при выездах на пожары и загорания за последние пять лет можно выразить через относительный показатель применения ПА, который будет определяться отношением количества ПА к количеству выездов на пожары и загорания (рисунок 1.3). Данный показатель имеет тенденцию роста, что говорит о увеличении частоты выездов оперативных подразделений ФПС МЧС России на пожары и загорания. Если рассмотреть данный показатель на примере основных пожарных автомобилях (ОПА), так как они являются основной

тактической единицей пожарно-спасательных подразделений, выезжающей на пожары и чрезвычайные ситуации и составляют 73 % от общего числа пожарных автомобилей, то тренд роста также очевиден.

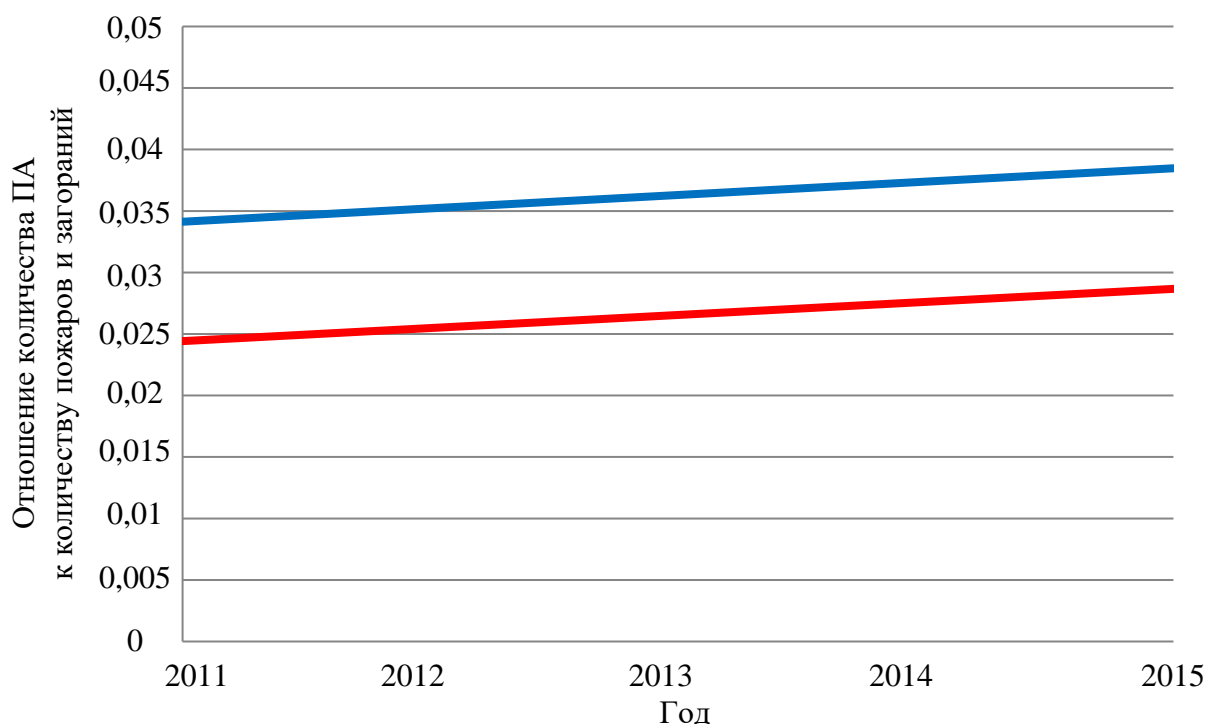


Рисунок 1.3 – Относительный показатель применения основных и специальных пожарных автомобилей на пожарах и загораниях в РФ за период с 2011 по 2015 гг.:

— основные и специальные ПА;  
 — основные ПА

Следующий шаг исследования – это анализ технического состояния парка пожарных автомобилей. Исследования технического состояния парка пожарных автомобилей в территориальных подразделениях РФ показывают, что более 68 % пожарных автомобилей эксплуатируется в пожарно-спасательных подразделениях со сроком службы более 10 лет [110].

Техническое состояние парка ОПА с учетом среднего срока службы за последние 6 лет представлено на рисунке 1.4. Износ парка основных пожарных автомобилей на 1 января 2016 года составляет 64 % [110]. Эта величина была бы значительно выше, если бы не был уменьшен резерв основных пожарных автомобилей в ПСЧ федеральной противопожарной службы (ФПС) со 100

до 50 % (на основании приказа МЧС от 11 августа 2011 года № 435, который вносит изменения в приказ МЧС России от 30 декабря 2005 года № 1027 «О мероприятиях по созданию Федеральной противопожарной службы»).

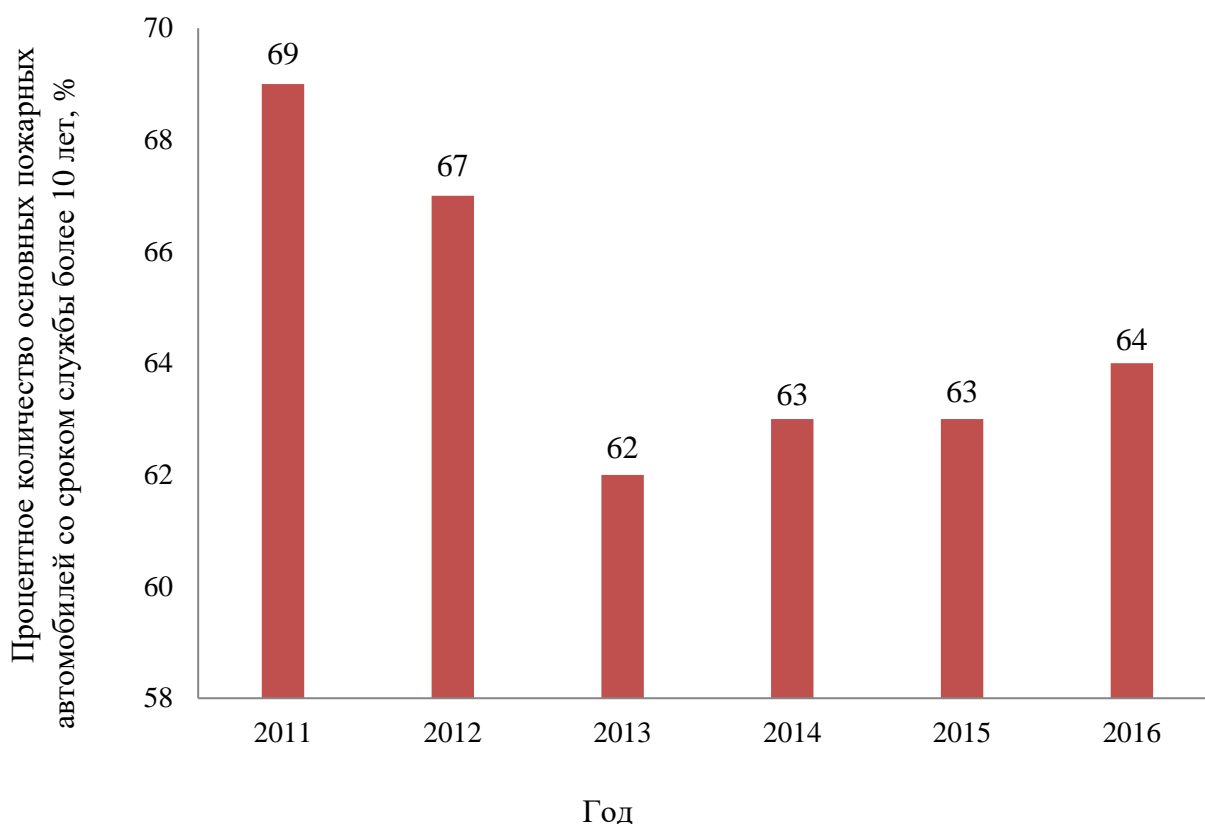


Рисунок 1.4 – Износ парка основных пожарных автомобилей в пожарных частях ФПС с учетом среднего срока службы с 2011 по 2016 гг.

Для проведения анализа оперативной обстановки в субъектах РФ и технического состояния пожарных автомобилей в качестве примера был выбран Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО), так как он является типовым Федеральным округом в Российской Федерации и включает в себя различные климатические зоны и категории эксплуатации пожарных автомобилей.

Одним из оперативных показателей обстановки в субъектах РФ, входящих в состав СКФО, является средний ущерб (рисунок 1.5), приходящийся на один пожар. Здесь также, как и в целом по РФ, наблюдается тенденция увеличения данного показателя с 2004 по 2013 гг.

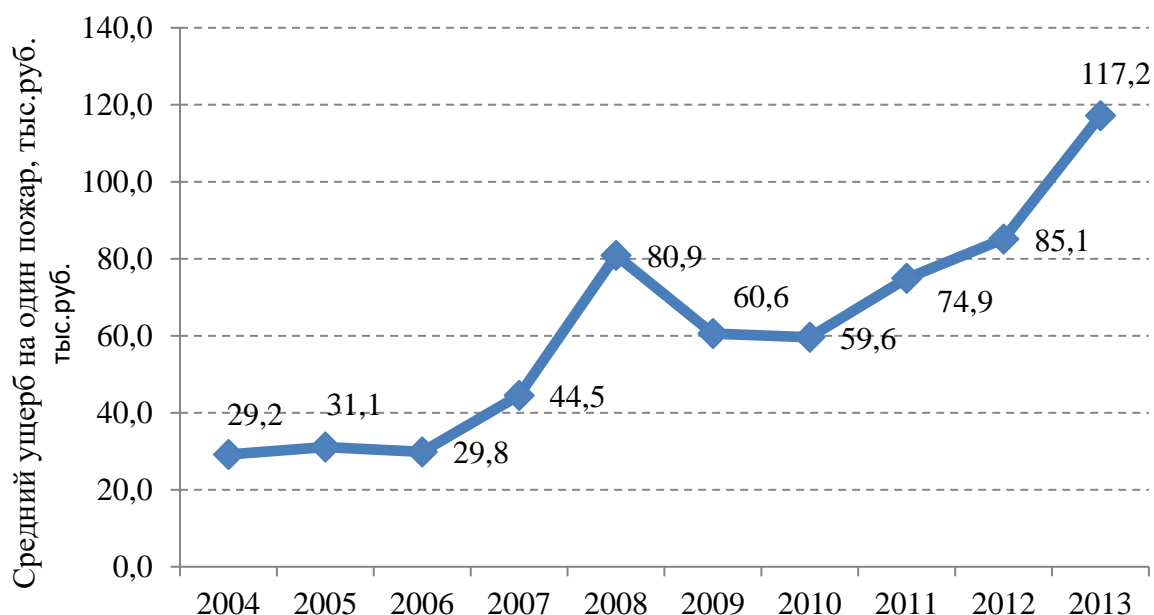


Рисунок 1.5 – Динамика среднего ущерба, приходящегося на один пожар в субъектах РФ, входящих в СКФО

Для оценки технического состояния парка ПА необходимо оценить количественный парк пожарных автомобилей, стоящих на вооружении в ГУ СКФО МЧС России. Распределение по видам ПА в главных управлениях МЧС России по субъектам СКФО представлено на рисунке 1.6:

*доля основных ПА составляет*

- от 35 до 70 % всего по субъектам СКФО;
- 53,3 % среднее значение по субъектам СКФО;

*специальные пожарные автомобили составляют*

- от 8 до 18 % всего по субъектам СКФО;
- 11,6 % среднее значение по субъектам СКФО.

В регионе эксплуатируется 433 единицы техники со сроком эксплуатации свыше 10 лет (64,2 % от общей численности пожарной техники), что позволяет судить об устаревании парка ПА (рисунок 1.7).



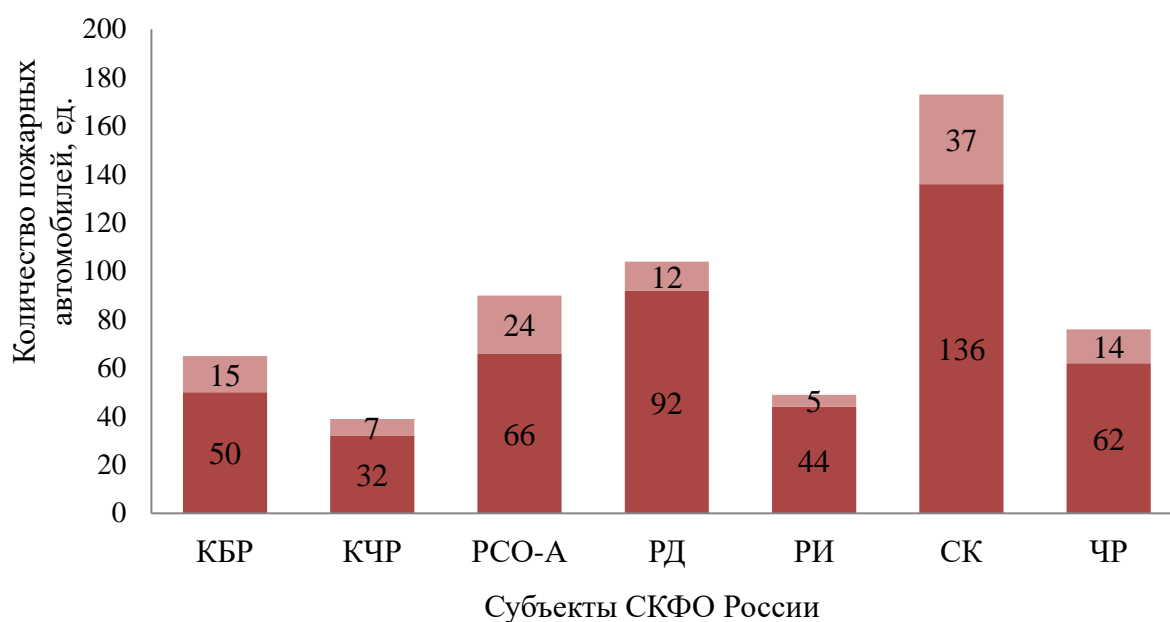


Рисунок 1.6 – Количество ПА в главных управлениях МЧС России субъектов СКФО:  
 КБР – Кабардино-Балкарская Республика, КЧР – Карачаево-Черкесская Республика,  
 РСО-А – республика Северная Осетия – Алания, РД – Республика Дагестан,  
 РИ – Республика Ингушетия, СК – Ставропольский край, ЧР – Чеченская Республика;

■ – основные ПА; ■ – специальные ПА

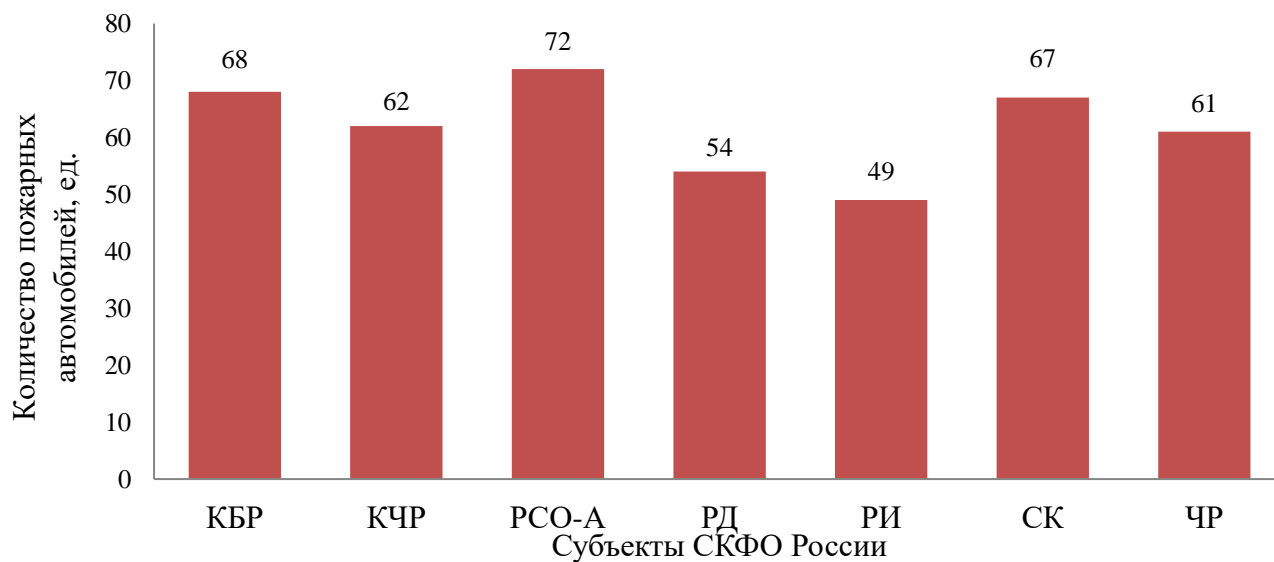


Рисунок 1.7 – Распределение пожарных автомобилей по субъектам СКФО со сроком службы свыше 10 лет:

КБР – Кабардино-Балкарская Республика, КЧР – Карачаево-Черкесская Республика,  
 РСО-А – республика Северная Осетия – Алания, РД – Республика Дагестан,  
 РИ – Республика Ингушетия, СК – Ставропольский край, ЧР – Чеченская Республика

Из проведенных исследований видно, что парк ПА территориальных подразделений пожарной охраны в РФ имеет большое количество ОПА со сроком службы более 10 лет (в среднем 64,2 %), и с каждым годом процент износа парка ОПА увеличивается. Поэтому для повышения технической готовности пожарно-спасательных подразделений необходимо проводить переоснащение парка ПА в первую очередь современными образцами основных пожарных автомобилей (плановое переоснащение). Поскольку объем затрат не позволяет произвести переоснащение одновременно во всех субъектах Российской Федерации, предлагается провести поэтапное (целевое) переоснащение пожарно-спасательных подразделений МЧС России. Для расстановки приоритетов по переоснащению необходимо научно-практическое обоснование существующих методов принятия решений в этой области.

## **1.2 Разработка методики в области принятия решений по оснащению парка пожарных автомобилей**

Рассмотрим методику теории принятия решений по переоснащению парка ПА, которая базируется на концепции и методологии *теории принятия решений*. Эта теория предполагает, что решениям, связанным с риском, всегда свойственны элементы неизвестности конкретного изменения исходных параметров, которые не позволяют четко детерминировать значения конечных результатов этих решений. В зависимости от степени неизвестности, предстоящего изменения исходных параметров принятия решений различают *условия риска*, в которых вероятность наступления отдельных событий, влияющих на конечный результат, может быть установлена с той или иной степенью точности, и *условия неопределенности*, в которых из-за отсутствия необходимой информации такая вероятность не может быть установлена.

Принятие решений в условиях риска основано на том, что каждой возможной ситуации развития событий может быть задана определенная

вероятность его осуществления. Это позволяет взвесить каждое из конкретных значений по отдельным альтернативам на значение вероятности и получить на этой основе интегральный показатель уровня риска, соответствующий каждой из альтернатив принятия решений по распределению финансовых средств на переоснащение. Сравнение этого интегрального показателя по отдельным альтернативам позволяет избрать для реализации ту из них, которая приводит к избранной цели (заданному показателю эффективности) с наименьшим уровнем риска.

Принятие решений в условиях неопределенности основано на том, что вероятности различных вариантов ситуаций развития событий лицу, принимающему рискованное решение, неизвестны. В этом случае при выборе альтернативы принимаемого решения, лицо принимающее решение (ЛПР) руководствуется, с одной стороны, своим рискованным предпочтением, а с другой – соответствующим критерием выбора из всех альтернатив по составленной им «матрице решений».

Основные критерии, которые ЛПР может использовать в процессе принятия решений в условиях неопределенности, следующие:

- критерий Вальда (критерий «максимина»);
- критерий «максимакса»;
- критерий Гурвица (критерий «оптимизма-пессимизма» или «альфа-критерий»);
- критерий Сэвиджа (критерий потерь от «минимакса»)

Критерий Вальда предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которая из всех самых неблагоприятных ситуаций развития события (минимизирующих значение эффективности) имеет наибольшее из минимальных значений (т. е. значение эффективности, лучшее из всех худших или максимальное из всех минимальных).

Критерий «максимакса» предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которая из всех самых благоприятных ситуаций развития событий (максимизирующих значение

эффективности) имеет наибольшее из максимальных значений (т. е. значение эффективности лучшее из всех лучших или максимальное из максимальных).

Критерий Гурвица позволяет руководствоваться при выборе рискованного решения в условиях неопределенности некоторым средним результатом эффективности, находящимся в поле между значениями по критериям «максимакса» и «максимина» (поле между этими значениями связано посредством выпуклой линейной функции).

Критерий Сэвиджа предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которая минимизирует размеры максимальных потерь по каждому из возможных решений. При использовании этого критерия «матрица решения» преобразуется в «матрицу потерь» (один из вариантов «матрицы риска»), в которой вместо значений эффективности проставляются размеры потерь при различных вариантах развития событий. Критерий Сэвиджа используется при выборе рискованных решений в условиях неопределенности, как правило, субъектами, не склонными к риску.

Предлагаемая методика позволяет ЛПР использовать в качестве исходных данных не числа, а интервалы, в которых могут изменяться эти числа. Например, время следования техники к месту вызова задается не конечным числом, а интервалом от минимально возможного по техническим характеристикам ПСА и дорожно-климатическим условиям до предельно допустимого по нормативным требованиям.

Методика предполагает возможность использования статистики интервальных данных. Это направление математики является дальнейшим развитием всех известных правил приближенных вычислений, посвященных выражению погрешностей суммы, разности, произведения, частного через погрешности тех чисел, над которыми осуществляются перечисленные операции.

Одним из преимуществ использования статистики интервальных данных является разрешение наиболее «болезненного вопроса» статистики ЧС и пожаров – обоснование необходимого и достаточного объема выборки исходных данных и их точности. Согласно статистике интервальных данных,

нецелесообразно увеличивать объем выборки сверх некоторого предела (называемого рациональным объемом выборки) – вопреки классической теории, согласно которой чем больше объем выборки, тем точнее выводы.

Методика должна позволять ЛПП решать задачу выбора альтернатив принятия решений по распределению финансовых средств на переоснащение в зависимости от уровня (объема) и качества (достоверности), а также доступности исходных данных. Уровень (объем) и качество (достоверность), а также доступность исходных данных имеет для ЛПП принципиальное значение.

### **1.3 Исследование нормативного и расчетного подходов принятия решений при оснащении парка пожарных автомобилей в России и за рубежом**

Большой вклад в исследование данной проблематики внесли как советские и российские ученые, работающие в разное время во ВНИИПО, ВНИИГОЧС и Академии ГПС МЧС России, так и зарубежные ученые.

Так, школа профессора Н.Н. Брушлинского направлена на исследование и решение организационно-управленческих проблем ЭиАСС, связанных с обоснованием требуемой численности, технической оснащенности, мест дислокации и оценки возможностей этих служб. Впервые был применен метод имитационного моделирования процесса функционирования ЭиАСС и успешно использован при проектировании различных ЭиАСС в более чем 40 городах и территориях России, Германии, Эстонии, Хорватии и др. стран мира [31].

На основе метода имитационного моделирования была разработана компьютерная имитационная система KOSMAS, которая является надежным и по существу единственным инструментарием, с помощью которого можно оценивать последствия сокращения или увеличения численности этих служб, изменения их параметров и предназначенная для решения разнообразных задач проектирования и реорганизации различных ЭиАСС городов и территорий.

При применении метода имитационного моделирования для исследования оперативной деятельности ЭиАСС и представленного в работах [13] позволяет эффективно решать комплекс рассматриваемых вопросов. Однако этот метод требует использования огромного массива данных и продолжительного времени.

Исследованием проблемы организации пожарно-спасательных и аварийно-спасательных служб в городах занимались и за рубежом. Публикации на подобные исследования, которые проводились в США вышли в свет в начале 70-х годов [96, 97]. Одновременное и независимое начало исследований одной и той же проблемы в разных странах свидетельствовало об ее научной актуальности и необходимости [98].

Благодаря американским специалистам, внесшим большой вклад в создание теоретических основ проектирования противопожарных служб в городах, было обследовано несколько городов США (Нью-Йорк, Йонкерс, Трентон, Джерси и Уилмингтон), был построен ряд аналитических и имитационных моделей [46, 47, 48, 49, 50]. Это и послужило основой некоторых рекомендаций по улучшению деятельности противопожарной службы этих городов. Однако последние по времени публикации об этих работах относились к концу 70-х - началу 80-х годов.

Различные методы математической статистики и теории вероятностей использовались при анализе и обобщении полученных результатов. Даже на этом, начальном, этапе исследования выявились общие для всех противопожарных служб мира статистические закономерности, которые присущи процессу их функционирования и различающиеся только значениями их параметров. С помощью этого обстоятельства появилась возможность перевода проблемы организационного проектирования противопожарных служб в городах на строго научную основу и перехода к математическому моделированию этих процессов.

Для решения этих задач в настоящее время выделяют два основных подхода: нормативный и расчетный.

Нормативное обоснование численности и организации противопожарных служб города, как правило, является преимущественным методом по сравнению

с иными методами проектирования за счет своей простоты и удобства использования. Не только в нашей стране, но и за рубежом был разработан ряд нормативов, которые регламентируют основные параметры противопожарных служб в городах.

В зарубежных странах обычно нормируют такие показатели, как радиус обслуживания для одного пожарного депо, общее количество основных и специальных пожарных автомобилей, максимальное время следования оперативных отделений к месту вызова.

Так, в Германии число и дислокация пожарных депо определяется в соответствии с размерами города, тактическими соображениями, числом пожаров в нем, его рельефом. Вместе с тем основной показатель для определения минимального числа депо и их размещения в городах Германии – это соблюдение 10-минутного интервала от вызова пожарных подразделений до начала действий по тушению пожара [99].

В Великобритании более детально регламентируется нормативное время прибытия первых пожарных подразделений к объекту вызова в городах:

5 минут в особо опасные районы,

10 минут – в прочие,

20 минут – в сельскую местность [93, 51].

Помимо этого, в требованиях для крупнейших промышленных и торговых центров указано, что первые два пожарных автомобиля должны прибыть в течение 5 минут после вызова, а третий – в следующие 3 минуты [100].

В США городские власти разработали и прилагают усилия к максимальному соблюдению специального норматива Grading Schedule for municipal Fire Protection, для того чтобы страховые суммы по компенсации ущерба от пожаров не оказывались заниженными. Данный норматив устанавливает максимальную дальность выезда для оперативных отделений на основных пожарных автомобилях и автолестницах в зависимости от требуемого расхода воды на тушение пожара. Районы со зданиями для тушения пожара, в которых требуемый расход воды составляет  $34 \text{ м}^3$ , расстояние

до любой точки района не должно превышать 1,2 км от депо с основными пожарными автомобилями и 1,6 км – от депо с наличием автолестницы. Кроме этого, для любой точки района в зоне с радиусом 2,4 км должно располагаться не менее трех отделений на основных пожарных автомобилях, а в зоне с радиусом 3,2 км – не менее двух автолестниц. Для районов с требуемым расходом воды менее 34 м<sup>3</sup> максимальное расстояние до депо с основными пожарными автомобилями должно быть 2,4 км, а до депо с наличием автолестницы – 3,2 км. Кроме того, в зоне с радиусом не более 4 км должны располагаться еще два отделения на основных пожарных автомобилях [101].

В таблице 1.1 приведен свод некоторых нормативных показателей, применяемых в различных странах.

Плотность пожарных депо значительно различается в разных странах, очевидно, это связано с различиями в используемых нормативах. В публикации [102] приводятся соответствующие данные для некоторых крупнейших городов мира. В США и Японии гораздо более высокая (чем в других странах) плотность пожарных депо в городах, которая объясняется принятой в этих странах практикой использования разветвленной сети небольших депо на 1–2 пожарных автомобиля, что благоприятно сказывается на снижении времени следования первого пожарного подразделения к месту вызова (таблица 1.2) [8, 15, 30].

Значительные упрощения предпосылок и получаемые в результате грубые, усредненные оценки искомых параметров, игнорирующие местные условия и ставящие под сомнение экономическую эффективность, являются очевидными недостатками нормативного подхода к проектированию пожарно-спасательных служб городов.



**Таблица 1.1 – Время выезда и прибытия первых пожарных подразделений к месту вызова**

№ п/п	Страна	Требования к оперативному реагированию на вызовы			
1	Австралия	Время выезда для подразделений профессиональной пожарной охраны – до 1 мин, добровольной – от 2 до 5 мин максимальное время прибытия в городах – 10 мин, в сельской местности – 15 мин			
2	Бельгия	Расчетное время прибытия к месту вызова – 6 мин (среднее значение)			
3	Великобритания	Максимальное время прибытия			
		Районы	Первый автонасос	Второй автонасос	Третий автонасос
		Центр крупного города	5	5	8
		Центр города	5		
		Пригород	8-10		
	Сельские районы	20	8		
		В удаленных сельских районах нормативное время прибытия не устанавливается			
4	Германия	Время прибытия составляет (в среднем): в городах – 5 мин, в сельской местности – 8 мин			
5	Греция	Время прибытия составляет 10 мин в городах и 30 мин в сельской местности			
6	Дания	Нормативное время прибытия не больше 10 мин. в городах и 15 м в сельской местности			
7	Ирландия	Нормативное время прибытия не больше 10 мин в городах и 20 (и более) мин – в сельской местности			
8	Норвегия	Нормативное время прибытия в городах не должно превышать 10 мин. В сельских районах оно устанавливается применительно к местным объектам повышенной опасности (больницам и т. п.). В зависимости от категории района (городской центр, сельский район) время прибытия варьируется в пределах 5–10, 10–15, 15–30 мин			
9	США	5-минутное время прибытия для районов с высоким уровнем пожарной опасности			
10	Финляндия	Нормативное время прибытия –10 мин для густонаселенных районов с высокой потенциальной опасностью и 20 мин для остальных районов (за исключением малонаселенных)			
11	Франция	Время прибытия не должно превышать 10 мин в городах и 20 мин в сельской местности			
12	Швеция	Максимальное время прибытия в 10, 20 или 30 мин рекомендовано для наиболее опасных, опасных и менее опасных районов (городских и сельских)			
13	Чехия	Профессиональные пожарные должны выехать по сигналу тревоги не позднее, чем через 2 мин, добровольные – 10мин. Профессиональные пожарные должны прибывать к месту вызова за 15–20 мин			
14	Эстония	Максимальное время прибытия в городах – 6 мин, в сельской местности – 15 мин			

Таблица 1.2 – Плотность пожарных депо в некоторых городах мира

№ п/п	Город	Террит., кв.км.	Население, тыс чел.	Число депо	Средняя площадь района обл., кв. км.	Средний радиус облуж., км.	Среднее время след., мин.
1	Лондон	1600	7000	114	14,0	2,2	6–7
2	Лос-Анджелес	1207	3500	109	11,1	2,0	5–6
3	Москва	1000	8600	80	12,5	2,2	7–8
4	Берлин	889	3500	73	12,2	2,1	5–6
5	Киев	830	2700	25	33,2	3,5	9–10
6	Мельбурн	811	3150	46	17,6	2,5	6–7
7	Нью-Йорк	790	7300	217	3,6	1,1	2–3
8	Чикаго	776	3030	102	7,6	1,7	3–4
9	Токио	720	11000	229	3,1	1,1	2–3
10	Санкт-Петербург	630	4900	55	11,5	2,0	6–7
11	Мадрид	608	3100	14	43,4	4,0	11–12
12	Йоханнесбург	573	2300	15	38,2	3,7	9–10
13	Сидней	531	3600	75	7,1	1,6	3–4
14	Будапешт	525	2100	15	35,0	3,5	8–9
15	Варшава	485	1800	15	32,3	3,4	8–9
16	Осло	453	450	9	50,3	4,3	12–13
17	Хельсинки	450	500	8	56,3	4,5	12–13
18	Роттердам	280	600	15	18,7	2,6	6–7
19	Стокгольм	216	670	9	24,0	2,9	7–8
20	Париж	105	2170	24	4,4	1,3	2–3
	Всего	13479	71970	1243	10,8	2,0	5–6

*Примечания:*

1. Города проранжированы по величине их территории.
2. В Берлине учтены депо профессиональной и добровольной пожарной охраны.
3. Париж рассмотрен без пригородов.

В последнее время в России и за рубежом для анализа и экспертизы деятельности пожарно-спасательных служб нашли широкое применение «расчетные схемы», основанные на применении геоинформационных систем (MAPINFO, ARCINFO). Примеры использования этих систем в ряде городов изложены в публикациях [94, 95, 96].

Предлагаемые системы возможно применять за счет использования достоверной топографической информации, позволяющей с определенной степенью точности оценить не только пространственные, но и некоторые временные характеристики функционирования пожарно-спасательных служб.

Однако существует основной, но достаточно серьезный недостаток применения таких систем – они являются статическими, т. е. все расчеты и оценки, производимые на основе этих систем, не учитывают вероятностный характер функционирования пожарно-спасательных служб (вероятностный характер распределения вызовов и оперативных отделений пожарно-спасательных по территории города) и самое главное – динамические процессы, происходящие в ходе функционирования пожарно-спасательных служб, – одновременные вызовы, одновременная занятость оперативных отделений и др. Влияние этого недостатка возрастает по мере увеличения города и уже в городах с населением более 500 тыс. жителей его просто невозможно игнорировать.

Сущность и достоинства метода математического моделирования применительно к задачам проектирования пожарно-спасательных служб подробно обсуждались в работах [103, 67, 104, 105, 106, 107]. Простейший из них является так называемый геометрический подход к решению этих задач: пожарно-спасательные подразделения должны распределиться так, что время их следования к месту вызова не превышало бы установленных величин. Недостатками подобного подхода является игнорирование возможной занятости оперативных отделений конкретного района выезда, а важно то, что в результате расчетов определяется некоторая единственная, оптимальная с точки зрения геометрии, схема размещения пожарных депо, которая, как правило, не может быть реализована на практике, так как не учитывает ряд других параметров, например, возможности (в большинстве случаев – невозможности) строительства пожарного депо в рекомендуемой точке (квартале) города.

Некоторые зарубежные исследователи предпринимали ряд попыток преодоления указанного недостатка. Так, в 70-е годы в США были предложены две схожие модели [92]:

– модель оценки размещения пожарных депо, разработанная институтом Нью-Йорк-Рэнд;

– пакет размещения пожарных частей FSLP, разработанный фирмой Public Technology.

С помощью этих двух моделей появляется возможность оценки времени следования оперативных отделений к месту вызова для различных схем дислокации пожарных депо. В каждой из моделей город условно делится на некоторое число участков, характеризуемых одинаковым уровнем пожарной опасности. Для каждого участка задается максимально допустимое время следования до него первого пожарного подразделения. Оценка действительного времени следования до участка определяется с учетом средней скорости движения пожарных автомобилей и расстояния от пожарного депо до центра участка. В первой модели расстояние оценивается по прямой линии либо по пути следования, состоящего из отрезков прямоугольной сети. А во второй модели для этой же цели используется длина кратчайшего пути от пожарного депо до центра участка, вычисленная с учетом реальной уличной сети города. Обе модели основываются на следующих допущениях:

– оперативные отделения всегда находятся в своих пожарных депо и готовы к немедленному выезду по сигналу тревоги;

– по сигналу тревоги всегда направляются оперативные отделения из ближайшего к месту вызова пожарного депо.

Недостатками этих двух моделей можно считать тот факт, что не учитывается как возможная занятость отделений, занятых обслуживанием ранее поступивших вызовов, так и расписание выездов, действующее в конкретном гарнизоне.

Кроме рассмотренных аналитических моделей, в нашей стране и за рубежом накоплен отличный опыт построения и использования для проектирования противопожарных служб имитационных моделей, позволяющих с любой степенью детализации учесть все необходимые факторы, определяющие процесс функционирования противопожарных служб [108]. С помощью данной модели

был исследован ряд вопросов, связанных с характеристиками функционирования подразделений пожарно-спасательных служб в крупнейших городах. При большей степени детализации эта модель тоже имеет ряд ограничений: высылка к месту вызова оперативных отделений осуществляется без учета расписания выездов, двумерный нормальный закон распределения является основой генерации вызовов по территории города, что не приемлемо для многих городов, поскольку модель имеет «сплошную» структуру, что затрудняет ее использование для решения разнообразных задач.

Разработанная в Японии имитационная модель представляет особый интерес [109]. Идея применения модели состоит в исследовании зависимости конечной площади горения на пожаре от времени прибытия сил и средств. Из ряда разработанных и опробованных на модели стратегий высылки противопожарных служб была выбрана одна, применение которой, по мнению авторов, позволило бы снизить суммарную площадь горения на пожарах в год на 30 % по сравнению с существующей.

Вопросами прогнозирования уровня технической готовности пожарной техники и оценки возможных затрат на обеспечение требуемого уровня готовности занимаются специалисты в Академии ГПС МЧС России, которые рассматривают целесообразность передачи функций по обслуживанию и ремонту техники в аутсорсинг специализированным организациям и внедрения автоматизированной системы поддержки принятия решений, основанную на применении математических моделей (марковская модель), позволяющих вырабатывать обоснованные и эффективные организационные и управленческие решения по данному вопросу при построении системы компьютерного имитационного моделирования функционирования автопарка пожарной техники [34, 36]. Такая система компьютерного имитационного моделирования может стать основой для автоматизированной системы поддержки принятия организационных и управленческих решений по совершенствованию материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны.

Следует отметить, что основной недостаток «марковской» модели оценки

технического состояния парка пожарных автомобилей состоит в том, что чем больше элементов системы (основные пожарные автомобили), тем выше вероятность состояния системы, при которой существует возможность отказа хотя бы одного ее элемента (автомобиль), т. е. при наращивании парка автомобилей неотъемлемо увеличивается как время их регламентного технического обслуживания, так и время ремонта в случае отказа.

Научный коллектив Академии ГПС МЧС России под руководством профессора Н.Г. Топольского детально исследовал вопрос поддержки управления ресурсным обеспечением подразделений пожарной охраны МЧС России. В результате исследования была предложена многокритериальная модель прогнозирования потребности в ресурсах при управлении ресурсной базой пожарных подразделений [54, 55, 56, 82]. Ее спецификой является избирательный подход к ресурсному обеспечению в условиях чрезвычайной ситуации. При использовании данного метода были предложены алгоритмы автоматизации процессов управления ресурсным обеспечением на основе системы автоматизированных рабочих мест, что позволит лицу, принимающему решения, принять обоснованные предложения в различных режимах функционирования подразделений [83, 87].

Данным научным коллективом исследуются несколько направлений ресурсного обеспечения, в частности, А.П. Сатин проводит работы по оценке управленческих решений при организации эксплуатации пожарной техники, а также эффективности эксплуатации технических средств в зависимости от интенсивности выездов [81]. Он подробно исследовал вопрос требуемого уровня технической готовности пожарно-спасательной техники, а также возможности дополнительного привлечения ремонтных бригад и оптимальных сроков эксплуатации пожарно-спасательной техники в подразделениях при различной интенсивности выездов, и предложил следующие методы совершенствования эксплуатации пожарной техники в подразделениях:

– метод прогнозирования размера заказа в системе материального обеспечения для случая постоянной и меняющейся потребности в них в течение

планируемого периода поставок с учетом риска неправильного определения приоритета потребностей;

– метод обоснования уровня технической готовности техники и оптимизации количества ремонтных бригад;

– метод определения оптимальных сроков использования пожарно-спасательной техники в подразделениях с различной интенсивностью выездов.

Для решения проблем, связанных с неопределенностью зависимости текущей потребности подразделений от риска возникновения пожаров и чрезвычайных ситуаций, рассмотрено решение задачи оптимального распределения ограниченного ресурса при заранее выбранном критерии оптимальности, по методике, приведенной в литературе [79, 80].

Вопросы управления материальными запасами рассмотрены в трудах К. Эрроу, В.А. Двуреченского, В.В. Пищика [69]. Отличительной особенностью теории управления запасами является конфликт, который заключается в оптимальном размере запаса: чем он больше, тем выше вероятность удовлетворить потребность подразделений МЧС России, однако в то же время больше затраты на хранение, потери из-за старения, порчи и не востребованности ресурсов. Задача управления запасами заключается в поиске оптимального соотношения запасов и потребностей.

Теорию систем и ее приложение к управлению сетевыми структурами в социальных и экономических системах исследовали А.Н. Колмогоров, А.Н. Красовский, А.М. Ляпунов, Н.Н. Моисеев, А.Я. Хинчин, Р. Беллман, Л.А. Заде, Р. Каллман, Д. Клир, Т. Саати, Э.П. Сейдж, В.А. Акимов, Н.Г. Топольский, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов и другие.

Особенности функционирования систем управления сетевыми структурами отражаются в соблюдении следующих принципов:

1. Соответствие целей функционирования принятой стратегии управления рисками (четкая увязка действий административных и исполнительных органов в каждом мероприятии).

2. Достаточность имеющихся ресурсов.

3. Своевременность распределения ресурсов.

4. Оперативность управления.

5. Экономное распределение материальных средств за счет рационального и целенаправленного использования ресурсов.

6. Эффективное информационное обеспечение.

В теории управления запасами выделяют три основных вида систем снабжения:

– децентрализованная система снабжения (любой склад может обслуживать потребителей и на любом складе системы могут размещаться материальные ресурсы);

– линейная система снабжения (склады размещены по пути производственной цепочки);

– эшелонированная система снабжения (предметы снабжения поступают на склады, обслуживающие потребителей, с вышестоящих в распределительной цепочке складов).

Необходимость учета множества факторов при принятии решений при управлении материально-техническим обеспечением подразделений, сложность и неоднородность структуры системы закупок, сложность прогнозирования потребностей подразделений как объекта управления, приводят к необходимости использования имитационного моделирования для решения задач исследования динамики функционирования системы, прогнозирования ее состояния, оценки последствий принимаемых решений и проверки эффективности алгоритмов и моделей поддержки принятия решений при управлении системой МТО [57, 58, 59, 60, 61, 63].

Научный коллектив ФГБУ ВНИИПО МЧС России под руководством А.В. Матюшина, А.А. Порошина и Ю.А. Матюшина в своих работах и публикациях рассматривают проблему информационно-аналитического обеспечения деятельности оперативных подразделений пожарной охраны для поддержки принятия решений по оперативному управлению территориальными пожарно-спасательными формированиями при ликвидации



пожаров и последствий чрезвычайных ситуаций, а также разработки методологии и автоматизированной геоинформационной системы формирования планов дислокаций, определения состава сил и средств оперативных подразделений пожарной охраны в населенных пунктах [27, 35]. С помощью законов временных характеристик ими была выявлена статистическая закономерность в деятельности оперативных подразделений пожарной охраны. Данный научно-методический подход необходим для обоснования количества пожарных автомобилей и мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны в населенных пунктах, который вошел в основу свода правил СП 11.13130.2009. «Место дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения» [21, 22, 23, 26].

На основании обзорного анализа исследований в этой области можно сделать вывод, что предлагаемые методы и модели учитывают либо показатели только оперативной готовности подразделений, либо оценивают только уровень технической готовности парка пожарной техники, а также требуют большого массива исходных данных и времени для их анализа и расчета.

В современных экономических условиях вопросы переоснащения парка ПА пожарно-спасательных подразделений должны решаться с учетом первоочередной необходимости. Определяющим фактором выбора такого подразделения, который нуждается в переоснащении, является оперативная обстановка в регионе и техническое состояние существующего парка пожарных автомобилей.

#### **1.4 Выбор научного подхода к проблеме переоснащения парка пожарных автомобилей**

В соответствии с требованиями Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» основной задачей для

подразделений всех видов пожарной охраны, дислоцированных на территории России, является эффективная работа по предотвращению и тушению пожаров.

Для оценки эффективности работы пожарных подразделений в Российской Федерации, а также обстановки с пожарами, используются пожарные риски:

- риск  $R_1$  для человека столкнуться с пожаром (с его опасными факторами) за единицу времени,  $\left[ \frac{\text{жертва}}{1000 \text{ чел.год}} \right]$ ;
- риск  $R_2$  для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой),  $\left[ \frac{\text{жертва}}{100 \text{ пожаров}} \right]$ ;
- риск  $R_3$  для человека погибнуть от пожара за единицу времени,  $\left[ \frac{\text{жертва}}{10000 \text{ чел.год}} \right]$ , который равен произведению двух видов риска  $R_1$  и  $R_2$ .

Поскольку в состав Российской Федерации входит 85 субъектов, то для оценки оперативной обстановки по существующей имитационной модели необходим большой массив данных и от 3 до 12 месяцев времени для расчета одного субъекта Российской Федерации. Из этих временных условий видно, что для расчета всех субъектов Российской Федерации необходимо несколько десятков лет (рисунок 1.8).

За это время в ряде субъектов Российской Федерации может измениться как оперативная обстановка, так состав парка пожарных автомобилей и его техническое состояние. Поэтому необходимо разработать и применить такую модель, которая в кратчайшие сроки с использованием основных оперативных данных позволит определить те субъекты РФ, которые нуждаются в первоочередном переоснащении парка ПА, а затем с помощью существующих имитационных моделей, разработанных Н.Н. Брушлинским и С.В. Соколовым произвести переоснащение парка ПА ПСЧ, входящих в состав субъекта РФ.

Для решения этой задачи автор данной исследовательской работы предлагает создать структуру процесса принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей и показать в этой структуре позицию решаемой

задачи. Предлагаемый (выбранный) научный подход к проблеме переоснащения парка ПА представлен на рисунке 1.9.

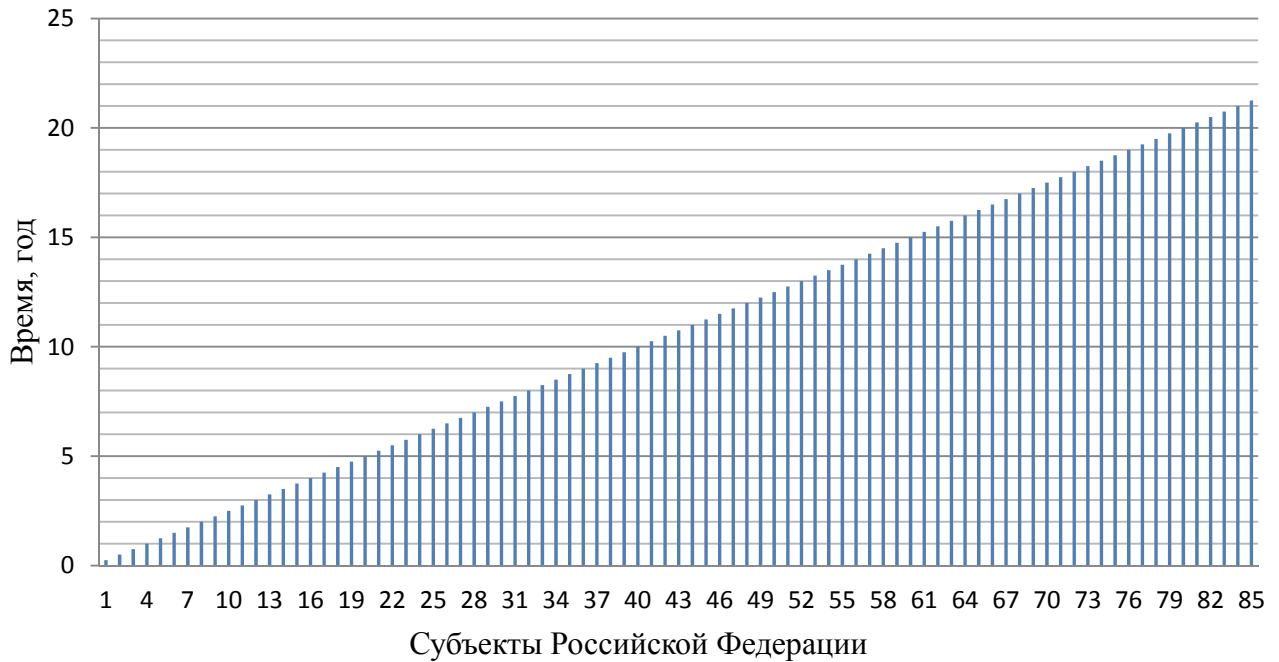


Рисунок 1.8 – Временной фактор расчета переоснащения парка пожарных автомобилей для субъектов РФ по имитационной модели



Рисунок 1.9 – Научный подход к проблеме переоснащения пожарно-спасательных подразделений МЧС России

Для того чтобы рассмотреть блок задач по принятию решений по переоснащению парка ПА в РФ необходимо разобрать существующую принципиальную схему иерархии, представленную на рисунке 1.10. Из нее мы видим, что существует 4 уровня иерархии, которые учитываются при переоснащении. По сложившейся структуре они подразделяются на федеральный, региональный, территориальный и местные уровни.

Предлагаемый блок информационно-аналитической модели (рисунок 1.9) представляет систему взаимодействия подразделений МЧС России в виде иерархии, что позволяет решать задачи переоснащения парка ПА с разной степенью детализации. Применение данной модели принятия решений с помощью комплексного показателя оценки уровня оперативной и технической готовности парка ПА позволяет провести ранжирование подразделений пожарной охраны на любом уровне иерархии в порядке предпочтения для лица, принимающего решение по переоснащению.

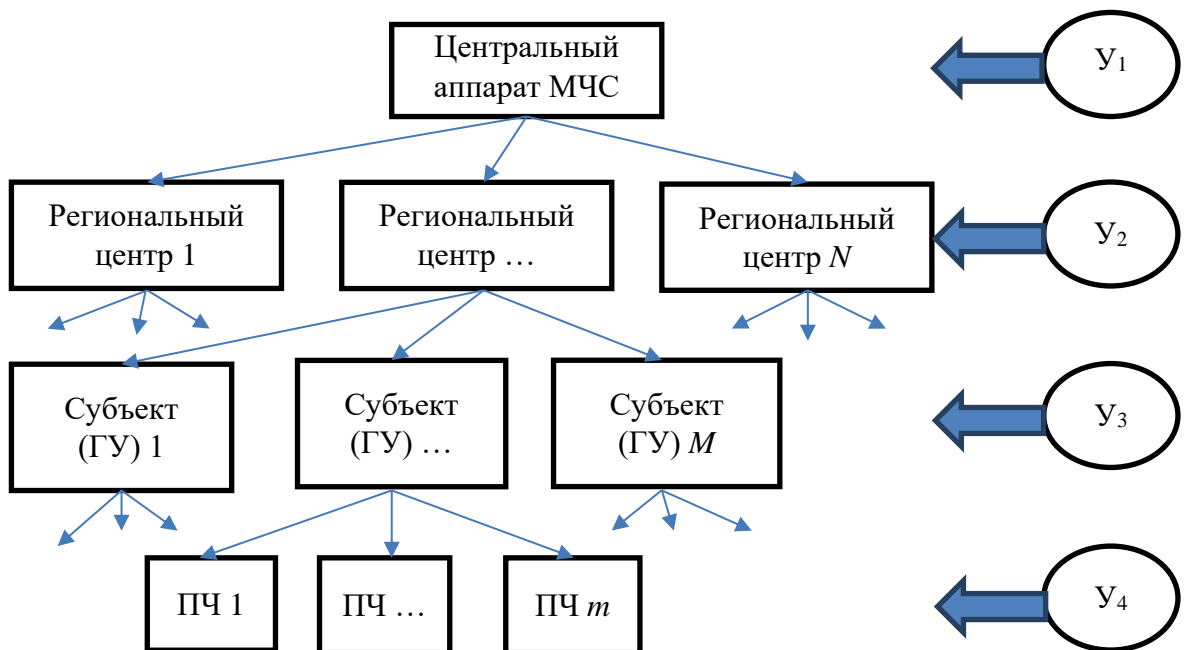


Рисунок 1.10 – Принципиальная схема иерархии

По решению МЧС России, в целях оптимизации иерархии управления, принято решение о переходе с 4-х уровневой системы на 3-х уровневую систему, путем исключения регионального уровня и передачи его функций территориальному уровню.

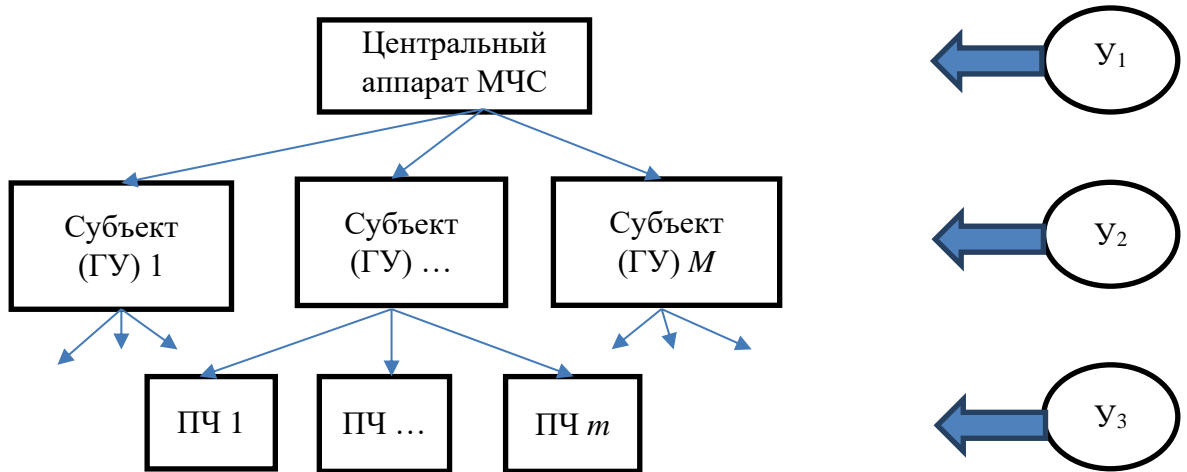


Рисунок 1.11 – Принципиальная схема иерархии

Таким образом, для своевременного и рационального переоснащения парка пожарных автомобилей лицам, принимающим решения, нецелесообразно использовать оценку полученных значений распределения рисков  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ , так как с помощью данного подхода будет произведен только анализ территорий с точки зрения пожарной опасности, но данные условий тушения пожара при этом не учитываются.

### 1.5 Постановка задач к проблеме принятия решений при переоснащении парка пожарных автомобилей

В информационно-аналитической модели предложено производить распределение ресурсов между элементами уровня иерархии с помощью двух критериев: оперативной готовности и технической готовности. Использование данных критериев определяет компромисс, позволяющий избежать бесконечного наращивания ресурсов на уровне иерархии. Так, повышая значения критерия оперативной готовности путем привлечения дополнительных ресурсов, неизбежно снижается значения критерия технической готовности, так как увеличивается необходимое количество и время технических обслуживаний поступивших ресурсов.

Такой подход более точно позволяет аппроксимировать предпочтения ЛПР в оптимизационной задаче распределения ресурсов, что позволяет поставить новую задачу, состоящую в разработке методики, применяемую при ранжировании территориальных подразделений в порядке предпочтительности для реализации мероприятий по переоснащению парка основных пожарных автомобилей, которая бы выступала в роли индикатора при определении территориальных подразделений, нуждающихся в первоочередном переоснащении парка основных пожарных автомобилей. Данная методика базируется на информационно-аналитической модели, позволяющей на основе имеющихся в нормативной базе статистических данных о динамике параметров, характеризующих оперативную и техническую готовность подразделений, анализировать варианты и делать вывод о том, какие территориальные подразделения нуждаются в переоснащении в первую очередь.

## **Выводы по главе 1**

Анализ параметров оперативной обстановки в Российской Федерации за последние 8 лет показывает нам, что число выездов пожарно-спасательных подразделений на пожары и загорания по-прежнему на высоком уровне.

Проведенный анализ нормативного и расчетного подходов принятия решений при оснащении парка пожарных автомобилей в России и за рубежом, из которого мы можем сказать, что предлагаемые методы и модели учитывают либо показатели только оперативной готовности подразделений, либо оценивают только уровень технической готовности парка пожарной техники, а также требуют большого массива исходных данных и времени для их анализа и расчета.

Выбор научного подхода к проблеме переоснащения парка пожарных автомобилей состоит в разработке такой модели, которая в кратчайшие сроки с использованием основных оперативно-технических данных позволит определить те субъекты РФ, которые нуждаются в первоочередном переоснащении парка ПА, а затем с помощью существующих имитационных моделей, произвести переоснащение парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных частей, входящих в состав субъекта РФ.

## Глава 2 Разработка информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей

Планирование в области технического переоснащения парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений МЧС России – стратегическая функция управления, включающая в себя как комплекс работ по анализу ситуации с техническим обеспечением территориальных органов управления и подразделений, так и факторов, влияющих на состояние технических средств, предназначенных для выполнения поставленных задач. В функциональную систему планирования основным элементом входит прогнозирование, на основе которого следует оптимизировать и выбирать альтернативные варианты, в том числе наилучшие варианты плана.

Основная цель переоснащения парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений – принятие управленческих решений по повышению уровня оперативной и технической готовности подразделений к выполнению задач по назначению.

Анализируя информацию, изложенную в нормативных документах [2, 3] для выбора управленческих решений по распределению финансовых средств при переоснащении парка ПА пожарно-спасательных подразделений ЛПР, необходимо сформулировать свои предпочтения при анализе численных значений двух коэффициентов [37, 39]:

– коэффициент оперативной готовности ( $0 \leq K_{o.g.}(t, \tau) \leq 1$ ) подразделений МЧС до и после переоснащения;

– коэффициент технической готовности ( $0 \leq K_{т.г.}(t, \tau) \leq 1$ ) подразделений МЧС до и после переоснащения.

Для практической реализации переоснащения парка ПА, основываясь на вышесказанном, необходимо разработать информационно-аналитическую модель принятия решений, позволяющую ЛПР произвести оценку вариантов переоснащения и показать возможность и процедуру их использования при принятии решений.



## 2.1 Описание компонент информационно-аналитической модели

При выборе управленческих решений при переоснащении парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений необходимо провести анализ максимально возможного уровня оперативной и технической готовности подразделений при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Для этого необходимо комплексно оценить оперативную работу пожарно-спасательных автомобилей и технического состояния существующего парка пожарных автомобилей.

Поэтому для анализа оснащенности территориальных подразделений и их оперативной работы предлагается ввести количественные показатели:

- коэффициент технической готовности  $K_{т.г.}$ ;
- коэффициент оперативной готовности  $K_{о.г.}$ .

### 2.1.1 Коэффициент оперативной готовности территориальных пожарно-спасательных подразделений

Под коэффициентом оперативной готовности пожарно-спасательных подразделений ( $0 \leq K_{о.г.}(t, \tau) \leq 1$ ) понимается потенциальная возможность техники и оборудования подразделений приступить к выполнению задач по назначению в любой момент времени  $t$  и начиная с этого момента времени выполнять задачу в течение времени  $\tau$ , необходимого для решения задачи.

Коэффициент оперативной готовности  $K_{о.г.}(t, \tau)$  является комплексной характеристикой вероятности того, что ПСП окажутся работоспособными в произвольный момент времени  $t$ , и, начиная с этого момента, будут работоспособны еще в течение времени  $\tau$ , необходимого для выполнения задач по назначению.

Под работоспособностью ПСП при расчете коэффициента оперативной готовности  $K_{о.г.}(t, \tau)$  понимается возможность техники и оборудования

обеспечивать выполнение задач по назначению в течение времени  $\tau$ , начиная с произвольного момента времени  $t$  [37].

В модели предусмотрена возможность расчета и последующего анализа следующих значений коэффициентов оперативной готовности.

Коэффициент  $K_{o.r1}$  оперативной готовности ПСП, размещенных на территории региона (город, район), характеризует возможность ПА прибыть к месту вызова за нормативное время и вычисляется на основании данных КУП по формуле

$$K_{o.r1}(t, \tau) = \sum_1^N \left[ P_i(t, \tau) \left( 1 - \frac{\sum_1^M (n_i t_i)}{NT_0} \right) \right], \quad (1)$$

где  $t$  – время, начиная с которого анализируется оперативная готовность;

$T_0$  – общий бюджет времени ПСА в минутах за период наблюдения, сутки, неделя, квартал, месяц, год;

$\tau$  – нормативное время следования: город – 10 мин; сельская местность – 20 мин;

$P_i(t, \tau)$  – вероятность прибытия к месту вызова за время  $t_i$ : если  $t_i < \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 1$ ; если  $t_i > \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 0$ ;

$N$  – количество ПА на территории анализируемых ПСП, шт.

$M$  – общее количество карточек учета пожаров (КУП), полученных за период  $T_0$ ;

$t_i = (t_{47} - t_{46})$  – время следования к месту вызова на  $i$ -м вызове, мин;

$n_i = n_{56}$  – количество ПСА на  $i$ -м вызове, шт.;

47, 46, 56 – порядковый номер данных в КУП.

Коэффициент  $K_{o.r2}$  оперативной готовности ПСП, размещенных на территории региона (город, район), характеризует возможность подразделения приступить к тушению пожара на месте вызова за время  $\tau$  и вычисляется на основании данных КУП, но при значении  $t_i = (t_{48} - t_{46})$ , где 48 – порядковый номер данных в КУП. Вероятность  $P_i(t, \tau)$  при вычислении коэффициента  $K_{o.r2}$  зависит от максимального времени  $\tau$ , при превышении которого пожар принимает

развитой характер (например, время после которого пожар выходит за пределы одной квартиры).

$$K_{o.r2}(t, \tau) = \sum_1^N \left[ P_i(t, \tau) \left( 1 - \frac{\sum_1^M (n_i t_i)}{NT_o} \right) \right], \quad (2)$$

где  $P_i(t, \tau)$  – вероятность своевременной подачи первого ствола на тушение  $t_i$ : если  $t_i < \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 1$ ; если  $t_i > \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 0$ ;

$t_i = (t_{48} - t_{46})$  – время подачи первого ствола на  $i$ -м вызове, мин;

48, 46, 56 – порядковый номер данных в КУП.

Коэффициент  $K_{o.r3}$  оперативной готовности подразделений МЧС, размещенных на территории региона (город, район), характеризует возможность подразделения локализовать пожар на месте вызова за время  $\tau$  и вычисляется на основании данных КУП, но при значении  $t_i = (t_{49} - t_{46})$ , где 49 – порядковый номер данных в КУП. Вероятность  $P_i(t, \tau)$  при вычислении коэффициента  $K_{o.r3}$  зависит от максимального времени  $\tau$ , при превышении которого пожар принимает развитой характер и не может быть локализован без повышения номера вызова.

$$K_{o.r3}(t, \tau) = \sum_1^N \left[ P_i(t, \tau) \left( 1 - \frac{\sum_1^M (n_i t_i)}{NT_o} \right) \right], \quad (3)$$

где  $P_i(t, \tau)$  – вероятность своевременной подачи первого ствола на тушение  $t_i$ : если  $t_i < \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 1$ ; если  $t_i > \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 0$ ;

$t_i = (t_{49} - t_{46})$  – время подачи первого ствола на  $i$ -м вызове, мин;

$n_i = n_{56}$  – количество ПСА на  $i$ -м вызове, шт.;

49, 46, 56 – порядковый номер данных в КУП.

Коэффициент  $K_{o.r4}$  оперативной готовности ПСП, размещенных на территории региона (город, район), характеризует возможность подразделения ликвидировать пожар на месте вызова за время  $\tau$  и вычисляется на основании данных КУП, но при значении  $t_i = (t_{50} - t_{46})$ , где 50 – порядковый номер данных в КУП. Вероятность  $P_i(t, \tau)$  при вычислении коэффициента  $K_{o.r3}$  зависит

от максимального времени  $\tau$ , при превышении которого пожар принимает развитой характер и не может быть ликвидирован без повышения номера вызова.

$$K_{o.r4}(t, \tau) = \sum_1^N \left[ P_i(t, \tau) \left( 1 - \frac{\sum_1^M (n_i t_i)}{NT_o} \right) \right], \quad (4)$$

где  $P_i(t, \tau)$  – вероятность ликвидации пожара  $t_i$ : если  $t_i < \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 1$ ; если  $t_i > \tau$ , то  $P_i(t, \tau) = 0$ ;

$t_i = (t_{50} - t_{46})$  – время ликвидации пожара на  $i$ -м вызове, мин;

$n_i = n_{56}$  – количество ПА на  $i$ -м вызове, шт.;

50, 46, 56 – порядковый номер данных в КУП.

Общий коэффициент оперативной готовности определяется путем детализации коэффициентов  $K_{o.r1}$ ,  $K_{o.r2}$ ,  $K_{o.r3}$ ,  $K_{o.r4}$ .

### 2.1.2 Коэффициент технической готовности территориальных пожарно-спасательных подразделений

Под коэффициентом технической готовности ПСП ( $0 \leq K_{т.г}(t, \tau) \leq 1$ ) понимается потенциальная возможность техники и оборудования находиться в исправном состоянии начиная с любого момента времени  $t_v$  течение времени  $\tau$ , необходимого для решения задачи по назначению [37].

Коэффициент  $K_{т.г}$  технической готовности подразделений МЧС вычисляется по формуле

$$K_{т.г}(t, \tau) = (P_i(t, \tau)) \left[ 1 - \frac{\sum_1^N n_j t_{TOj} + \sum_1^k k_j t_{pj} + \sum_1^M m_j t_{п.пj}}{NT_o} \right], \quad (5)$$

где  $Q$  – количество отказов в работе ПА;

$V$  – общее количество выездов всех подразделений региона;

$n_j$  – количество технических обслуживаний ПА за время  $T_o$ , шт.;

$t_{TOj}$  – время, необходимое для технического обслуживания ПА, мин;

$k_j$  – количество ремонтов ПА за время  $T_0$ , шт.;

$t_{pj}$  – время, необходимое для ремонта ПА, мин;

$m_j$  – количество технических обслуживаний ПА после пожара за время  $T_0$ , шт.;

$t_{п.пj}$  – время, необходимое для технического обслуживания ПА после пожара, мин;

$N$  – количество ПА в данный период времени в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне.

## **2.2 Математические модели компонент информационно-аналитической модели**

### **2.2.1 Математическая модель расчета критерия оперативной готовности пожарно-спасательных подразделений**

Показатели оперативной работы ПСП оцениваются количественным измерением степени занятости, который определяет коэффициент оперативной готовности.

Под оперативной готовностью понимается возможность ПСП выполнять задачи по назначению за рассматриваемый период времени, поэтому оперативная готовность будет определяться степенью занятости подразделений при выполнении задач по назначению. Для количественного измерения степени занятости подразделений в модели принятия решений по переоснащению ПСП используется критерий оперативной готовности. Исходя из понятийного описания оперативной готовности, данный показатель будет определяться отношением времени использования пожарной техники подразделений по назначению к общему максимально гипотетически возможному времени ее использования. Наблюдение для оценивания значений критерия оперативной готовности

осуществляется по микропериодам работы пожарных подразделений – одни дежурные сутки за макропериод – один год [39, 40].

Бюджет занятости всех технических единиц за рассматриваемый микропериод от  $T_0$  до  $T^*$  определяется по формуле

$$D = \int_{T_0}^{T^*} NdT, \quad (6)$$

где  $N$  – общее количество технических единиц в рассматриваемом гарнизоне пожарной охраны, шт.

$$D = \int_{T_0}^{T^*} NdT = NT^* - NT_0 = N(T^* - T_0) = N\Delta T \quad (7)$$

где  $\Delta T$  – промежуток времени, определяющий максимально возможную занятость одной единицы пожарной техники, мин.

Бюджет занятости подразделений по обслуживанию одного вызова рассчитывается по формуле

$$S = \int_{t_0}^{t^*} n_i dt, \quad (8)$$

где  $n_i$  – количество единиц техники, занятых обслуживанием одного вызова, шт.;

$t_0$  – момент времени, в который происходит задействование  $i$ -й единицы техники по обслуживанию вызова, мин;

$t^*$  – момент времени, за которое задействование  $i$ -й единицы техники по обслуживанию вызова закончено, мин.

При интеграции выражения (8) можно получить следующую формулу:

$$S = \int_{t_0}^{t^*} n_i dt = n_i t^* - n_i t_0 = n_i(t^* - t_0) = n_i \Delta t \quad (9)$$

где  $\Delta t$  – промежуток времени, определяющий занятость  $i$ -й единицы пожарной техники при обслуживании одного вызова, мин.

Общий бюджет занятости единиц пожарной техники по обслуживанию всех  $k$  вызовов в период от  $T_0$  до  $T^*$  определяется по формуле

$$S_{об} = \int_0^k \left( \int_{t_0}^{t^*} n_i dt \right) dk. \quad (10)$$

Далее, подставив в выражение (10) результат интегрирования (9), необходимо повторно проинтегрировав полученное выражение, учитывая, что  $k$  – дискретная функция, то есть принимает свои значения из множества натуральных чисел:

$$S_{об} = \int_0^k (n_i \Delta t) dk = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( (n_i \Delta t)_1 + (n_i \Delta t)_2 + \dots + (n_i \Delta t)_k \right) \cong \sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j \quad (11)$$

Тогда отношение общего бюджета занятости единиц пожарной техники к максимально возможному бюджету занятости определяет шкалу измерения интенсивности использования техники в гарнизоне пожарной охраны

$$\bar{K} = \frac{S_{об}}{D} \quad (12)$$

где  $\bar{K}$  – коэффициент интенсивности использования пожарной техники за микропериод  $\bar{K} \in [0,1]$ .

При принятии решений по переоснащению ЛПР формирует свое предпочтение в сторону минимизации использования единиц техники, то есть:

$$\bar{K}_{о.г} \rightarrow \min \quad (13)$$

В классической теории оптимизации, основанной на методах исследования операций, от задачи минимизации переходят к задаче максимизации. Так как  $\bar{K} \in [0,1]$ , то для постановки задачи максимизации принятия решений необходимо воспользоваться линейным положительным преобразованием:

$$K_{о.г} = 1 - \bar{K} \quad (14)$$

где  $K_{о.г}$  – коэффициент оперативной готовности за микропериод  $K \in [0,1]$ .

Подставляя в формулу (14) результаты функционального анализа, входящих в формулу параметров, можно получить:

$$K_{o.g} = \left( 1 - \left[ \frac{\sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j}{N \Delta T} \right] \right). \quad (15)$$

Очевидно, что знаменатель дроби  $N \Delta T$  является константой, а  $S_{o.g} = \sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j$  вариационный параметр, значения которого носят случайный характер. Параметр  $S$  в данной работе можно назвать «занятостью подразделений при обслуживании вызовов», и при анализе он будет определять оперативную готовность. По интервалам параметра  $S$  можно вычислить и интервалы критерия оперативной готовности. С учетом вышесказанного формула (15) примет вид:

$$K_{o.g} = \left( 1 - \left[ \frac{S_{o.g}}{N \Delta T} \right] \right). \quad (15)$$

Следует отметить, что показатели оперативной готовности оценивают проблему переоснащения (т. е. увеличения парка автомобилей) лишь с точки зрения уменьшения времени ликвидации деструктивных событий, но не учитывают того, что на обслуживание техники требуется дополнительное время и человеческие ресурсы. То есть при увеличении парка автомобилей увеличиваются и требования к их техническому обслуживанию, так как от этого зависит надежность пожарных автомобилей, а увеличение количества элементов в технической системе (парка ПА) в свою очередь уменьшает ее надежность.

Поэтому, помимо показателей оперативной готовности, в данной диссертационной работе предлагается ввести показатель технической готовности, который должен включать:

- все виды технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей,
- средний срок службы автомобилей,
- техническое состояние автомобилей и ряда других показателей.

Также предлагаемый коэффициент технической готовности (КТГ) должен быть разработан на тех постулатах, которые были использованы при разработке коэффициента оперативной готовности, чтобы результаты анализа могли



применяться в одновременной неразрывной связи с коэффициентом оперативной готовности.

### 2.2.2 Алгоритм расчета критерия оперативной готовности

Для разработки алгоритма критерия оперативной готовности автором данного исследования была разработана опорная карта сбора информации (приложение Б).

Алгоритм расчета критерия оперативной готовности включает в себя следующие этапы:

1. Сбор исходных данных (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Пример оформления исходных данных в табличном виде

Номер субъекта РФ	1182	ДС 1	ДС 2
Дата возникновения ДС	месяц	02	02
	число	15	15
Дата ликвидации ДС	месяц	02	02
	число	15	15
Время сообщения о ДС	час	06	09
	мин	17	07
Время прибытия первого подразделения	час	06	09
	мин	24	15
Время локализации ДС	час	07	10
	мин	14	02
Время ликвидации ДС	час	07	10
	мин	28	10
Количество используемых ПА	шт.	4	2
Количество ПА в БР субъекта	шт.	50	50
Общее время занятости ПА	мин	76	54

*Примечание:* ДС – деструктивное событие

2. Проверка адекватности исходных данных (этап выполняется подготовленным персоналом).

3. Расчет числовых значений коэффициента оперативной готовности для каждых дежурных суток (формирование временного ряда продолжительностью в один год).

4. Проверка адекватности расчета (этап выполняется подготовленным персоналом).

5. Статистическая обработка временного ряда с использованием метода «Гусеница» (расчет значения критерия оперативной готовности).

Алгоритм построения расчета критерия оперативной готовности представлен на рисунке 2.1.

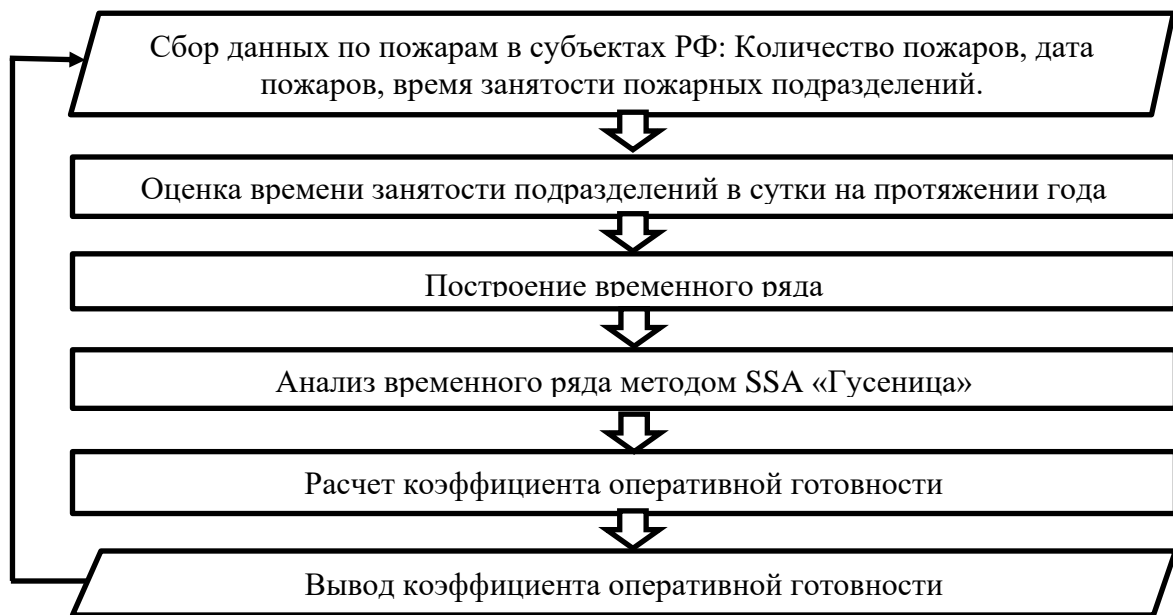


Рисунок 2.1 – Алгоритм расчета критерия оперативной готовности

### 2.2.3 Математическая модель критерия технической готовности пожарно-спасательных подразделений

Под критерием технической готовности подразделений МЧС понимается потенциальная возможность техники и оборудования находиться в исправном состоянии, начиная с любого момента времени  $t$  в течение времени  $\tau$ , необходимого для решения задачи по назначению [40, 41].

Критерий технической готовности является комплексной характеристикой безотказности и ремонтпригодности технических средств подразделений МЧС и характеризует вероятность технической возможности выполнения задач по предназначению в любой момент времени  $t$  и, начиная с этого момента времени, выполнять задачу по назначению в течение времени  $\tau$ .

Для формализации данного показателя в модели принятия решений используются следующие утверждения.

Величина  $S$  определяет занятость пожарной техники (далее ПА) при техническом обслуживании, ремонте и техническом обслуживании после использования техники по предназначению.

$$S = \sum_{i=1}^3 S_i, \quad (16)$$

где  $S_1$  – занятость ПА при проведении технического обслуживания, мин;

$S_2$  – занятость ПА при проведении ремонта, мин;

$S_3$  – занятость ПА при проведении технического обслуживания после использования ПА по предназначению, мин.

Определить занятость ПА при проведении технического обслуживания  $S_1$  можно по формуле (17):

$$S_1 = \sum_{j=1}^{M_1} s_j, j = 1, 2, \dots, M_1 \quad (17)$$

где  $s_j$  – продолжительность  $j$ -го технического обслуживания при ремонте, мин;

$j$  – показатель, характеризующий количество техники при выезде на ДС.

Продолжительность  $j$ -го ремонта определяется по формуле:

$$s_j = \int_{t_0}^{t^*} n_j dt, \quad (18)$$

где  $n_j$  – количество случаев ремонта ПА,

$t_0$  – момент времени, в который реализуется начало технического обслуживания, мин;

$t^*$  – момент времени, в который ремонт завершен, мин.

Проинтегрировав выражение (8), будет получена формула, по которой можно рассчитать показатель, определяющий занятость техники после ДС:

$$s_j = \int_{t_0}^{t^*} n_j dt = n_j t^* - n_j t_0 = n_j (t^* - t_0) = n_j \Delta t, \quad (19)$$

где  $\Delta t$  – промежуток времени необходимый для реализации  $j$ -го технического обслуживания, мин.

С учетом формулы (19) можно получить следующее выражение формулы (17)

$$S_1 = \sum_{j=1}^{M_1} s_j = \sum_{j=1}^{M_1} n_j \Delta t, j = 1, 2, \dots, M_1 \quad (20)$$

Рассуждая аналогичным образом, возможно определить занятость ПА при ремонте:

$$S_2 = \sum_{j=1}^{M_2} s_{2j} = \sum_{j=1}^{M_2} k_j \Delta t, j = 1, 2, \dots, M_2 \quad (21)$$

и техническом обслуживании ПА после использования ее по назначению

$$S_3 = \sum_{j=1}^{M_3} s_{3j} = \sum_{j=1}^{M_3} m_j \Delta t, j = 1, 2, \dots, M_3 \quad (22)$$

В формулах (20), (21) и (22) принято  $M_1$  – максимальное количество техники, находящейся на техническом обслуживании;  $M_2$  – максимальное количество техники, находящейся на ремонте;  $M_3$  – максимальное количество техники, находящейся на техническом обслуживании после ее использования по назначению.

В формулах (21) и (22) соответственно  $k_j$  и  $m_j$  количество ремонтов и технических обслуживаний ПА после использования их по назначению.

Наблюдение для оценивания значений критерия оперативной готовности осуществляется по микропериодам работы пожарных подразделений – одни дежурные сутки за макропериод – один год.

Тогда отношение общего бюджета занятости ПА к максимально возможному бюджету занятости определяет шкалу измерения технической готовности ПА.

$$\bar{K}_{o.r} = \frac{S}{D} \quad (23)$$

где  $\bar{K}_{o.r}$  – коэффициент интенсивности использования пожарной техники за микропериод  $\bar{K} \in [0,1]$ ;

$D$  – бюджет занятости всех технических единиц за рассматриваемый микропериод от  $T_0$  до  $T^*$  определяется по формуле (6).

При принятии решений по переоснащению ЛПР формирует свое предпочтение в сторону минимизации данного показателя

$$\bar{K}_{o.r} \rightarrow \min, \quad (24)$$

тогда

$$K_{т.г} = 1 - \bar{K}_{o.r} \quad (25)$$

где  $K_{т.г}$  – коэффициент технической готовности за микропериод  $K_{т.г} \in [0,1]$ .

Итак, коэффициент состоит из двух множителей вероятностного (26) и детерминированного (27) основания:

$$K_{т.г} = \left[ 1 - \left( \frac{Q}{V} \right) \right]; \quad (26)$$

$$K_{т.г} = \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{TOj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{pj} + \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}}{NT_0} \right]. \quad (27)$$

Однако при принятии решений необходимо также исходить из величины вероятности отказа ПА которая выражается по формуле

$$P(\tau, t) = \left[ 1 - \frac{Q}{N} \right] \quad (28)$$

где  $Q$  – количество отказов ПА на выездах за рассматриваемый период, шт.;

$N$  – общее количество выездов ПА

$$Q = \sum_{i=1}^N q_i \quad (29)$$

где  $q_i$  – количество отказов на  $i$ -м выезде.

При анализе детерминированной части коэффициента технической готовности можно предположить, что ЛПП стремится к увеличению значений данного критерия. Тогда критерий технической готовности удобно представить в виде функции минимума:

$$\hat{K}_{т.г} = \frac{\sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{ТОj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{pj} + \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}}{NT_0} \quad (30)$$

В числителе дроби (30) имеются постоянные слагаемые – это  $\sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{ТОj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{pj}$  и вариационное (зависящее от частоты вызовов на пожары) слагаемое  $\sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}$ .

На основании изложенных выше данных можно записать функцию для измерения значений коэффициента. Пусть  $S_{ТПР} = \sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{ТОj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{pj}$  и  $S_{ТРВ} = \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}$ , тогда

$$\hat{K}_{т.г} = \frac{S_{ТПР} + S_{ТРВ}}{NT_0} \quad (31)$$

Предложенный набор критериев является пригодным для оценивания оснащенности пожарно-спасательных гарнизонов пожарной охраны в оперативном и техническом отношении.

Для вычисления интервалов коэффициентов оперативной и технической готовности автор данного исследования предлагает использовать вариационные показатели:

- занятость пожарной техники при обслуживании вызовов (оперативная готовность);
- занятость при техническом обслуживании техники после пожара (техническая готовность).

Критерий технической готовности, критерий оперативной готовности – это исключительные количественные показатели для анализа оснащенности территориальных подразделений пожарной охраны основными пожарными автомобилями.

Предложенный набор критериев является пригодным для оценивания оснащенности парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны в оперативном и техническом отношении.

#### 2.2.4 Алгоритм расчета критерия технической готовности

Алгоритм расчета критерия технической готовности включает в себя следующие этапы:

##### 1. Сбор исходных данных (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Пример оформления исходных данных в табличном виде

Номер субъекта РФ		1182	Дата учета		15.02.2015
№	Тип ПА, Марка шасси	Год выпуска	Техническое состояние (исправен, капитальный, средний, текущий ремонт, техническое обслуживание)	Число отказов в работе техники	Общее количество выездов в сутки
1	АЦ-40 (130) 63 Б	1985	Капитальный ремонт	0	30
2	АПС-2,0-40/4 (4326)	2012	Исправен	1	
3	АЦ-3,2-40 (43253)	2010	ТО-1	0	

2. Проверка адекватности исходных данных (этап выполняется подготовленным персоналом).

3. Расчет числовых значений коэффициентов технической готовности для каждого автомобиля в дежурные сутки и коэффициента оснащенности (формирование временного ряда продолжительностью в один год).

4. Проверка адекватности расчета (этап выполняется подготовленным персоналом).

5. Статистическая обработка временного ряда с использованием метода «Гусеница» (расчет значения коэффициента технической готовности).

Данные заполняются по каждому выезду ПА (включая ложные вызовы на ДС) за дежурные сутки. В случае если дата возникновения ДС и ликвидации ДС не совпадают, то ДС относится к дежурным суткам даты возникновения.

Алгоритм построения расчета критерия технической готовности представлен на рисунке. 2.2.

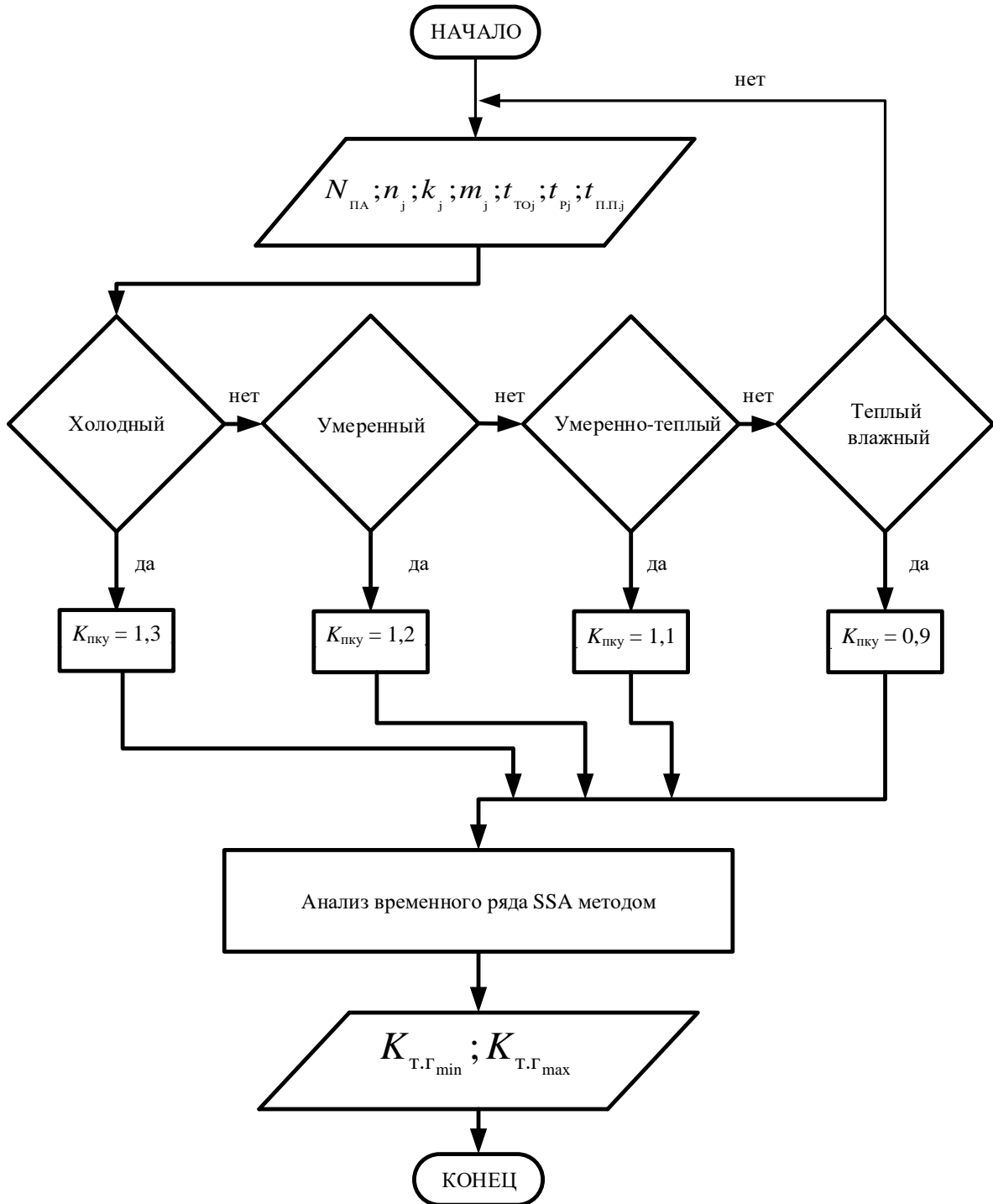


Рисунок 2.2 – Алгоритм расчета критерия технической готовности:

ПКУ – природно-климатические условия



### 2.3 Линейная комбинация компонент информационно-аналитической модели

Существующая схема иерархии по принятию решений при переоснащении парка ПА в пожарно-спасательных подразделениях МЧС России включает в себя 3 уровня: федеральный, территориальный и местный.

Проведенный анализ оперативной деятельности подразделений МЧС России, дислоцируемых на определенной территории, показал, что для реализации принятой концепции необходимы большие финансовые и временные затраты. Объем данных затрат не позволяет произвести переоснащение одновременно (одномоментно) во всех субъектах, поэтому представляется возможным реализовать лишь поэтапное (целевое) переоснащение пожарно-спасательных подразделений.

Таким образом, расстановка приоритетов по переоснащению парка ПА пожарно-спасательных подразделений с помощью разработанной информационно-аналитической модели позволит оценить оперативную и техническую готовность парка основных пожарных автомобилей вначале региона (округа) РФ, а при выборе региона РФ, расставить приоритеты между территориями (ГУ МЧС России), входящими в его состав.

Для анализа информационно-аналитической модели необходимо рассмотреть линейную комбинацию определения критерия оперативной и технической готовности пожарно-спасательных на примере семи субъектов РФ, входящими в состав СКФО РФ.

Произведем расчет критерия оценки технической готовности семи субъектов СКФО РФ, где получаем

$$\hat{K}_{т.г} = \frac{1}{T_0} \left( \frac{(S_{ТГР} + S_{ТРВ})_1}{N_1} + \dots + \frac{(S_{ТГР} + S_{ТРВ})_7}{N_7} \right). \quad (32)$$

Пусть  $A_i = (S_{ТГР} + S_{ТРВ})_i$ ,  $p_i = \frac{1}{N_i}$ , где  $i = 1, 2, \dots, 7$ , тогда

$$T_0 \hat{K}_{т.г} = A_1 p_1 + \dots + A_7 p_7 = \sum_{i=1}^7 A_i p_i.$$

Произведем нормировку коэффициентов при линейных функциях  $p$ :

$$\alpha_i = \frac{A_i}{T_0 \sum_{i=1}^7 A_i}, \text{ тогда } \hat{K}_r = \sum_{i=1}^7 \alpha_i p_i, \text{ при этом } \sum_{i=1}^7 \alpha_i = 1.$$

Коэффициент оперативной готовности рассчитывается по формуле

$$K_{o.r} = \left( 1 - \left[ \frac{\sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j}{N \Delta T} \right] \right). \quad (33)$$

где  $n_i$  – количество единиц техники, занятых обслуживанием одного вызова, шт.;

$\Delta t$  – промежуток времени, определяющий занятость  $i$ -й единицы пожарной техники при обслуживании одного вызова, мин;

$\Delta T$  – промежуток времени, определяющий максимально возможную занятость одной единицы пожарной техники, мин;

$N$  – общее количество технических единиц в рассматриваемом гарнизоне пожарной охраны, шт.

При выполнении над коэффициентом оперативной готовности аналогичных преобразований (32) и (33) можно получить следующие выражения:

$$\hat{K}_{o.r} = \frac{S_o}{NT_0} \rightarrow \min, \text{ где } S_o = \sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j.$$

Для семи субъектов получена следующая формула, по которой можно определить произведение значений критерия оперативной готовности и общего

$$\text{времени занятости пожарной техники: } T_0 \hat{K}_{o.r} = \frac{S_{o1}}{N_1} + \dots + \frac{S_{o7}}{N_7} = \sum_{i=1}^7 \frac{S_{oi}}{N_i}.$$

После возможно произвести нормировку занятости подразделений к общему времени занятости пожарной техники и получить следующие

$$\text{коэффициенты: } \beta_i = \frac{S_{o1}}{T_0} \text{ и } p_i = \frac{1}{N_i}, \text{ где } i = 1, 2, \dots, 7. \text{ Тогда } \hat{K}_{o.r} = \sum_{i=1}^7 \beta_i p_i, \text{ при}$$

$$\text{этом } \sum_{i=1}^7 \beta_i = 1.$$

Используя при реализации концепции переоснащения запись показателей в виде линейной свертки частных функций  $p_i$ , можно рассчитать следующие показатели:

– оперативную готовность

$$\hat{K}_{o.g} = \sum_{i=1}^7 \beta_i p_i, \quad \sum_{i=1}^7 \beta_i = 1$$

– техническую готовность

$$\hat{K}_{t.g} = \sum_{i=1}^7 \alpha_i p_i, \quad \sum_{i=1}^7 \alpha_i = 1$$

Подобный подход позволяет реализовать метод аналитической иерархии, при этом весовые коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , в отличие от АИ, являются не «суждениями» экспертов, а результатами обработки статистических данных.

#### **2.4 Структура программного комплекса «Информационно-аналитическая модель»**

Данный программный комплекс используется для поддержки управления при переоснащении парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений.

Так как существующая схема иерархии по принятию решений при переоснащении парка пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях МЧС России включает в себя несколько уровней, то для реализации принятой концепции необходимы большие финансовые и временные затраты. В таких условиях управления под принятием решений будем понимать процесс выбора наилучшего варианта реализации переоснащения парка основных пожарных автомобилей путем анализа допустимых вариантов с использованием разработанных критериев оперативной и технической готовности. Временные значения критериев представляют информацию, выступающую в качестве основы для реализации выбора с возможностью влияния на результаты путем реализации управляющих воздействий, а именно изменением количественного состава парка основных пожарных автомобилей.

Для реализации поэтапного оснащения парка основных пожарных автомобилей разработана информационно-аналитическая модель поддержки управления переоснащением парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений, представляющая собой программный комплекс, реализующий поэтапную оценку результатов выбора наилучшего варианта переоснащения с отображением совокупности информации и ее аналитической обработки.

Структура аналитической обработки информации с помощью программного комплекса «Информационно-аналитическая модель» представлена на рисунке 2.3. Обработка информации включает в себя четыре основных этапа:

1. Построение и статистическая обработка вариационного показателя занятости основных ПА в пожарно-спасательном подразделении. Для реализации данного этапа производится сбор данных из базы данных с информацией показателей оперативного реагирования на вызовы в конкретных субъектах Российской Федерации;

2. Расчет временных рядов значений критериев оперативной и технической готовности с учетом количественного состава парка основных ПА. Временные ряды формируются за каждые дежурные сутки (микропериод анализа) в течение одного года (макропериод анализа). Временные ряды отображаются в виде диаграммы зависимости значений критериев оперативной и технической готовности в течение макропериода;

3. Построение интервальных значений критериев оперативной и технической готовности для каждого субъекта РФ на основе анализа временных рядов с использованием метода SSA. Интервальные значения критериев оцениваются при использовании методов теории принятия решений в условиях риска и неопределенности, в которых рассматриваются два вида интервалов: «*максимин*» – интервал значений критерия, включающий в себя максимальное значение критерия среди минимальных его значений и «*минимакс*» – интервал значений критерия, включающий в себя минимальное значение критерия среди максимальных его значений».

4. Визуализации полученных данных для всех субъектов РФ с возможностью анализа реализации управляющих воздействий. Для каждого субъекта Российской Федерации отображается совокупность интервалов критериев оперативной и технической готовности за макропериод анализа с возможностью оценки управляющих воздействий включающих в себя изменение количественного состава парка основных ПА.

Информационно-аналитическая модель используется при решении двух взаимосвязанных задач управления:

1. Выявление и расстановка предпочтений по переоснащению парка основных ПА пожарно-спасательных подразделений на основе ретроспективного анализа оперативной и технической готовности парка ОПА.

2. Оценка реализации поэтапного переоснащения парка основных ПА в субъектах РФ наиболее предпочтительных с точки зрения переоснащения (рисунок 2.4).



Рисунок 2.3 – Структура информационно-аналитической модели поддержки управления переоснащением парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений

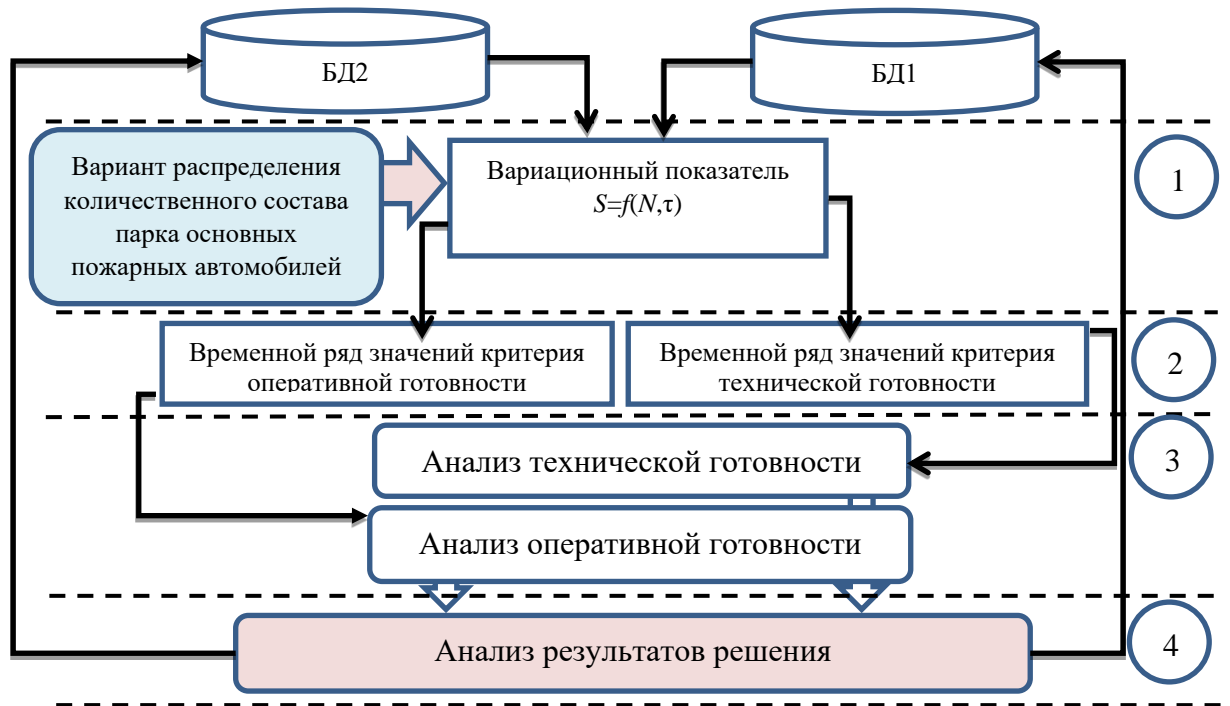


Рисунок 2.4 – Блок-схема информационно-аналитической модели поддержки управления переоснащением парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений

## 2.5 Особенности применения информационно-аналитической модели при решении практических задач по переоснащению парка основных пожарных автомобилей

Для реализации информационно-аналитической модели принятия решения при решении практических задач по переоснащению парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений следует рассмотреть виртуальную динамику интервалов зависимости показателей технической готовности от оперативной готовности в течение трех лет как без проведения переоснащения подразделений, так и при проведении переоснащения.

На рисунках 2.5–2.7 представлены графики динамики снижения показателей оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов в субъектах РФ без проведения переоснащения с 2015 по 2017 гг.

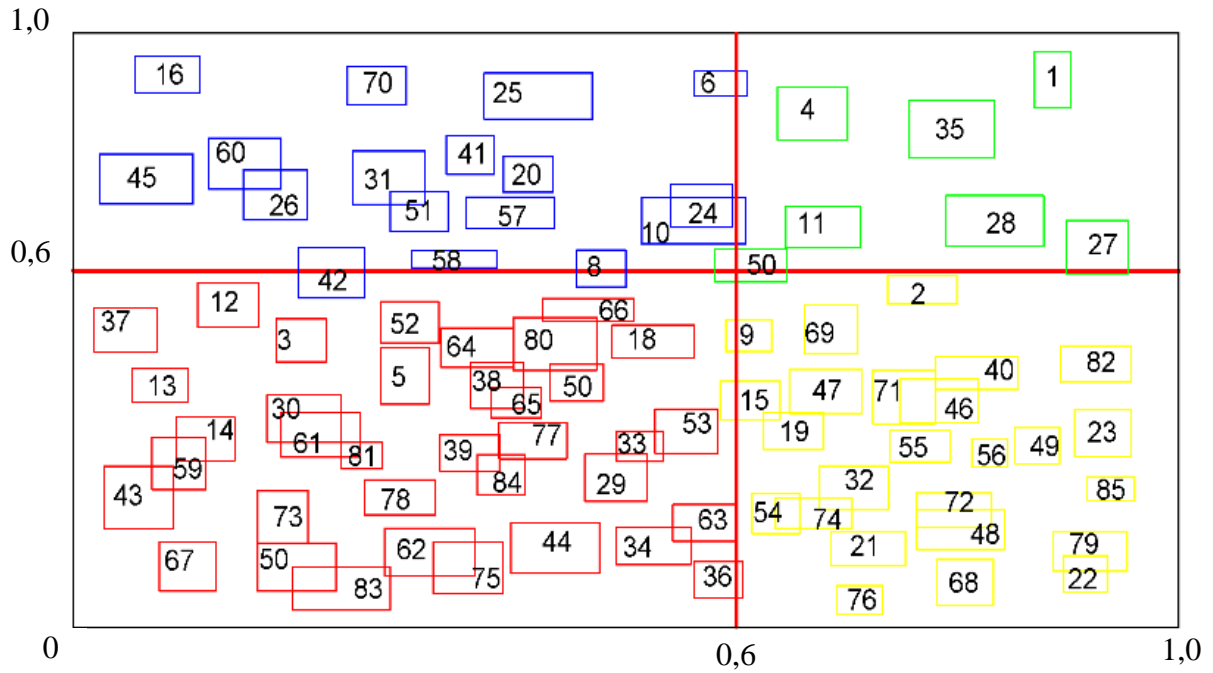


Рисунок 2.5 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов без проведения переоснащения в 2015 году

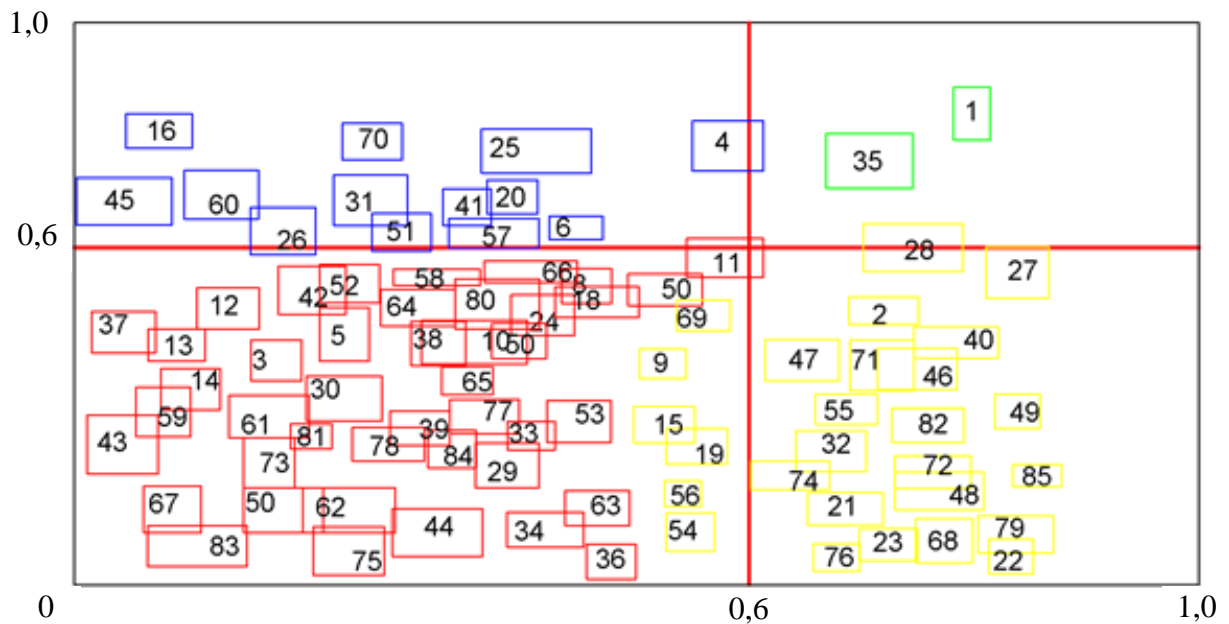


Рисунок 2.6 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов без проведения переоснащения в 2016 году



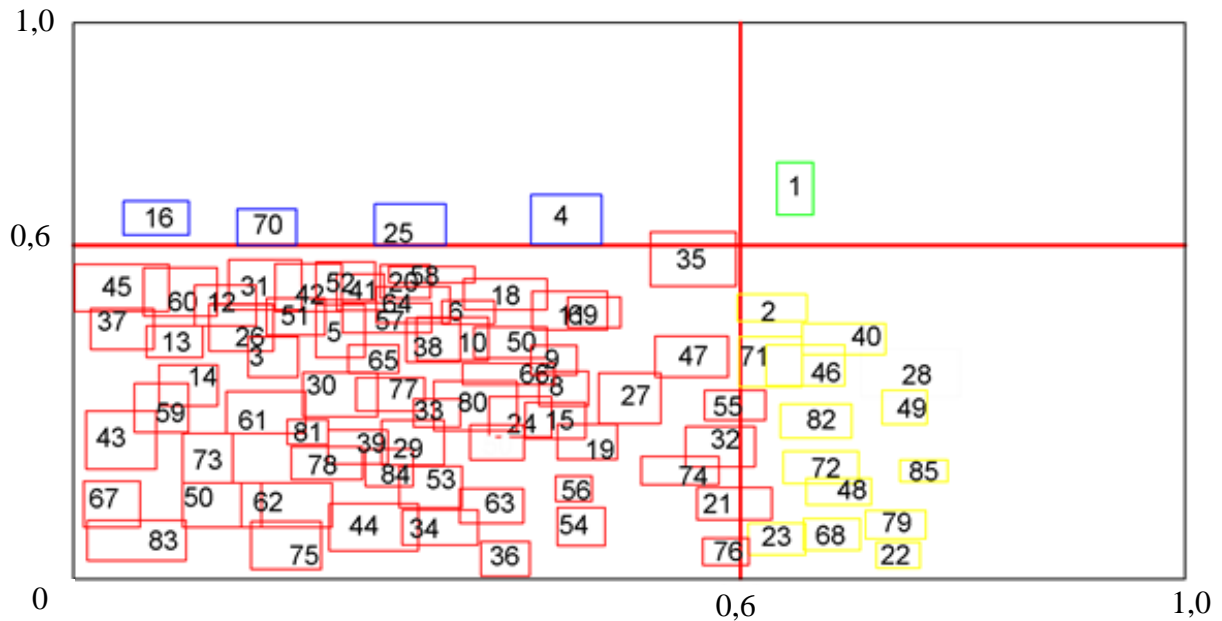


Рисунок 2.7 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов без проведения переоснащения в 2017 году

Из графиков на рисунках 2.5–2.7 ясно видна тенденция по уменьшению показателей оперативной и технической готовности парка ПА пожарно-спасательных гарнизонов. При таком сценарии развития показатели оперативного реагирования будут ухудшаться, что скажется на росте числа погибших и травмированных, а также на материальном ущербе при ЧС и пожарах, что приведет к снижению требуемого уровня безопасности. Это окажет негативное влияние на развитие экономики России и будет сдерживать её социально-экономическое развитие.

Для повышения уровня безопасности государства необходимо проводить переоснащения для поддержания оперативной и технической готовности парка ПА пожарно-спасательных гарнизонов.

На рисунках 2.8–2.10 представлены графики динамики увеличения показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов в субъектах РФ при проведении переоснащения с 2015 по 2017 гг.

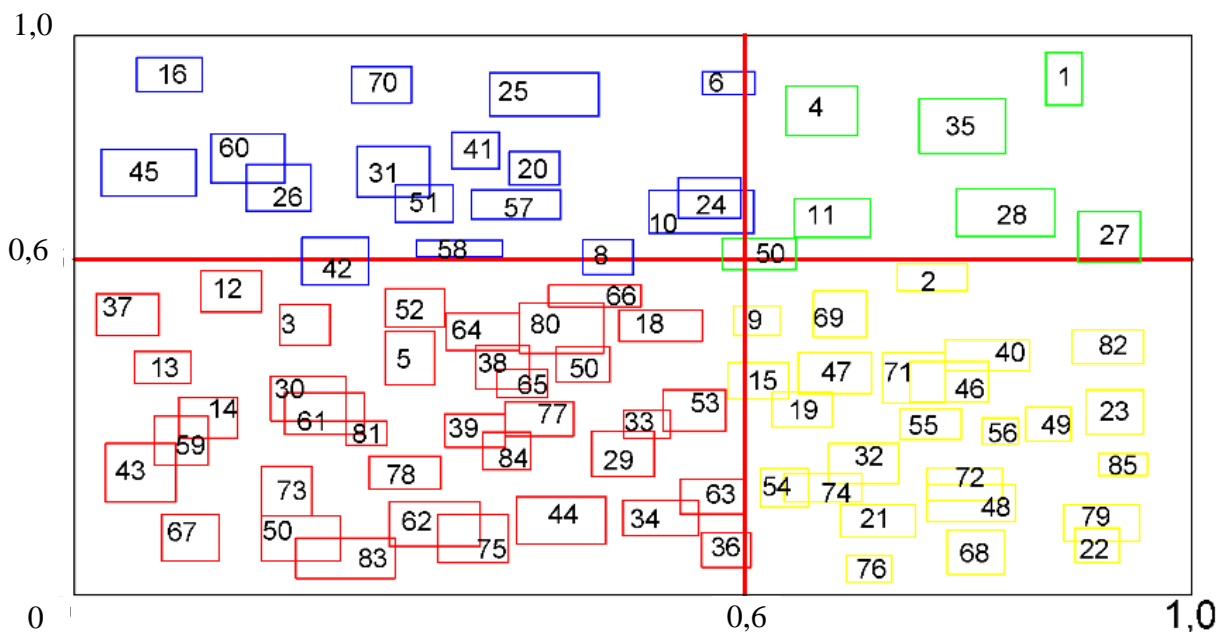


Рисунок 2.8 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов при проведении переоснащения в 2015 году

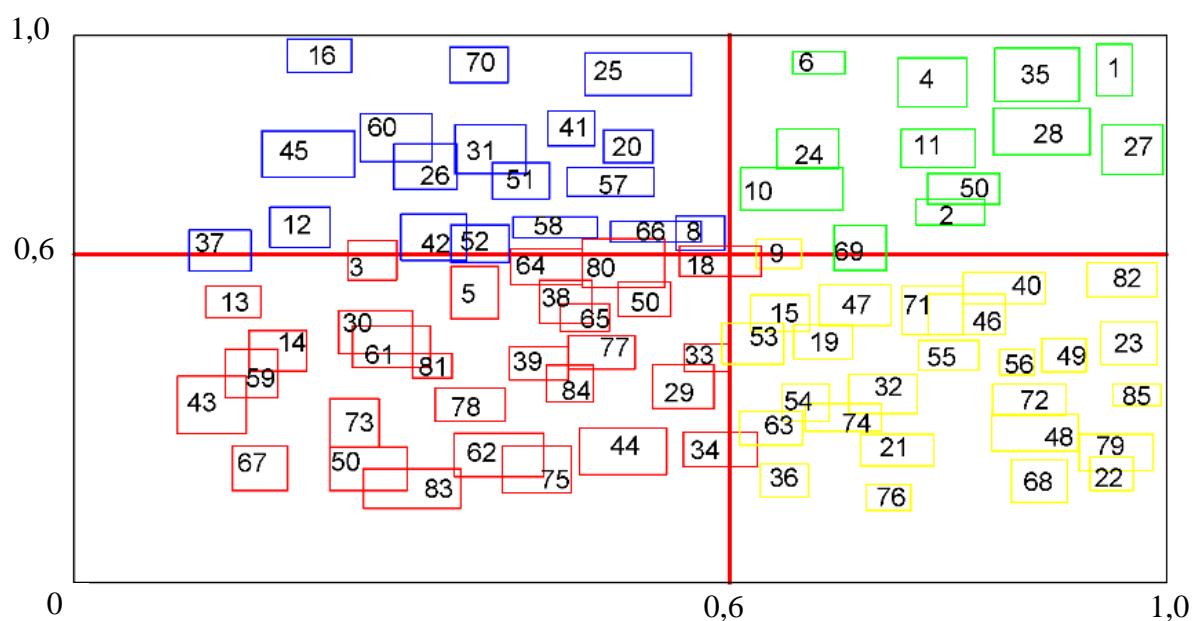


Рисунок 2.9 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов при проведении переоснащения в 2016 году

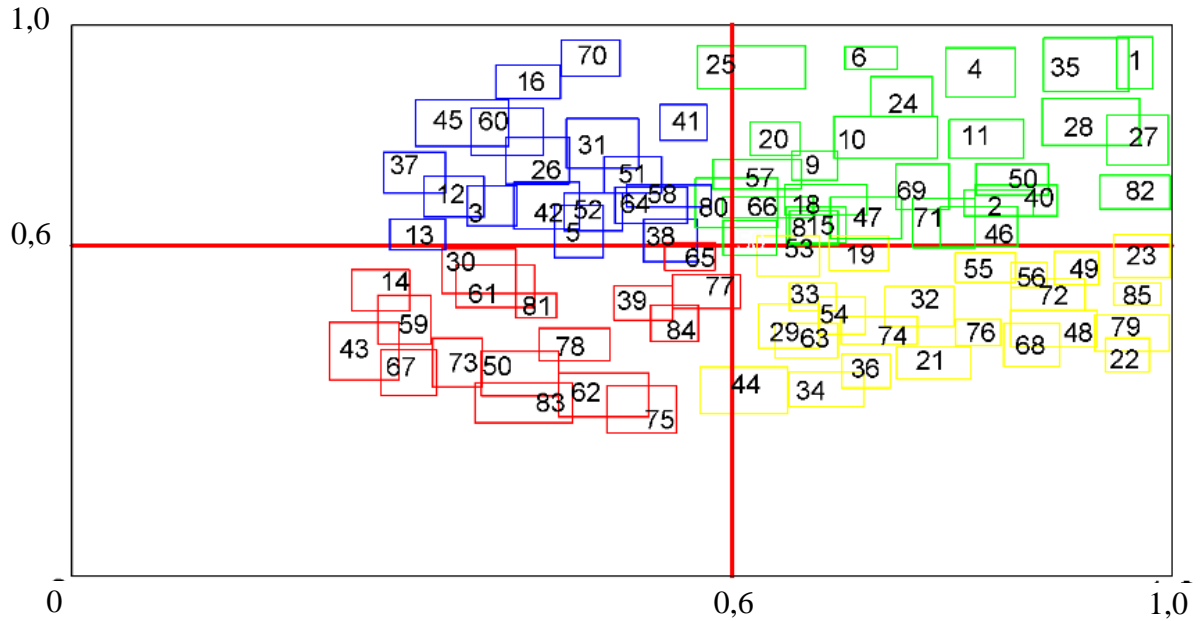


Рисунок 2.10 – График показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов при проведении переоснащения в 2017 году

В результате проведения переоснащения в течение трех лет (рисунки 2.8–2.10) наблюдается тенденцию увеличения показателей оперативной и технической готовности парка ПА пожарно-спасательных гарнизонов Российской Федерации, что может повлиять на снижение числа погибших и травмированных людей при ЧС и пожарах, а также снижение материального ущерба. В целом это может привести к увеличению требуемого уровня безопасности.

## Выводы по главе 2

Произведена разработка количественных показателей (критериев) оперативной и технической готовности для применения информационно-аналитической модели при решении практических задач принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений. Произведенный анализ компонент информационно-аналитической модели позволяет сделать вывод об уникальности количественных показателей и критериев, необходимых для проведения оценки результативности оснащённости пожарно-спасательных подразделений.

Предложенный набор критериев являются пригодным для оценивания оснащённости гарнизонов пожарной охраны в оперативном и техническом отношении.

Для вычисления интервалов критериев оперативной и технической готовности предлагается использовать вариационные показатели:

- занятость пожарной техники при обслуживании вызовов (оперативная готовность);
- занятость при техническом обслуживании техники после пожара (техническая готовность).

Показано, что в вероятностном понимании компонент информационно-аналитической модели – времени занятости основной техники при ликвидации пожаров – подчиняется показательному закону распределения. Это значит, что при интервальном анализе значений коэффициентов оперативной и технической готовности, как это предусматривает информационно-аналитическая модель, невозможно использовать известные процедуры, основанные на нормальности исследуемой случайной величины. Поэтому в дальнейшем конкретные интервальные значения коэффициентов будут получены с использованием SSA метода, а их приближенные оценки индукцией пуассоновских процедур статистического анализа.

Подробно описана структура программного комплекса «Информационно-аналитическая модель» поддержки управления переоснащением парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений.

## Глава 3 Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей

### 3.1 Анализ компонент информационно-аналитической модели

Для практической реализации адаптации под конкретные задачи совершенствования процессов принятия решений по оснащению пожарно-спасательных гарнизонов необходимо произвести исследование и анализ показателей оперативной и технической готовности.

Стоит отметить, что, несмотря на функциональные различия показателей оперативной и технической готовности, данные количественные критерии имеют одинаковую теоретическую основу. Существующая взаимосвязь между данными показателями позволят использовать их в системе принятия решений и в качестве информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению.

При детальном анализе компонент формулы для определения оперативной готовности пожарно-спасательного гарнизона (34):

$$K_{o.g} = \left( 1 - \left[ \frac{\sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j}{N \Delta T} \right] \right) \quad (34)$$

можно сделать вывод, что с определенными допущениями, состоящими в том, что за макропериод анализа оперативной готовности количество пожарной техники в пожарно-спасательном гарнизоне не изменяется, то знаменатель дроби  $N \Delta T$  является константой, а числитель дроби  $S = \sum_{j=0}^{j=k} (n_i \Delta t)_j$  отражает занятость пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров, который изменяется в течение макропериода анализа более динамично.

Выполнив аналогичные преобразования над показателем технической готовности по формуле (35):

$$K_{т.г} = \left[ 1 - \left( \frac{Q}{V} \right) \right] \left[ 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{т.оj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{пj} + \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}}{NT_0} \right], \quad (35)$$

делается аналогичный вывод – в показателе  $K_{т.г}$  вариационным параметром является  $S_{т.г} = \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{п.пj}$ , который – аналогично  $S$  – определяет количество вызовов, время тушения пожара и количество привлекаемой техники.

Остальные параметры, входящие в зависимость технической готовности, носят константный характер за исключением вероятности безотказной работы пожарной техники, расчет которой на данном этапе функционального анализа упускается.

Таким образом, анализируя параметры оперативной и технической готовности с точки зрения функционального анализа можно остановиться на рассмотрении свойств параметра занятости основной пожарной техники при обслуживании вызовов за микропериод наблюдения – дежурные сутки. Понятийное содержание параметра  $S$  определяется совокупностью моделируемых факторов, а именно:

- количество пожаров за микропериод наблюдения, то есть количество вызовов в сутки – случайная величина;
- количество привлекаемой основной пожарной техники – случайная величина;
- время занятости каждой единицы пожарной техники при тушении пожара (обслуживании вызова).

Формальное представление вариационного параметра  $S$  как случайной величины позволяет воспользоваться при анализе рядом полезных свойств случайных величин, а именно:

- теорема о сложении случайных величин, описываемых одним и тем же законом распределения;

– инвариантностью случайной величины относительно линейного положительного преобразования.

Данные предварительного рассуждения позволяют поставить задачу исследования вариационного параметра занятости основной пожарной техники в пожарно-спасательных гарнизонах следующим образом: для научного обоснования выбора метода интервального анализа параметра  $S$  и внедрения в информационно-аналитическую модель принятия решений по переоснащению, необходимо:

- выяснить закон распределения случайной величины  $S$ ;
- вычислить точечную оценку параметра распределения случайной величины;
- определить подход к внедрению параметра  $S$  в методику принятия решений с учетом риска и неопределенности.

### 3.2 Анализ распределения случайной величины

В многочисленных работах школы Н.Н. Брушлинского и его учеников отмечается, что время обслуживания вызова, равно как и время занятости пожарных подразделений, является случайной величиной, подчиняющейся закону распределения Эрланга. Таким образом при рассмотрении функции распределения  $F(S^*) = P\{S < S^*\}$  и вероятности события, состоящего в том, что занятость при тушении пожара будет меньше фиксированного значения  $S^*$ , необходимо будет проанализировать функцию  $F(S) = 1 - e^{-\mu S}$ , где  $\mu$  – параметр распределения. Соответственно, плотность закона распределения Эрланга описывается функцией  $f(\tau) = \mu \exp(-\mu S)$ .

В информационно-аналитической модели принятия решений параметры анализа используются в интервальном виде, поэтому вероятность события, состоящего в том, что величина параметра находится в интервале  $[S_1, S_2]$ , определяется следующим образом:



$$P\{S_1 \leq S < S_2\} = \int_{S_1}^{S_2} f(S) dS = \int_{S_1}^{S_2} \mu e^{-\mu S} dS = e^{-\mu S_1} - e^{-\mu S_2}. \quad (36)$$

Для вычисления точечной оценки параметра распределения непрерывной случайной величины воспользуемся методом моментов точечной оценки неизвестных параметров заданного распределения. Так как у случайной величины, подчиняющейся закону распределения Эрланга один параметр – математическое ожидание  $M(S) = S = \int_0^{\infty} S f(S) dS = \int_0^{\infty} S \mu e^{-\mu S} dS$ , то применение метода моментов будет заключаться в анализе следующих параметров случайной величины:

- плотности распределения  $f(x, \theta)$ , определяемой одним неизвестным параметром  $\theta$ ;
- математического ожидания:

$$M(X) = \bar{x}_в \rightarrow M(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x; \theta) dx = \varphi(\theta). \quad (37)$$

Решив уравнение относительно параметра  $\theta$ , найдем точечную оценку  $\theta^*$ , которая является функцией от выборочной средней:  $\theta^* = \psi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Далее методом моментов по выборке  $x_1, x_2, \dots, x_n$  можно будет найти точечную оценку неизвестного параметра  $\mu$  закона распределения Эрланга.

Для этого приравниваем начальный теоретический момент первого порядка к начальному эмпирическому моменту первого порядка:  $v_1 = M_1$ . Учитывая, что  $v_1 = M(X)$ ,  $M_1 = \bar{x}_в$ , получим  $M(X) = \bar{x}_в$ . Приняв во внимание, что математическое ожидание показательного распределения равно  $1/\mu$ , имеем  $1/\mu = \bar{x}_в$ .

Рассмотрим распределение среднего времени работы ПА в ГУ СКФО МЧС России. Например, среднее значение занятости пожарных подразделений для Чеченской Республики, по данным за 2013 год, составляет 397 мин (таблица 3.1). Определим вероятность события, состоящего в том, что занятость основной

пожарной техники в Чеченской Республике за дежурные сутки будет находиться в интервале от [100;1000] минут:

$$P\{100 \leq S < 1000\} = \exp\left(-\frac{100}{397}\right) - \exp\left(-\frac{1000}{397}\right) = 0,78 - 0,08 = 0,7.$$

Тогда для Республики Северная Осетия – Алания данная вероятность составит величину, равную  $S_{cp} = 355$  мин:

$$P\{100 \leq S < 1000\} = \exp\left(-\frac{100}{355}\right) - \exp\left(-\frac{1000}{355}\right) = 0,75 - 0,06 = 0,69.$$

А для Карачаево-Черкесской Республики  $S_{cp} = 187$  мин:

$$P\{100 \leq S < 1000\} = \exp\left(-\frac{100}{187}\right) - \exp\left(-\frac{1000}{187}\right) = 0,585 - 0,005 = 0,58.$$

Концепция управления, основанная на теории принятия решений в условиях риска и неопределенности, подразумевает, что вероятность принадлежности величины анализируемому интервалу одинакова для всех альтернатив принятия управленческих решений и выражена так [114]:

$$f(t) = \mu \frac{(\mu t)^r}{r!} e^{-\mu t} \text{ при } (t \geq 0; r = 0, 1, 2, \dots).$$

Следовательно, для случайной величины, подчиняющейся закону распределения Эрланга (при  $r=0$ ) используется оценка вероятности полевого (минимальному) или правому (максимальному) краю значений в зависимости от расположения асимптот. В случае анализа вариационного показателя  $S$  по аналогии с работами профессора Н.Н. Брушлинского выбирается правый (максимальный) край значений. При этом вероятность события, состоящего в том, что расчетное значение  $S$  превысит заданное значение  $S^*$ , будет определена по закону Эрланга  $\Phi(S) = P\{S > S^*\} = \varepsilon$  и рассчитана как вероятность риска по формуле:

$$\varepsilon = \exp\left(-\frac{S}{S_{cp}}\right) \Rightarrow S = S_{cp} \ln\left(\frac{1}{\varepsilon}\right). \quad (38)$$

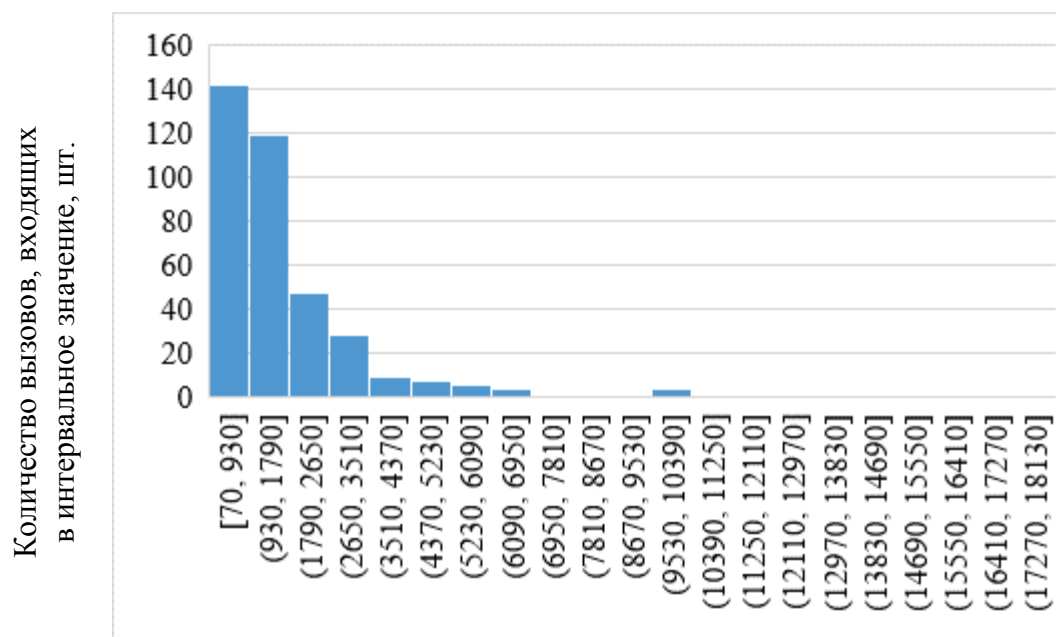
Результаты анализа вариационного показателя для субъектов СКФО представлены в таблице 3.1. Данные по всем региональным центрам Российской

Федерации за 2013 год представлены в приложении В. Интерпретация данных:  $\varepsilon = 0,02$  означает, что на сто случаев наблюдения за исследуемой величиной, 98 значений будут меньше заданного значения  $S$  и только два превзойдут данное значение.

Таблица 3.1 – Результаты вариационного анализа

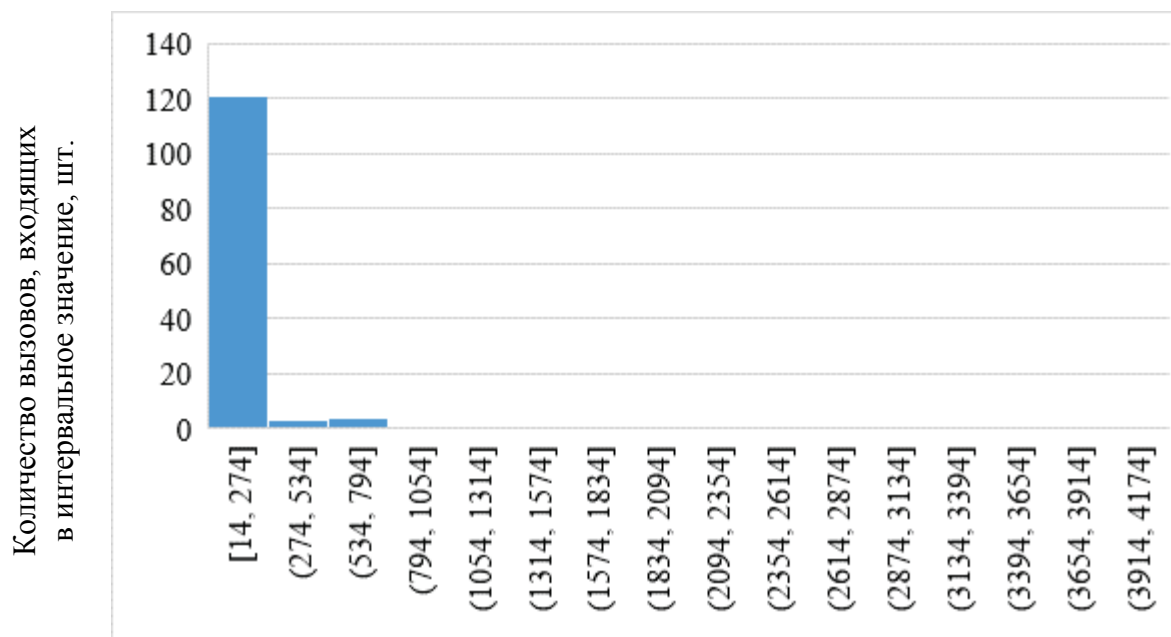
Наименование субъекта	$\varepsilon = 0,01$	$\varepsilon = 0,02$	$\varepsilon = 0,05$	$\varepsilon = 0,1$	Среднее
Ставропольский край	7453	6331	4848	3726	1618
Республика Ингушетия	593	503	3853	296	129
Республика Дагестан	593	503	3853	296	429
Кабардино-Балкарская Республика	1327	1127	863	663	288
Республика Северная Осетия – Алания	1633	1387	1062	816	355
Карачаево-Черкесская Республика	860	731	560	430	187
Чеченская Республика	1828	1553	1189	914	397

Графики распределения среднего времени работы ПА в день в ГУ СКФО МЧС России за 2013 г. представлены на рисунках 3.1–3.7.



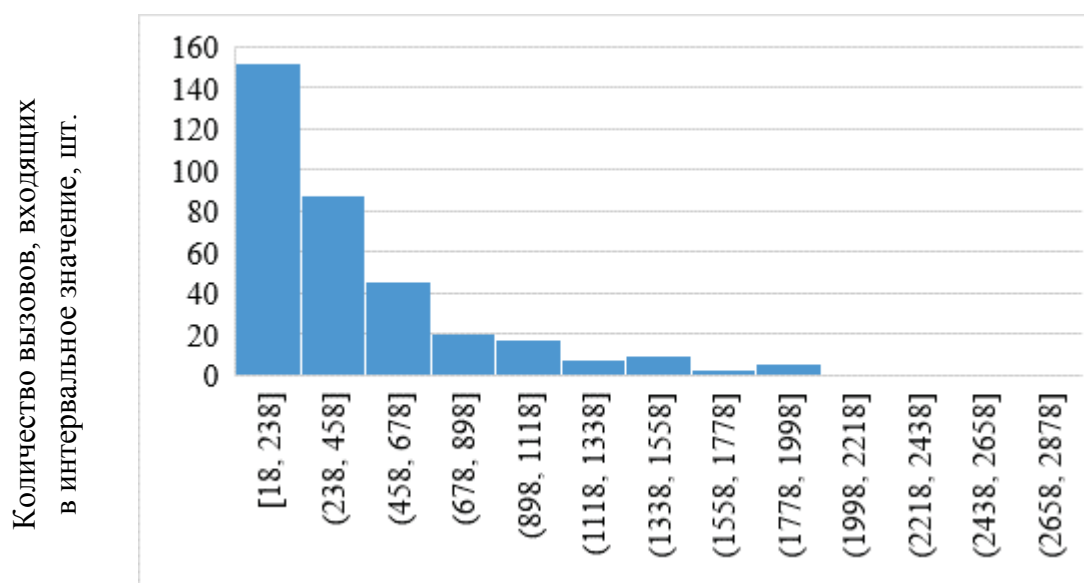
Интервальное значение времени работы ПА в день, мин

Рисунок 3.1 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Ставропольскому краю за 2013 г.



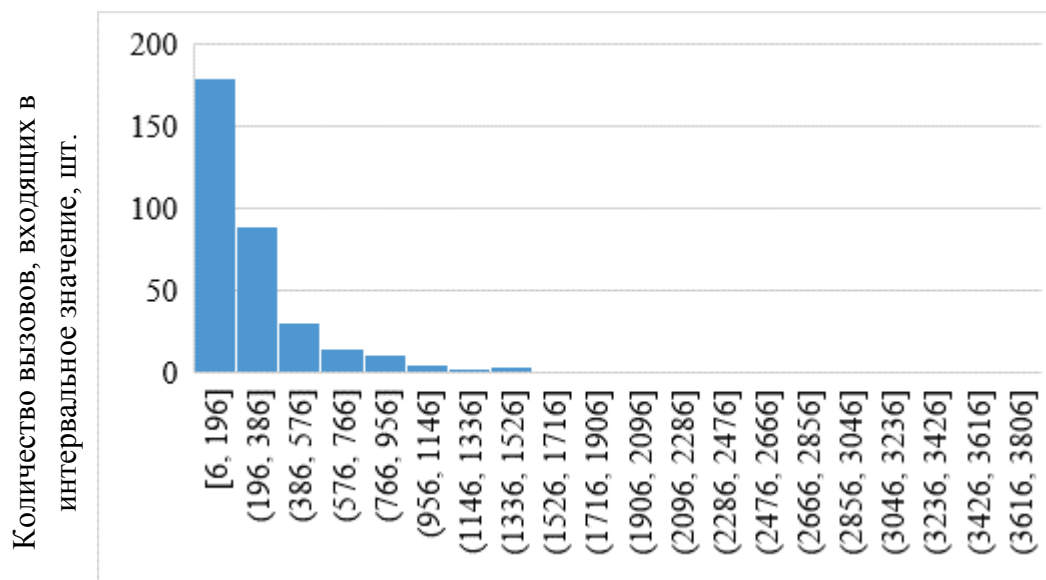
Интервальное значение времени работы ПА в день, мин

Рисунок 3.2 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Республике Ингушетия за 2013 г.



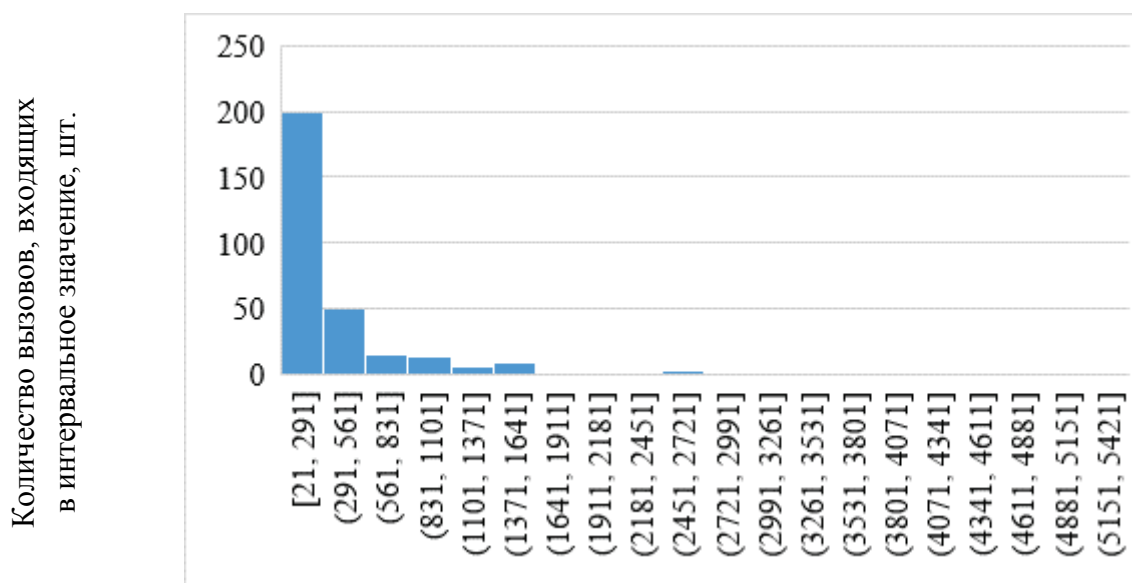
Интервальное значение времени работы ПА в день, мин

Рисунок 3.3 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Республике Дагестан за 2013 г.



Интервальное значение времени работы ПА в день, мин

Рисунок 3.4 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике за 2013 г.



Интервальное значение времени работы ПА в день, мин

Рисунок 3.5 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Республике Северная Осетия – Алания за 2013 г.

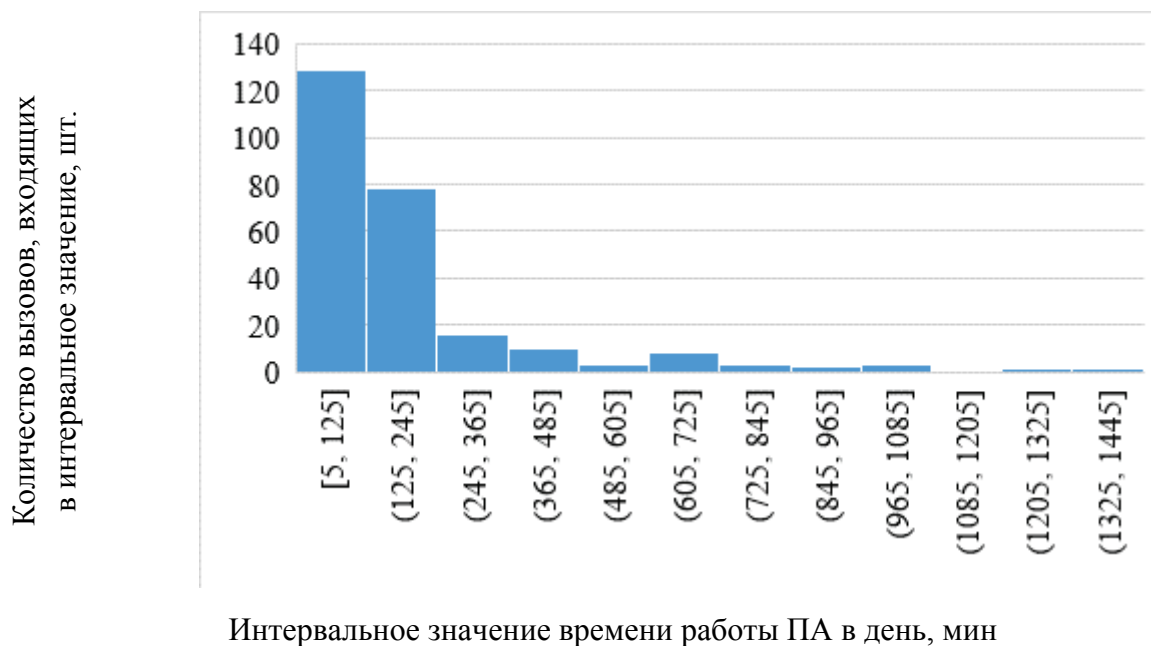


Рисунок 3.6 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Карачаево-Черкесской Республике за 2013 г.

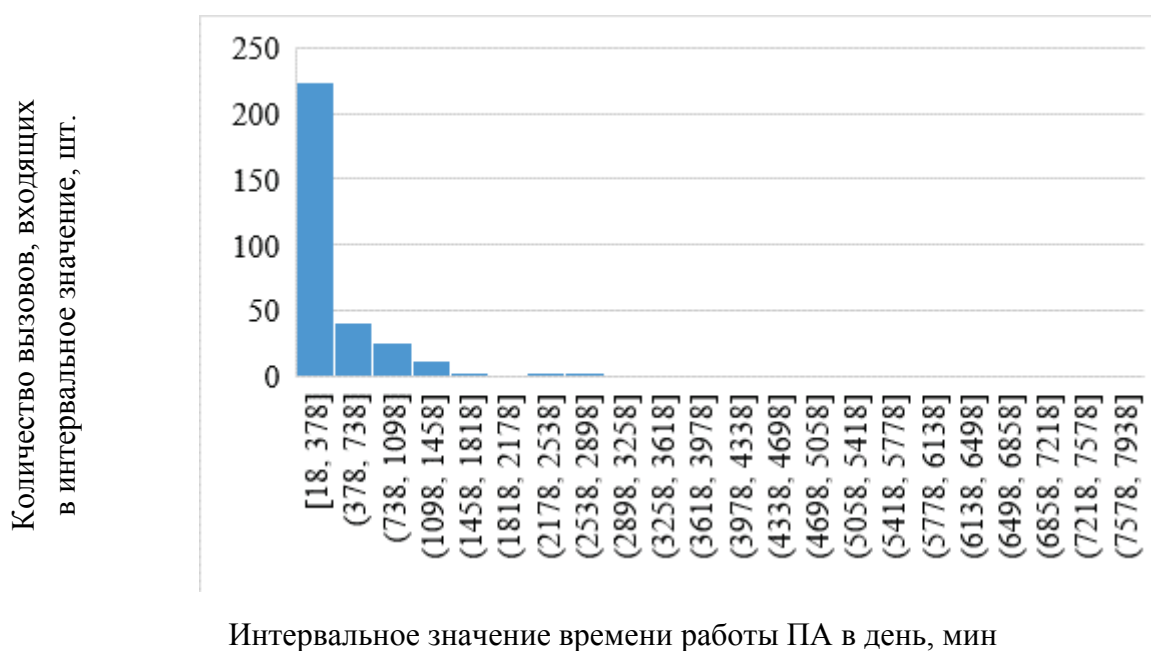


Рисунок 3.7 – Распределение среднего времени работы ПА в день в ГУ МЧС России по Чеченской Республике за 2013 г.

На основе полученных ранее значений производится построение гистограммы распределения коэффициента оперативной готовности по субъектам Российской Федерации (рисунок 3.8). На рисунках 3.9–3.11 отражены распределения значений рисков по всем субъектам Российской Федерации.

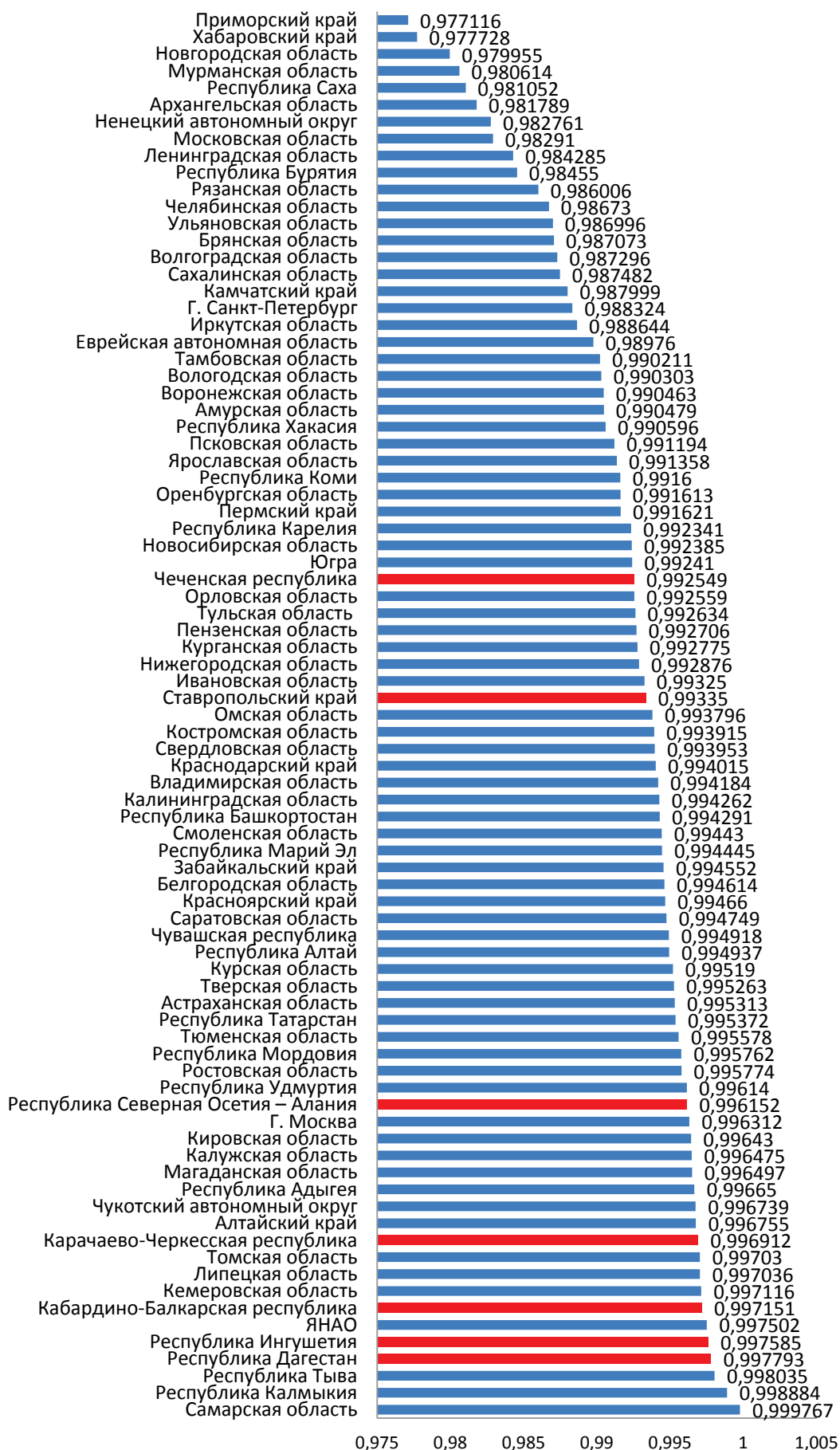
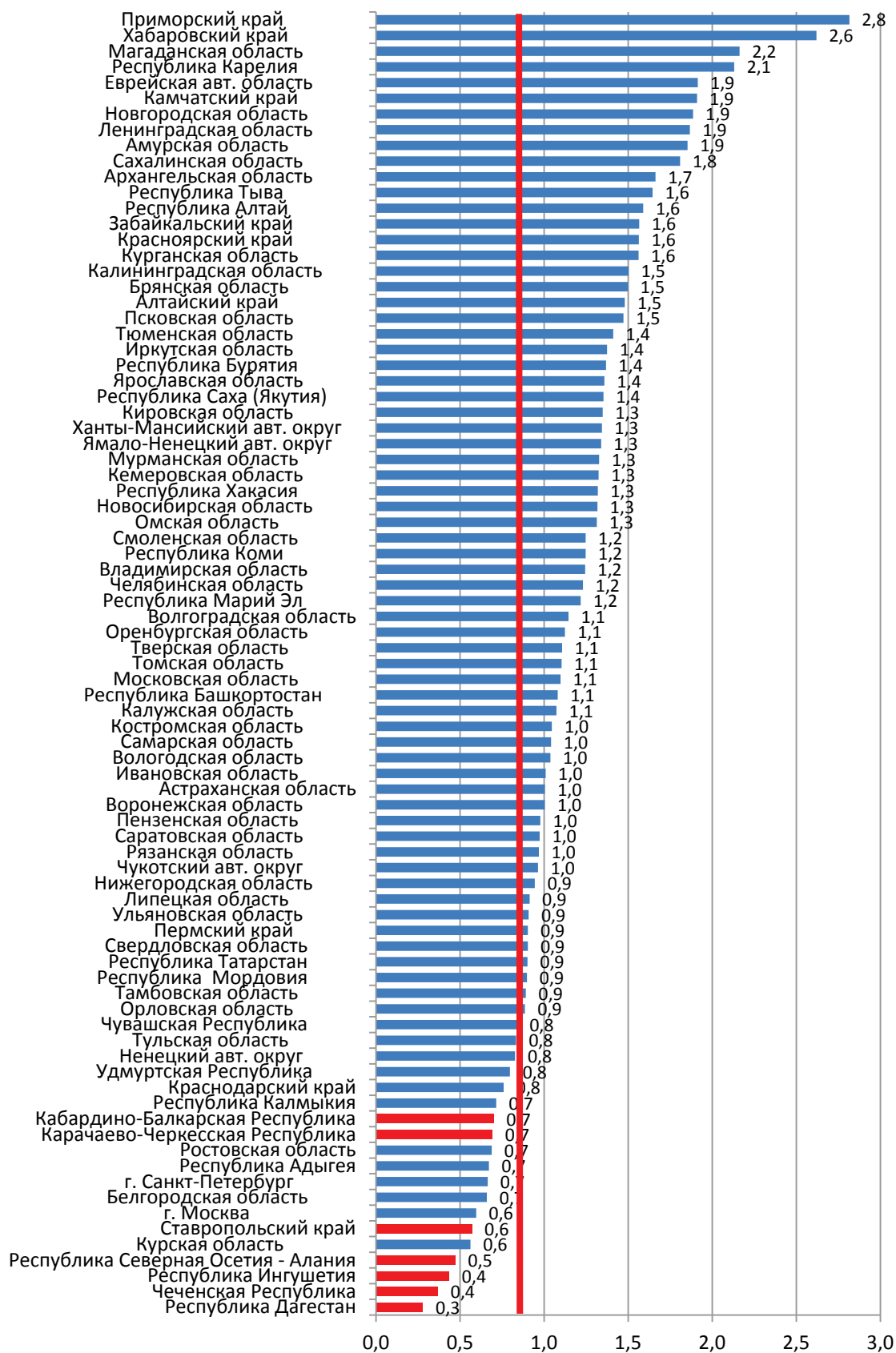
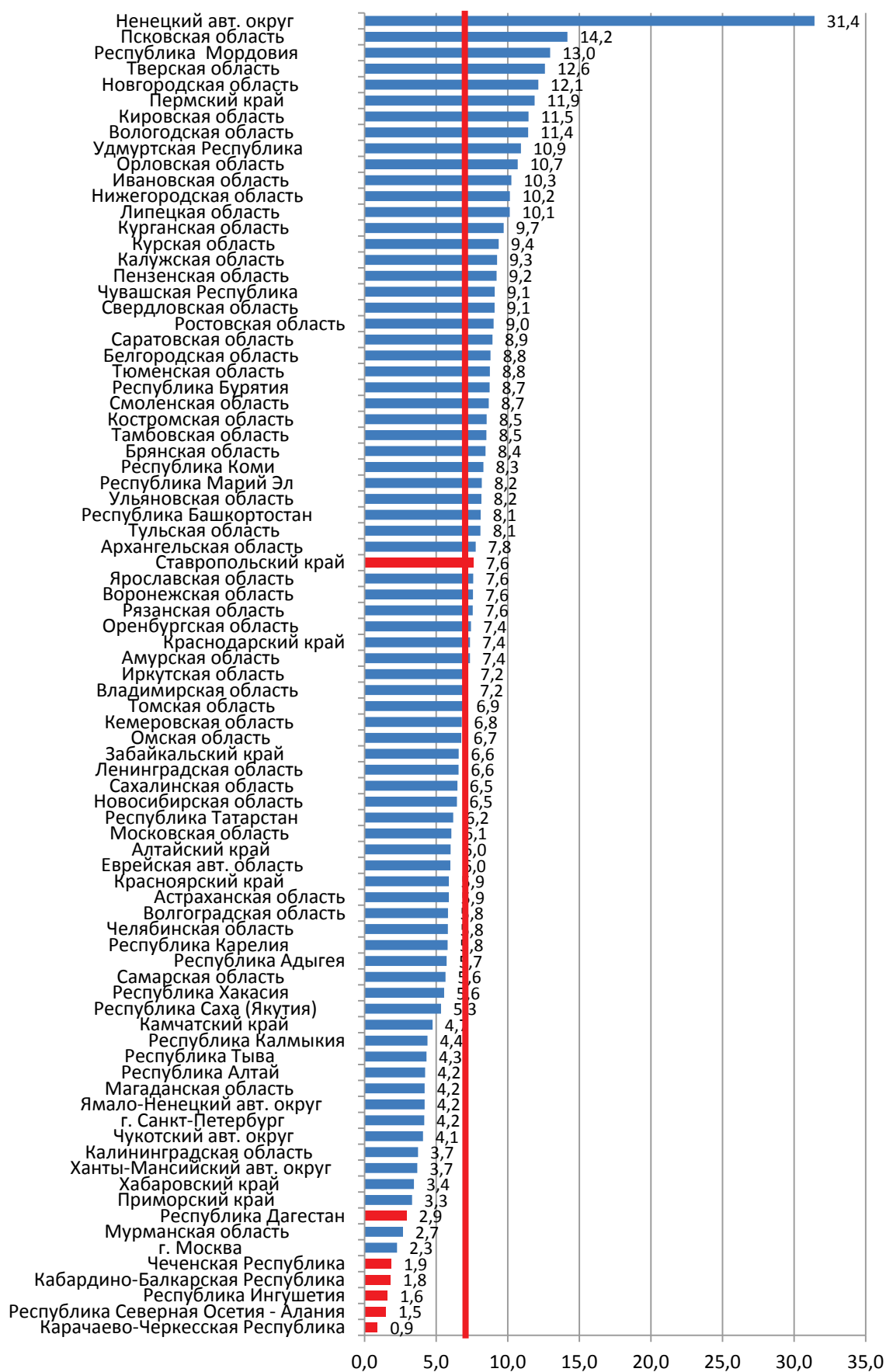
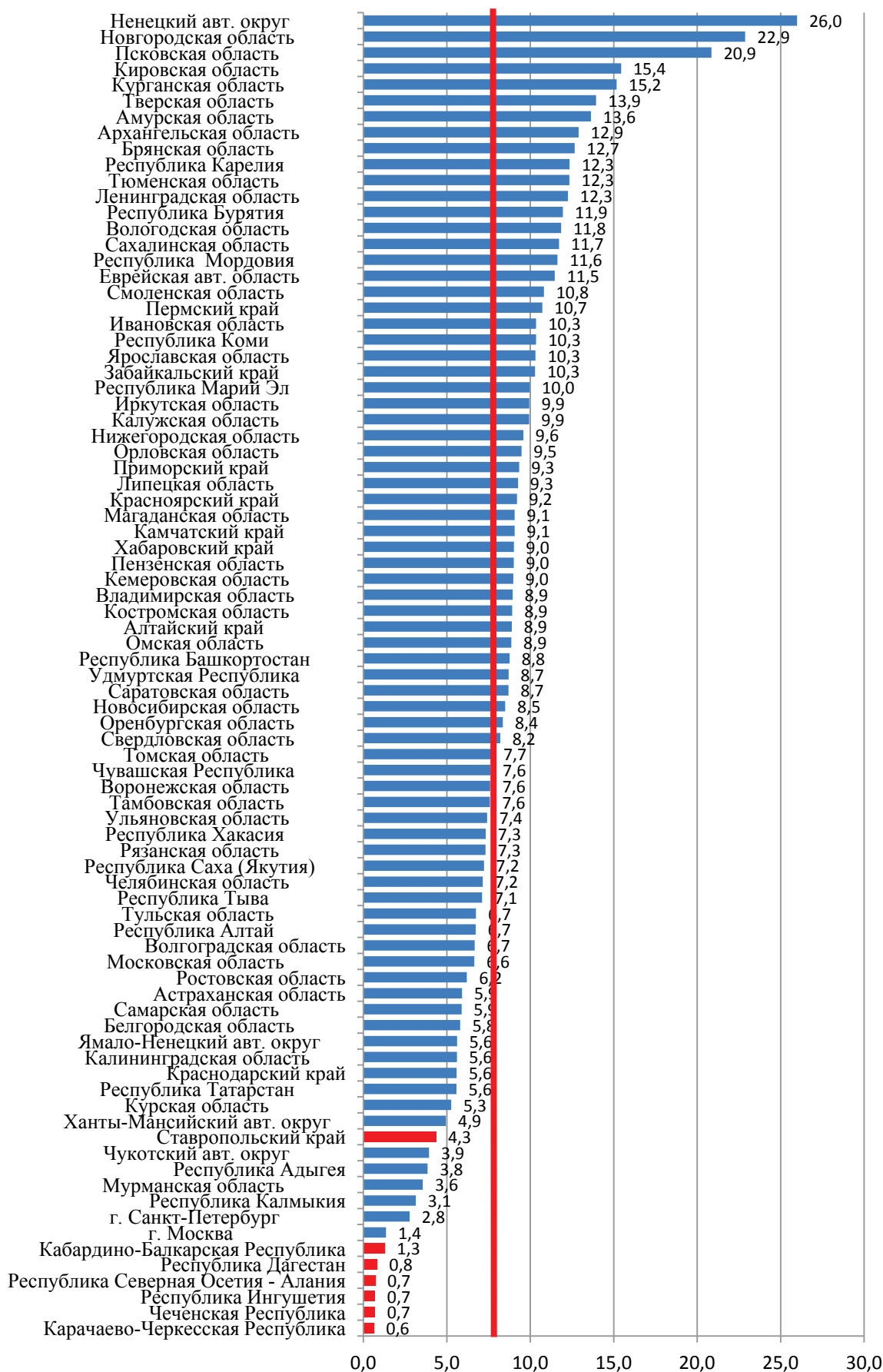


Рисунок 3.8 – Распределение коэффициента оперативной готовности по субъектам РФ за 2013 г.

Рисунок 3.9 – Распределение риска  $R_1$  по субъектам РФ за 2013 г.



Рисунок 3.10 – Распределение риска  $R_2$  по субъектам РФ за 2013 г.

Рисунок 3.11 – Распределение риска  $R_3$  по субъектам РФ за 2013 г.

При анализе гистограмм (рисунки 3.8–3.11) можно определить, что хотя подходы в определении схожи, но полученные значения распределения рисков  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  и значения коэффициента оперативной готовности территорий субъектов СКФО Российской Федерации дают разный результат по ранжированию. Составным значением коэффициента оперативной готовности является случайная величина вариационного показателя  $S$ . Он наиболее сопоставим со значением распределения риска  $R_2$ .

Для СКФО МЧС России гистограмма представлена на рисунке 3.12, а для остальных регионов Российской Федерации данные можно посмотреть в приложении В.

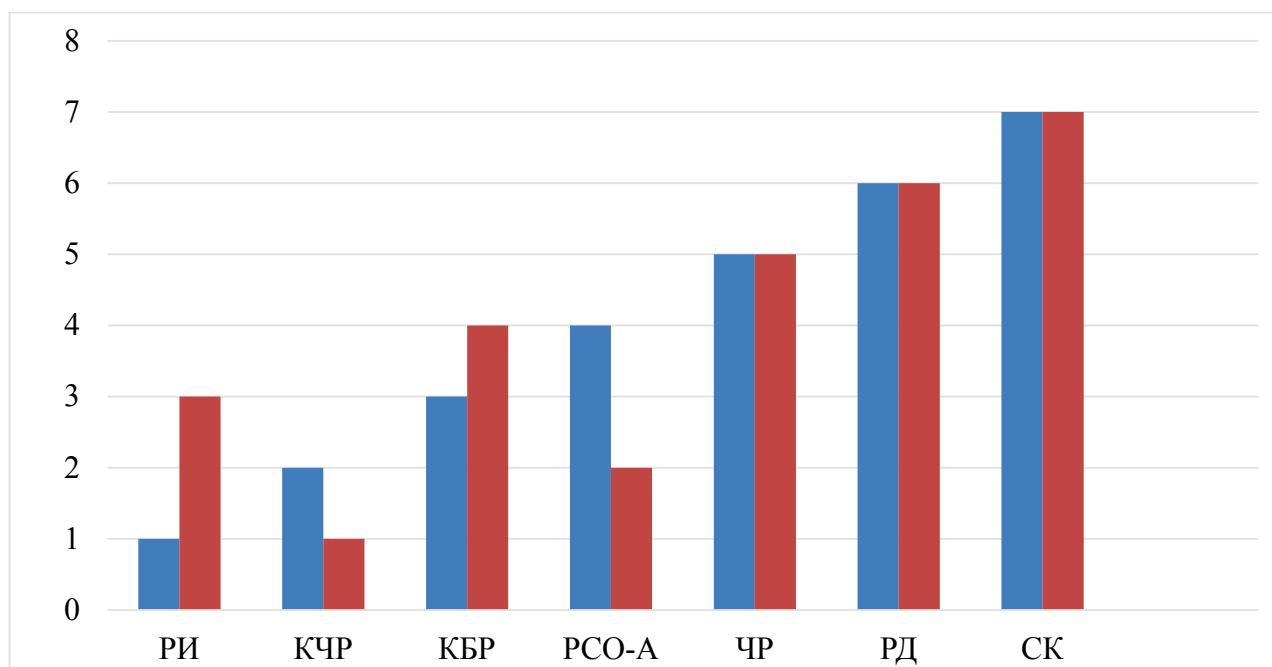


Рисунок 3.12 – Значения распределения риска  $R_2$  и случайной величины  $S$ :

■ – случайная величина  $S$ ; ■ – распределение риска  $R_2$

КБР – Кабардино-Балкарская Республика; КЧР – Карачаево-Черкесская Республика;

РД – Республика Дагестан; РИ – Республика Ингушетия;

РСО-А – Республика Северная Осетия – Алания; СК – Ставропольский край,

ЧР – Чеченская Республика

Таким образом, из гистограммы можно определить, что значения совпадают только частично, так как значения рисков в регионах позволяют оценить только пожарную безопасность территорий субъектов СКФО Российской Федерации, а случайная величина  $S$  – оперативную готовность подразделений пожарной охраны. Поэтому именно изучение и расчет коэффициента оперативной готовности приводит к реальному показателю обеспеченности техникой.

### **Выводы по 3 главе**

В главе 3 в целях адаптации под практическую реализацию процессов принятия решений по оснащению пожарно-спасательных гарнизонов основными пожарными автомобилями произведено исследование и анализ показателей оперативной и технической готовности.

В результате анализа выявлено, что данные показатели являются вариационными и могут применяться в модели поддержки принятия решений, только как интервальные.

Осуществление применения левосторонних или правосторонних оценок вариационного показателя в информационно-аналитической модели поддержки принятия решений является проблематичным, так как отсутствует возможность представления данных на плоскости декартовой системы координат в виде анализируемых динамично меняющихся областей показателей. Поэтому для анализа параметров коэффициентов оперативной и технической готовности возникает необходимость использования специальных процедур интервального анализа данных, реализованных, например, в специализированном методе SSA.

На основе интервального анализа данных рассмотрены показатели оперативной и технической готовности, включая занятость пожарных подразделений при облуживании выездов и произведено сравнение данных интервальных показателей с пожарными рисками территорий пожарно-спасательных гарнизонов.

## Глава 4 Применение информационно-аналитической модели принятия решений по ранжированию территориальных подразделений для переоснащения парка основными пожарными автомобилями

### 4.1 Особенности территориального расположения, инфраструктуры и заселенности Северо-Кавказского федерального округа

Территория СКФО расположена на юге Российской Федерации, в состав СКФО входят 7 субъектов – в их числе 1 край и 6 республик (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Состав и расположение СКФО РФ [96]

Округ занимает площадь 172 тыс. 440 км<sup>2</sup> (1 % площади территории Российской Федерации). По территории округа проходят важнейшие коммуникации в Закавказье и далее в Турцию и Иран [90].

Северный Кавказ представляет собой складчатую горную систему, образованную рядом горных цепей различной высоты и длины, простирающихся

параллельно и под некоторым углом друг к другу от Таманского полуострова до Каспийского моря в общем направлении на юго-восток. СКФО отличается от других округов наличием важных, опасных и потенциально опасных объектов, а также высокой плотностью населения (таблица 4.1). Промышленные предприятия расположены в горной местности с повышенной сейсмичностью и зачастую в густонаселенных районах, а также вблизи туристических и рекреационных зон. Оборудование в значительной степени изношено, морально устарело и не отвечает современным требованиям безопасности. Большая концентрация промышленных потенциально опасных объектов, наличие нескольких природно-климатических зон и сейсмоопасных районов в предгорье Северного Кавказа определяют возможность возникновения ЧС техногенного и природного характера.

Таблица 4.1 – Характеристика субъектов СКФО

№ п/п	Субъект	Площадь, км <sup>2</sup>	Численность населения, тыс. чел.	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Число потенциально опасных объектов				
					химически-опасных	пожаро-взрыво-опасных	биологически-опасные	Гидродинамически-опасные	Всего
1	Ставропольский край	66160	2794,5	42	51	284	2	10	347
2	Республика Дагестан	50270	2737,3	55	19	28	-	36	83
3	Чеченская республика	15647	1324,7	84	2	12	2	3	17
4	Республика Карачаево-Черкесская	14277	469,8	33	1	15	-	-	16
5	Республика Кабардино-Балкарская	12470	858,4	68	2	39	-	-	41
6	Республика Северная Осетия – Алания	7987	710,3	89	4	22	3	2	31
7	Республика Ингушетия	3628	412,9	114	3	5	2	-	10

Географическое расположение СКФО, промышленный потенциал региона обуславливает наличие всех природных и техногенных ЧС, характерных для РФ. Территориальное распределение природных и техногенных опасностей, их границы должны определять территориальное расположение спасательных

формирований, их комплектование специальной техникой, снаряжением. Определение территориальных особенностей природно-техногенного характера необходимы для создания концепции защиты населения и определение зоны повышенного риска для населения.

Территория округа включает в себя все климатические зоны, начиная от зоны вечных снегов и ледников и заканчивая зоной степей. По совокупности опасных явлений погоды наиболее уязвимым районом является высокогорный Кавказ. СКФО присущи практически все опасные природные явления, последствия от которых могут привести к возникновению ЧС до федерального уровня включительно.

Землетрясениям подвержена территория 7 субъектов СКФО, на которой проживают более 13 млн человек.

Многолетние наблюдения показывают, что на территории СКФО в течение календарного года наиболее вероятными природными источниками, способствующими возникновению ЧС, являются:

- опасные геофизические явления (землетрясения);
- опасные геологические явления (оползни, обвалы, осыпи);
- опасные метеорологические явления (сильный ветер, в т.ч. шквал, очень сильный дождь, крупный град, очень сильный снег, сход снежных лавин, сильная метель, сильное гололедно-изморозевое отложение на проводах, сильный туман, сильный мороз, заморозки, сильная жара, засуха);
- опасные гидрологические явления (высокие уровни воды в т.ч. половодье, дождевые паводки, сель и низкие уровни воды);
- морские опасные гидрометеорологические явления (обледенение судов, сгонно-нагонные явления, смерчи, сильное волнение моря, отрыв прибрежных льдин);
- ландшафтные пожары (лесные, степные и камышовые).

Общественно-политическая, социально-экономическая и криминогенная обстановка в ряде субъектов СКФО остается сложной. Существует вероятность проведения террористических актов на потенциально опасных объектах, аварии



на которых могут создать угрозу для жизни и здоровья населения или вызвать значительные экологические последствия. Количество таких объектов достаточно велико.

Только в период с 2003 по 2013 гг. на территории СКФО произошло 242 террористических акта. Максимальное число терактов совершилось на территориях Республики Дагестан, Чеченской Республики и Республики Северная Осетия – Алания.

Для выполнения мероприятий развития системы оснащения СКФО предполагается укрепить устойчивую тенденцию снижения рисков в данном округе, укрепить материально-техническую базу за счет проведения переоснащения в первую очередь парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений, так как эти пожарные автомобили являются основной тактической единицей, участвующей как в тушении пожаров, так и при ликвидации ЧС.

#### Потенциально опасные объекты СКФО:

*Ставропольский край:* на территории края находятся 347 потенциально опасных объектов, из них: 51 химически-опасных объекта, 284 пожаровзрывоопасных объекта, 2 биологически опасные, 10 гидродинамически опасные [109];

*Республика Дагестан:* на территории республики расположены 83 – потенциально опасных объекта, из них: 27– пожаровзрывоопасных, 36 – гидродинамически опасные 19 – химически-опасных объектов, 1 – взрывоопасный [109];

*Кабардино-Балкарская Республика:* на территории республики располагаются 41 потенциально опасный объект, из них: 39 – пожаровзрывоопасных, 2 – химически-опасных [109];

*Карачаево-Черкесская Республика:* на территории республики нет потенциально опасных объектов;

*Чеченская Республика:* на территории республики нет потенциально опасных объектов;

*Республика Северная Осетия – Алания:* на территории республики располагаются 22 потенциально опасных объектов и 9 критически важных [109];

*Республика Ингушетия:* на территории республики расположены 10 потенциально опасных объектов [109].

## **4.2 Структура расчета информационно-аналитической модели с помощью математического метода анализа временных рядов**

### **4.2.1 Описание математического метода анализа временных рядов**

Данный метод (метод SSA – Singular spectrum analysis) основан на преобразовании одномерного временного ряда в многомерный ряд с последующим применением к полученному многомерному временному ряду метода главных компонент [14, 15].

Метод SSA подразумевает способ преобразования одномерного ряда в многомерный, который представляет собой временный ряд «свернутый» в ковариационную матрицу, содержащую в себе полученные с некоторым сдвигом фрагменты временного ряда. Результаты анализа по структуре напоминают «гусеницу», поэтому сам метод нередко так и называют – «гусеница».

Полученная длина фрагмента временного ряда определяет длину «гусеницы», полученный многомерный сдвиг одного фрагмента данных относительно другого фрагмента *шагом* «гусеницы».

Суть метода главных компонент сводится к уменьшению размерности статистических данных или данных наблюдения, обеспечивающий сохранность закономерностей изменения данных. Метод главных компонент изобретен Карлом Пирсоном в 1901 году и широко применяется в различных отраслях науки и техники.

Определение главных компонент сводится к вычислению собственных векторов и, как следствие, ее собственных значений относительно исходных данных. Достоинство выбранного метода анализа временных рядов состоит в сочетании элементов классического анализа временных рядов, многомерной статистики, многомерной геометрии.

Результатом анализа является не истинное значение, что с вероятностной точки зрения является достаточно спорным понятием, а интервала истинных значений, которые принимает та или иная случайная величина без привязки ее к какому-то конкретному статистическому закону распределения. Одним из преимуществ использования статистики интервальных данных является разрешение наиболее «болезненного вопроса» статистики ЧС и пожаров – обоснование необходимого и достаточного объема выборки исходных данных и их точности. Согласно статистике интервальных данных, нецелесообразно увеличивать объем выборки сверх некоторого предела (рациональный объем выборки) – вопреки классической теории, согласно которой чем больше объем выборки, тем точнее выводы.

#### **4.2.2 Этапы расчета информационно-аналитической модели**

*Первый этап* анализа предназначен для визуального анализа и последующего обобщения полученных результатов для оценки занятости подразделений при обслуживании вызовов и при техническом обслуживании пожарных автомобилей после пожара. Здесь необходимо построить исходный временной ряд, определяющий распределение времени по дням года (рисунок 4.2).

Метод SSA позволяет построить периодограмму, характеризующую наличие периодик – скрытых закономерностей неслучайного характера, поэтому *вторым этапом* расчета является вычисление значений периодограммы с иллюстрацией полученных значений (рисунок 4.3).

**Третьим** *этапом* расчета является разложение временного ряда на собственные функции для определения трендовой компоненты, у которой процент наличия данных временного ряда максимален (рисунок 4.4).

**Четвертый этап** расчета – это вычисление линии тренда и остатка данных, не попавших в трендовую зависимость, которые, как правило, относятся к сезонности и другим факторам, влияющим на случайную величину (рисунок 4.5).

**Пятым заключительным этапом** является построение динамики вариационного параметра с интервалами получаемых значений (рисунок 4.6).

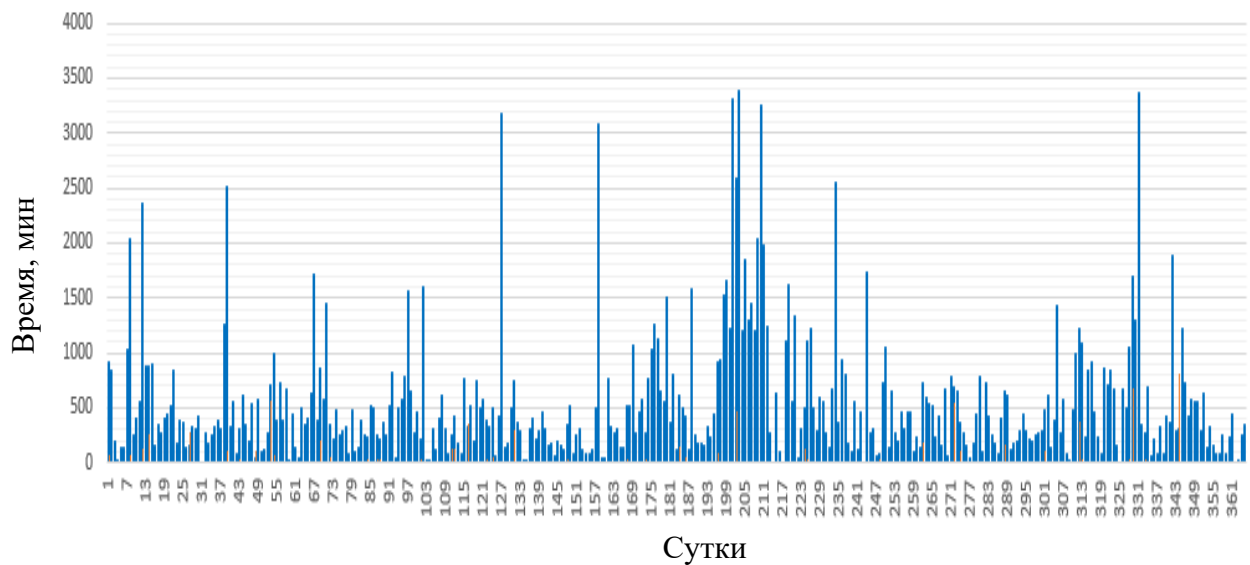


Рисунок 4.2 – Временной ряд оценки занятости подразделений при обслуживании вызовов и при техническом обслуживании пожарных автомобилей после пожара в течение года

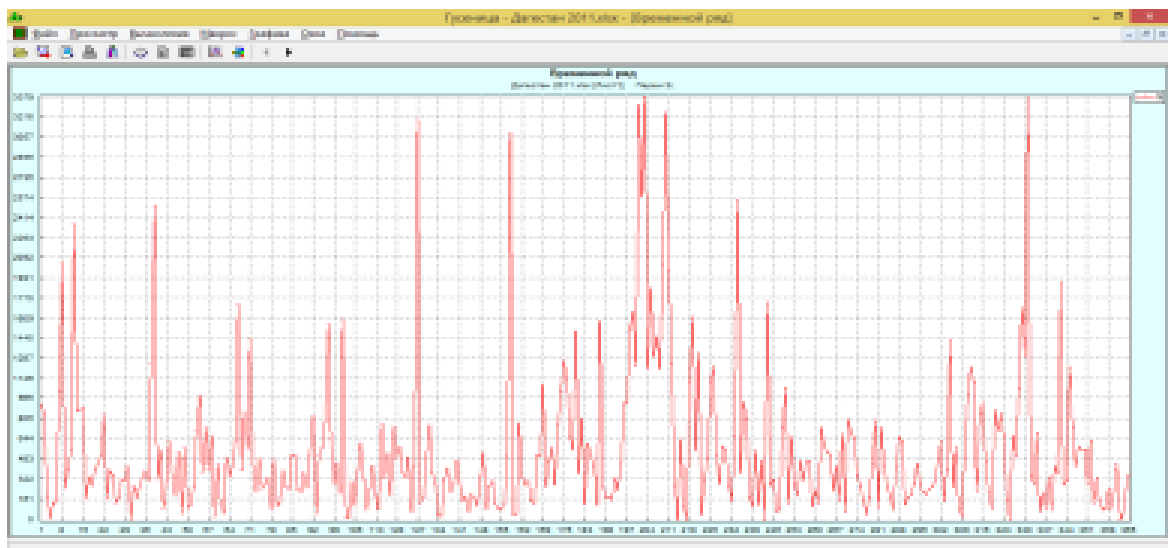


Рисунок 4.3 – Значения периодограммы временного ряда, характеризующую наличие периодик – скрытых закономерностей неслучайного характера

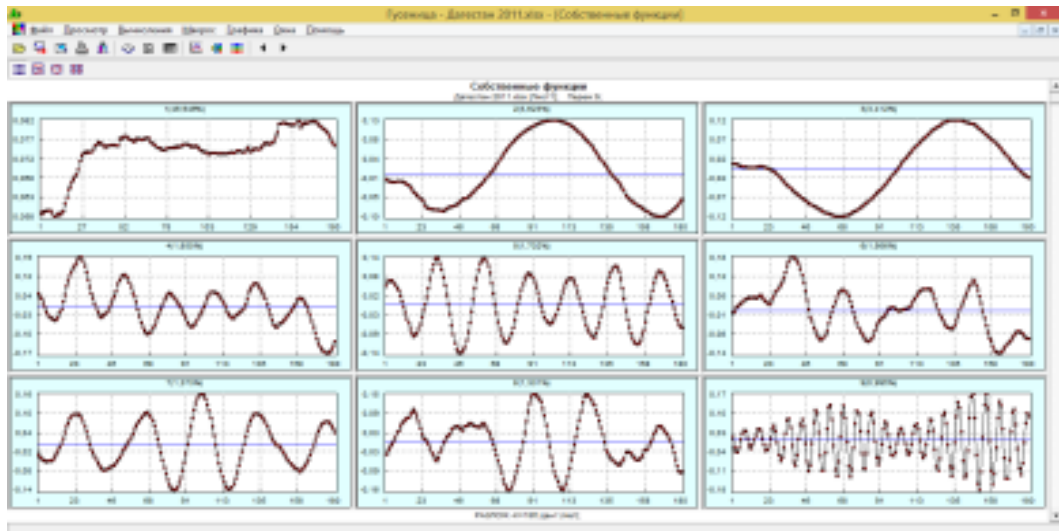


Рисунок 4.4 – Разложение временного ряда на собственные функции для определения трендовой компоненты

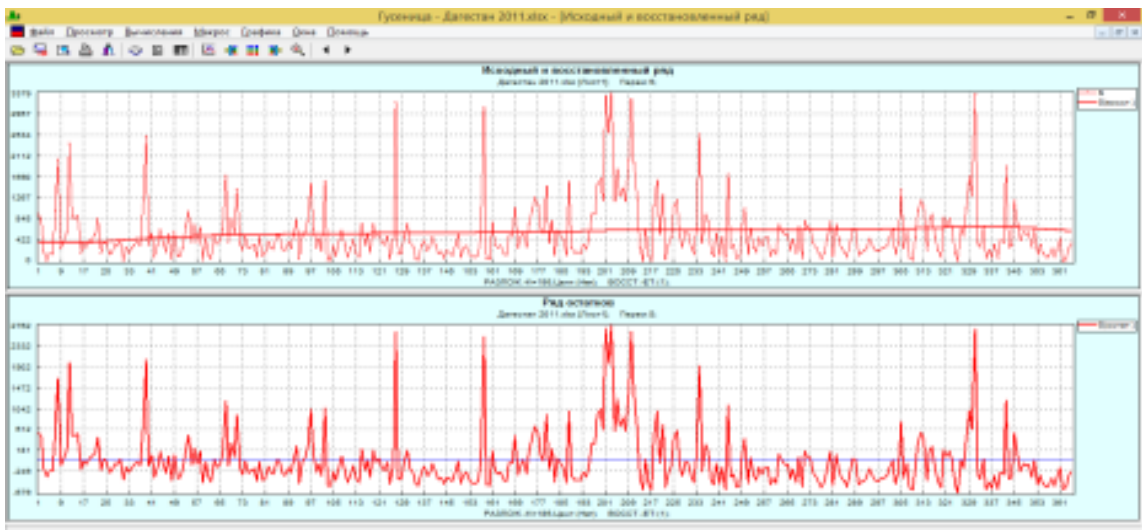


Рисунок 4.5 – Линии тренда и остатка данных

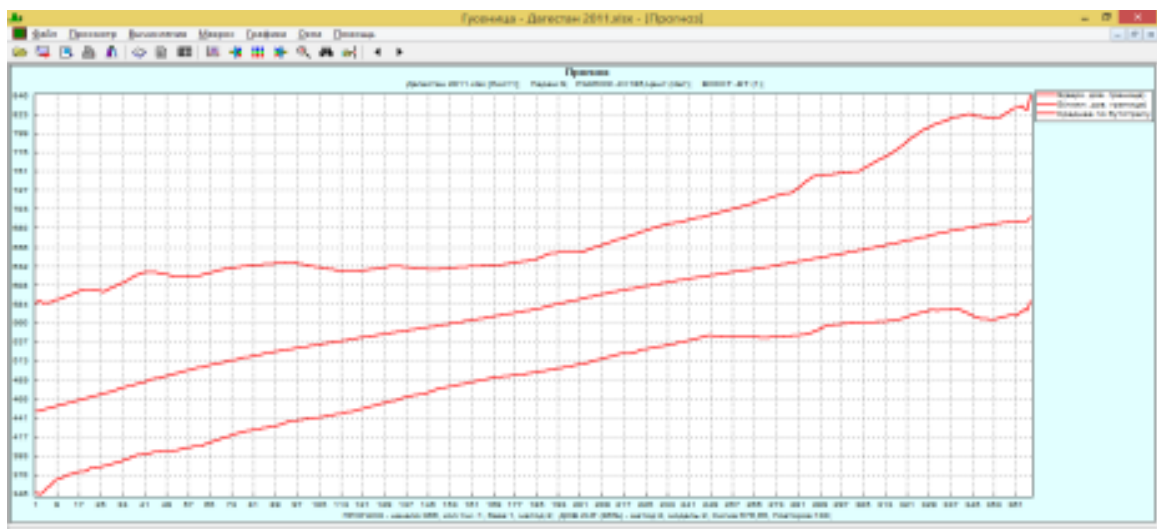


Рисунок 4.6 – Интервалы вариационных параметров

В отличие от существующих методов анализа временных рядов метод «Гусеницы» не привязан к конкретному закону распределения случайной величины, а оперирует интервальными данными, которые в дальнейшем используются для реализации теории принятия решений в условиях риска и неопределенности (рисунок 4.7).

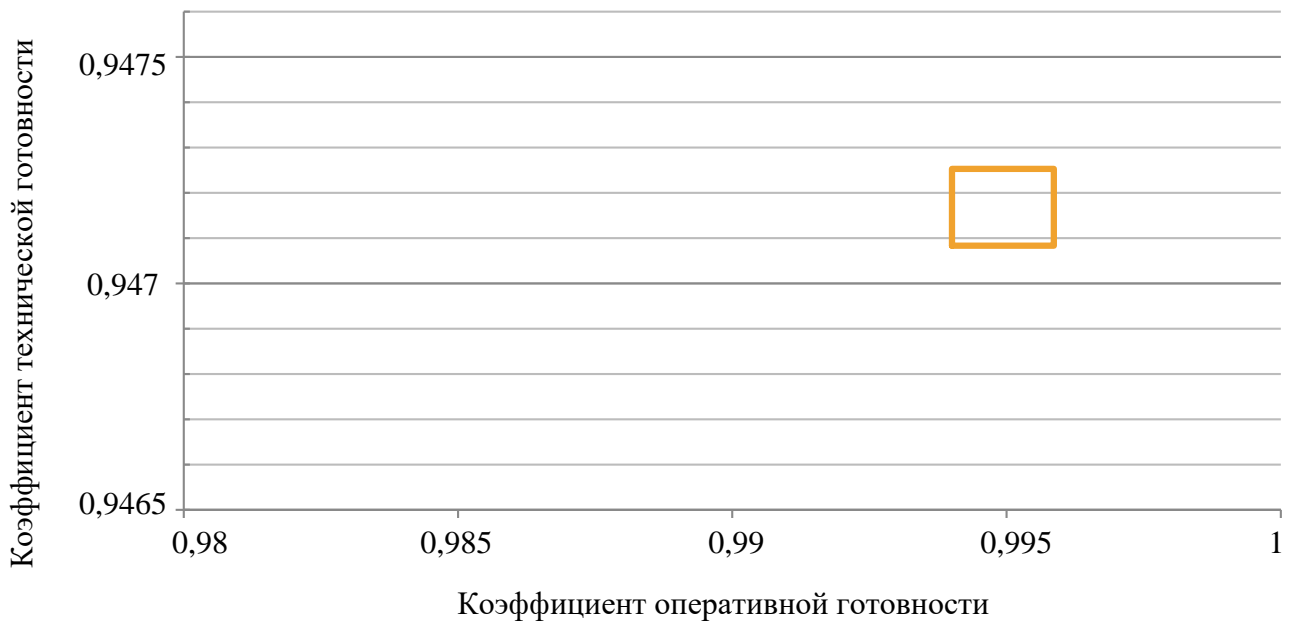


Рисунок 4.7 – Пример применения информационно-аналитической модели с помощью SSA-метода:

— субъект Российской Федерации

### 4.3 Практические результаты расчетов коэффициентов оперативной и технической готовности для субъектов Северо-Кавказского федерального округа России

Динамика вариационных показателей и коэффициентов, характеризующих оперативную и техническую готовность субъектов СКФО с 2009 по 2013 гг., представлены в таблицах 4.2–4.5.

Исходные данные, промежуточные результаты расчетов, отчет по работе в программе, реализующей метод статистической обработки временных рядов «Гусеница», приведены в научно-исследовательской работе [96]. В таблицах 4.2–4.5 приводятся результаты проведенного анализа показателей оперативной  $K_{o,t}$  и технической  $K_{т,t}$  готовности.

Таблица 4.2 – Результаты анализа вариационного показателя занятости при обслуживании вызова

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений при обслуживании вызова $S_0$ , мин													
		КБР		КЧР		РД		РИ		РСО-А		СК		ЧР	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
2009	максимин	672	270	278	124	570	390	182	32	1732	780	1760	1590	283	144
	минимакс	475	234	340	145	465	365	207	40	914	301	1590	870	283	129
2010	максимин	907	520	271	88	1200	670	145	40	1481	797	2017	1210	286	86
	минимакс	427	188	570	271	1050	740	260	110	607	176	2150	1250	688	372
2011	максимин	528	271	166	43	846	584	150	35	649	305	1750	760	290	113
	минимакс	441	169	218	410	656	513	237	84	490	169	4900	3520	451	210
2012	максимин	769	415	325	80	667	455	152	43	1153	583	2740	1713	409	153
	минимакс	524	198	365	90	523	406	104	9	908	298	2030	1080	494	170
2013	максимин	557	294	402	164	695	487	95	15	651	343	1920	1066	635	209
	минимакс	272	97	320	90	466	362	105	15	394	112	2720	1617	635	164

Таблица 4.3 – Результаты анализа вариационного показателя занятости при техническом обслуживании подразделений

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений на техническое обслуживание $S_{т.т.}$ , мин													
		КБР		КЧР		РД		РИ		РСО-А		СК		ЧР	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
2009	максимин	66	36	30	10	70	52	11	5	73	43	242	167	40	23
	минимакс	52	28	56	30	60	51	17	9	61	30	190	120	42	22
2010	максимин	132	80	28	10	120	82	14	5	111	62	230	160	55	20
	минимакс	59	23	56	28	100	80	30	15	57	25	244	160	112	60
2011	максимин	62	34	18	8	91	67	19	7	58	30	180	100	52	22
	минимакс	60	27	35	19	78	60	20	8	51	27	547	400	93	49
2012	максимин	102	59	33	18	86	65	16	7	113	59	445	290	59	33
	минимакс	72	32	26	11	68	55	12	3	92	38	302	170	56	28
2013	максимин	102	59	17	15	70	52	17	8	85	47	276	179	51	26
	минимакс	72	32	12	10	60	51	12	3	75	35	365	250	66	36

Примечание: КБР – Кабардино-Балкарская Республика; КЧР – Карачаево-Черкесская Республика; РД – Республика Дагестан;

РИ – Республика Ингушетия; РСО-А – Республика Северная Осетия – Алания; СК – Ставропольский край; ЧР – Чеченская Республика

Таблица 4.4 – Результаты анализа критерия оперативной готовности

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений при обслуживании вызова S <sub>0</sub>																			
		КБР			КЧР			РД			РИ			РСО-А			СК			ЧР	
		max	min		max	min		max	min		max	min		max	min		max	min	max	min	
2009	максимин	0,99282	0,99712	0,99716	0,99873	0,99596	0,99724	0,99967	0,99814	0,99967	0,99257	0,99215	0,99332	0,99397	0,99711	0,99853					
	минимакс	0,99493	0,99750	0,99418	0,99723	0,99670	0,99741	0,99959	0,99789	0,99959	0,99080	0,99697	0,99397	0,99662	0,99711	0,99868					
	максимин	0,99031	0,99444	0,99723	0,99910	0,99150	0,99525	0,99959	0,99852	0,99959	0,98509	0,99198	0,99235	0,99541	0,99708	0,99912					
2010	минимакс	0,99544	0,99799	0,99653	0,99852	0,99256	0,99476	0,99888	0,99734	0,99888	0,99389	0,99823	0,99184	0,99526	0,99297	0,99620					
	максимин	0,99436	0,99710	0,99830	0,99956	0,99401	0,99586	0,99964	0,99847	0,99964	0,99347	0,99693	0,99336	0,99712	0,99704	0,99885					
	минимакс	0,99529	0,99819	0,99777	0,99581	0,99535	0,99636	0,99914	0,99758	0,99914	0,99507	0,99830	0,98141	0,98664	0,99539	0,99786					
2012	максимин	0,99178	0,99557	0,99668	0,99918	0,99527	0,99678	0,99956	0,99845	0,99956	0,98840	0,99413	0,98960	0,99350	0,99582	0,99844					
	минимакс	0,99440	0,99788	0,99627	0,99908	0,99629	0,99712	0,99894	0,99991	0,99991	0,99086	0,99700	0,99230	0,99590	0,99496	0,99826					
	максимин	0,99405	0,99686	0,99589	0,99833	0,99508	0,99655	0,99903	0,99903	0,99985	0,99345	0,99655	0,99271	0,99595	0,99352	0,99787					
2013	минимакс	0,99709	0,99896	0,99673	0,99908	0,99670	0,99743	0,99893	0,99893	0,99985	0,99603	0,99887	0,98968	0,99366	0,99352	0,99833					

Таблица 4.5 – Результаты анализа критерия технической готовности

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений на техническое обслуживание S <sub>г.</sub>																			
		КБР			КЧР			РД			РИ			РСО-А			СК			ЧР	
		max	min		max	min		max	min		max	min		max	min		max	min	max	min	
2009	максимин	0,95945	0,95977	0,95167	0,95187	0,94723	0,94736	0,96518	0,96524	0,96036	0,94846	0,94874	0,95636	0,95653							
	минимакс	0,95960	0,95985	0,95140	0,95167	0,94730	0,94737	0,96512	0,96520	0,96049	0,94865	0,94891	0,95634	0,95655							
	максимин	0,95874	0,95930	0,95169	0,95187	0,94688	0,94715	0,96515	0,96524	0,95967	0,94850	0,94876	0,95621	0,95657							
2010	минимакс	0,95952	0,95991	0,95140	0,95169	0,94702	0,94716	0,96499	0,96514	0,96022	0,94845	0,94876	0,95562	0,95616							
	максимин	0,95949	0,95979	0,95179	0,95189	0,94708	0,94725	0,96510	0,96522	0,96021	0,94869	0,94899	0,95624	0,95655							
	минимакс	0,95951	0,95986	0,95162	0,95178	0,94718	0,94730	0,96509	0,96521	0,96028	0,94732	0,94787	0,95582	0,95627							
2012	максимин	0,95906	0,95952	0,95137	0,95164	0,94712	0,94727	0,96513	0,96522	0,95965	0,94770	0,94828	0,95617	0,95643							
	минимакс	0,95938	0,95981	0,95171	0,95186	0,94725	0,94734	0,96517	0,96526	0,95987	0,94823	0,94873	0,95620	0,95648							
	максимин	0,95906	0,95952	0,95180	0,95182	0,94723	0,94736	0,96512	0,96521	0,95994	0,94833	0,94869	0,95625	0,95650							
2013	минимакс	0,95938	0,95981	0,95185	0,95187	0,94730	0,94737	0,96517	0,96526	0,96004	0,94800	0,94843	0,95609	0,95640							



На рисунках 4.8–4.14 представлена графическая интерпретация результатов расчетов коэффициентов оперативной  $K_{o.g}$  и технической  $K_{т.г}$  готовности за пять лет для каждого субъекта СКФО.

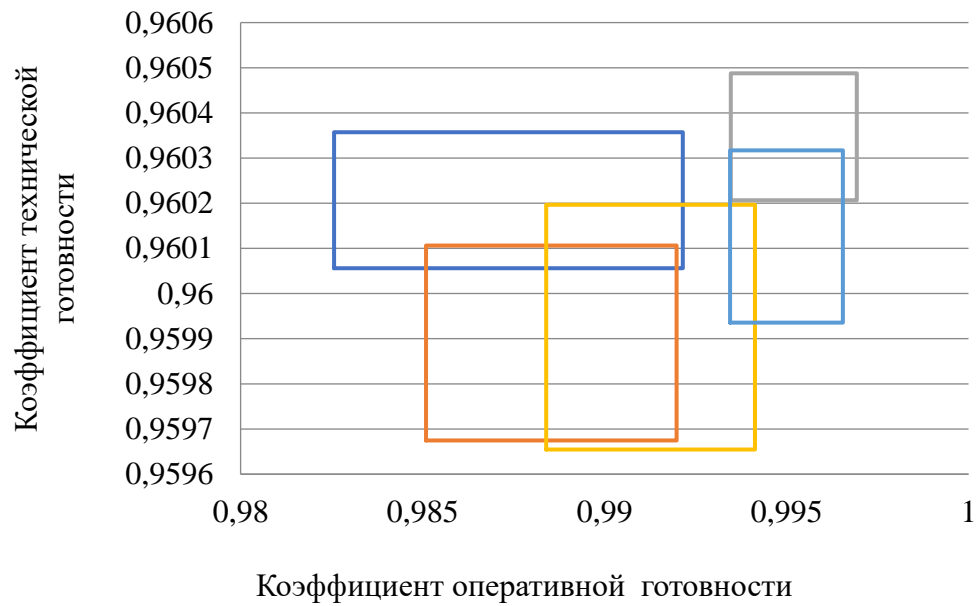


Рисунок 4.8 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Республики Северная Осетия – Алания:

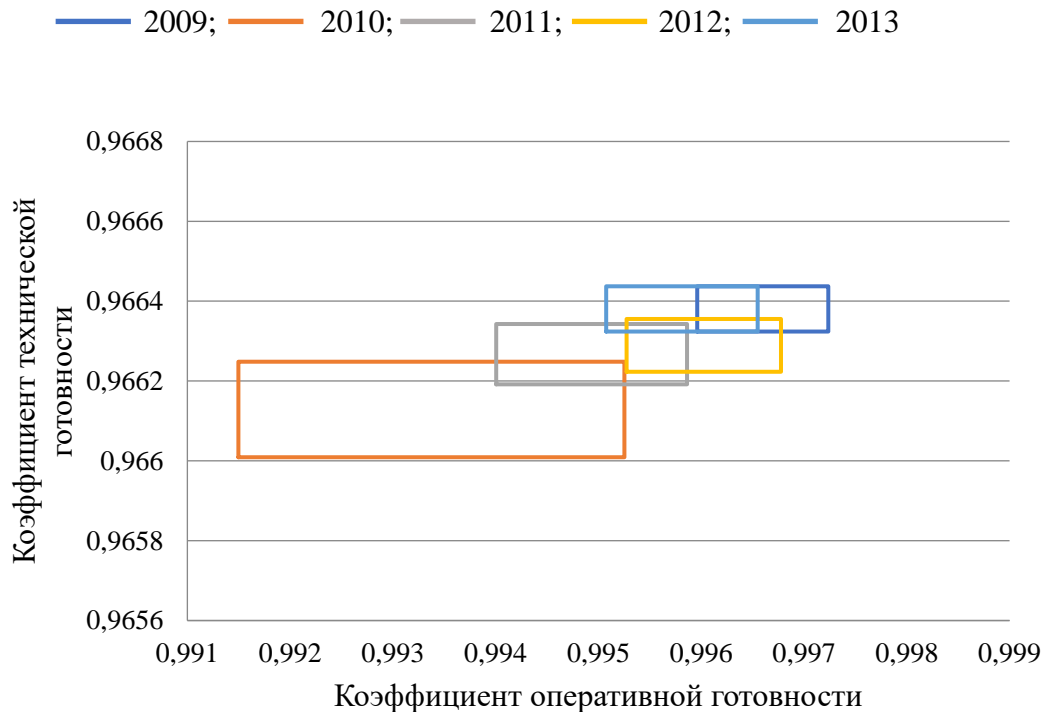


Рисунок 4.9 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Республики Дагестан:

— 2009; — 2010; — 2011; — 2012; — 2013

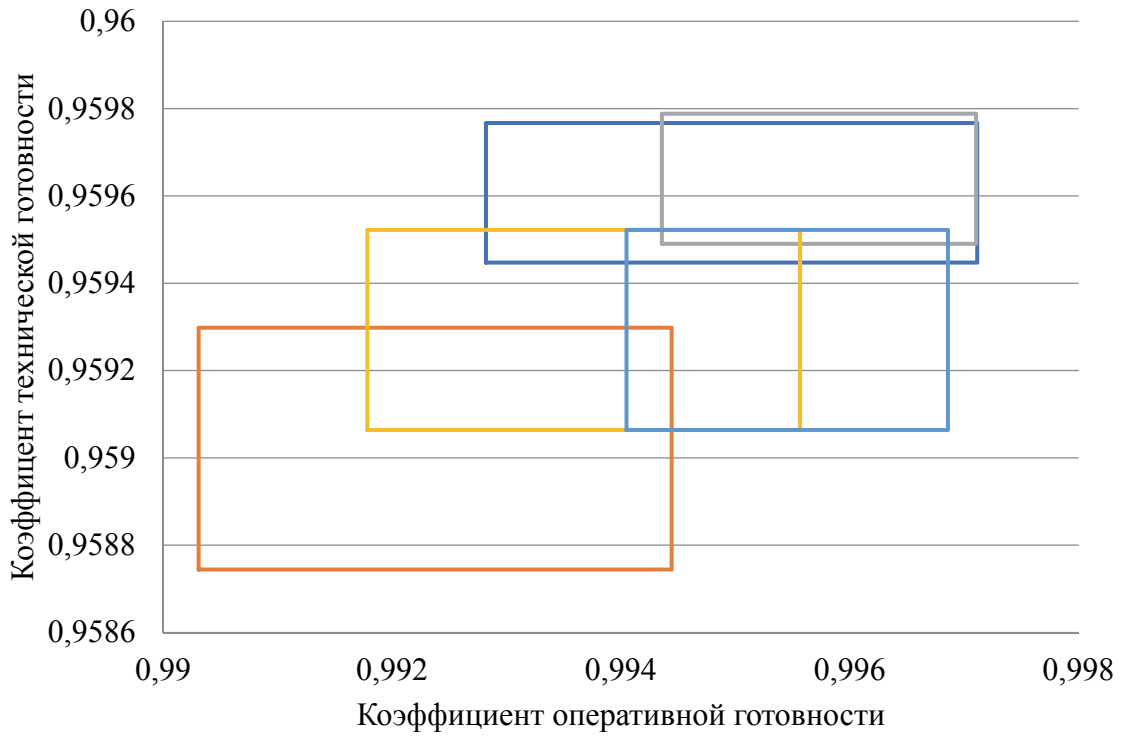


Рисунок 4.10 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Кабардино-Балкарской Республики

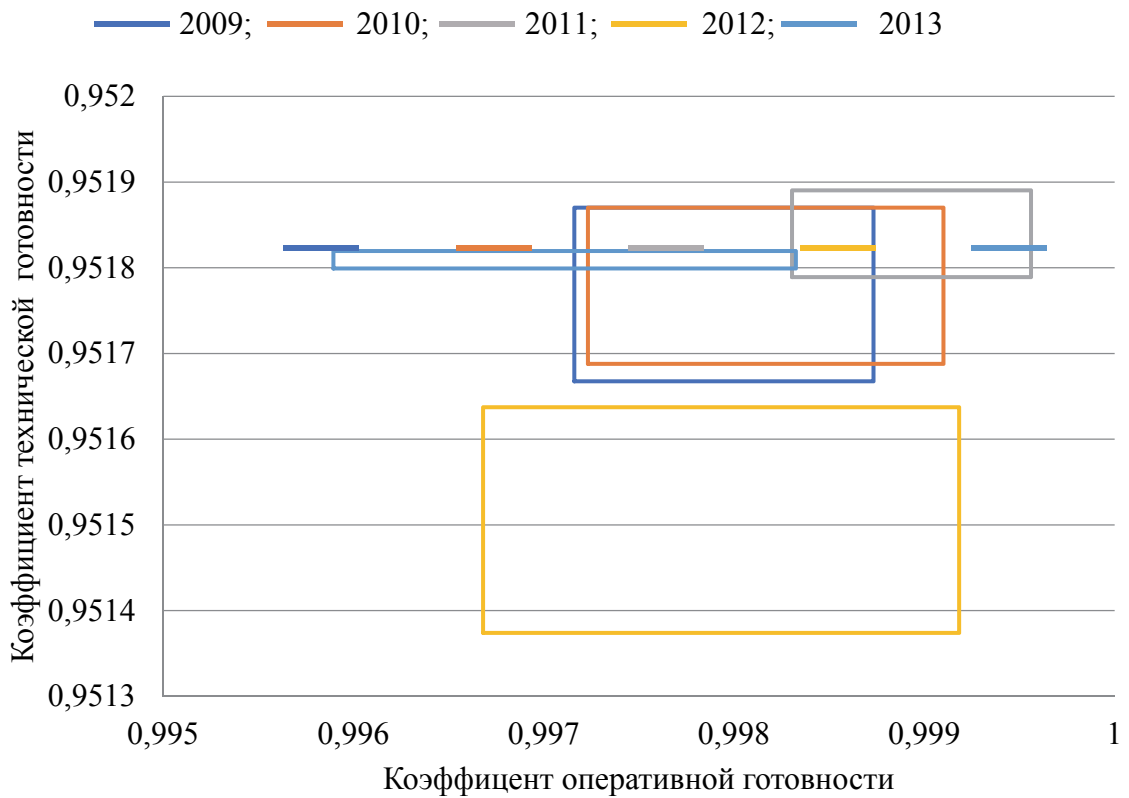


Рисунок 4.11 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Карачаево-Черкесской Республики

— 2009; — 2010; — 2011; — 2012; — 2013

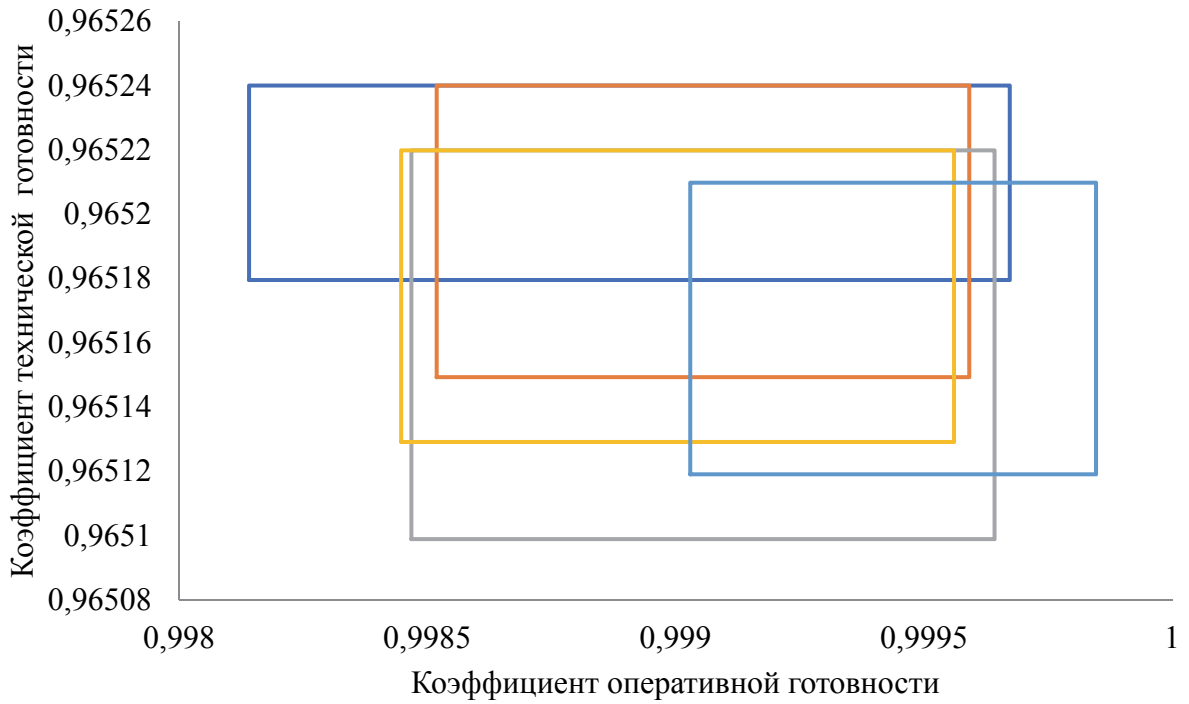


Рисунок 4.12 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Республики Ингушетия

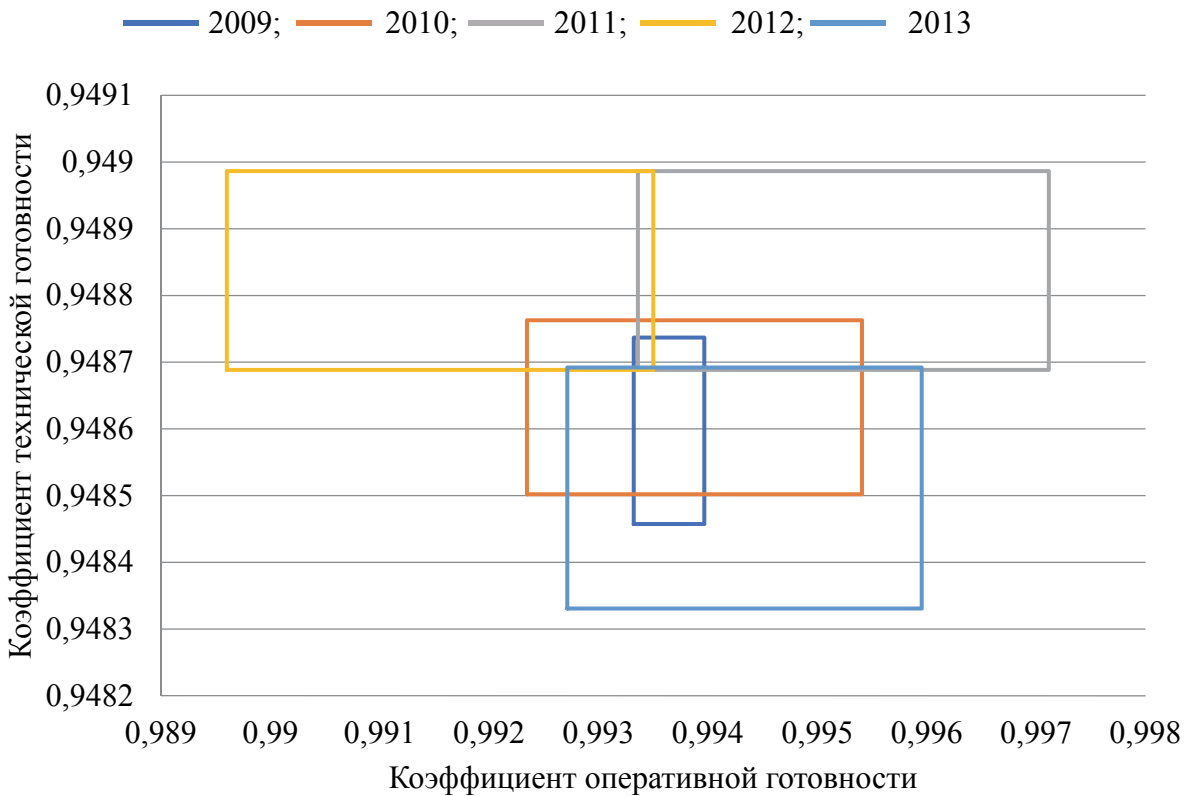


Рисунок 4.13 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Ставропольского края

— 2009; — 2010; — 2011; — 2012; — 2013

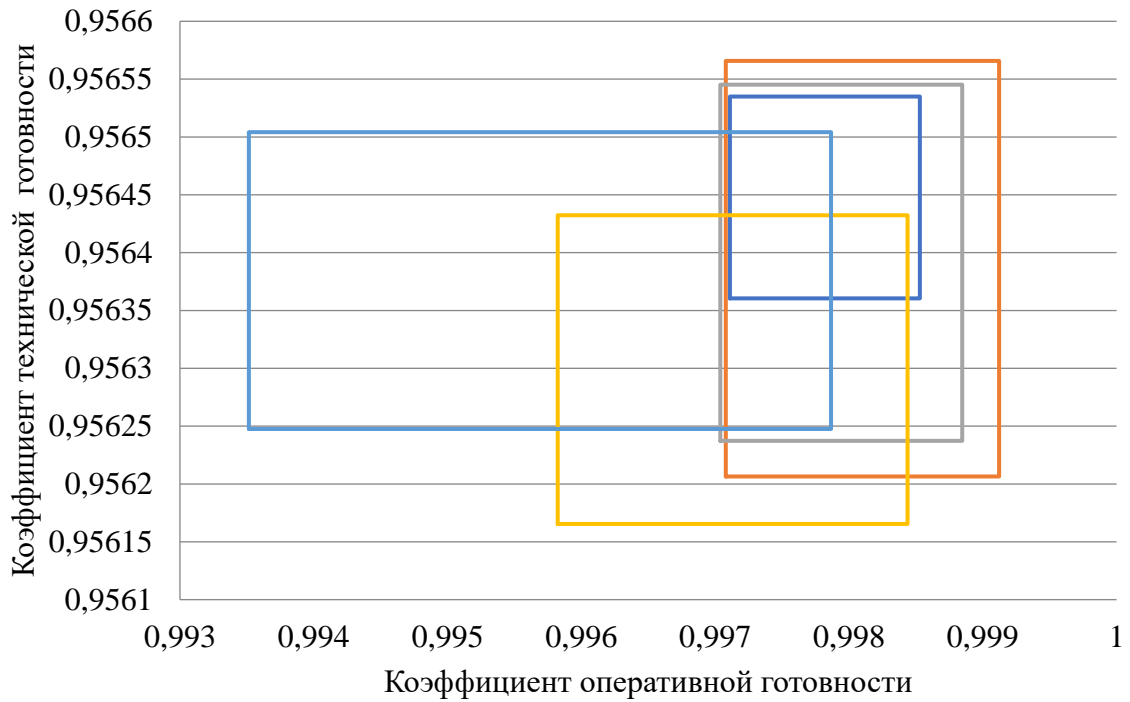


Рисунок 4.14 – Динамика коэффициентов оперативной и технической готовности для Чеченской Республики:

— 2009; — 2010; — 2011; — 2012; — 2013

#### **4.4 Применение информационно-аналитической модели принятия решений для ранжирования пожарно-спасательных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основными пожарными автомобилями**

##### **4.4.1 Описание процедуры принятия решений при применении информационно-аналитической модели**

Информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей ПСП основана на постулатах принятия решений в условиях риска. Это позволяет оценить каждое из конкретных значений коэффициентов оперативной готовности  $K_{o.g.}$  и технической готовности  $K_{т.г.}$  по отдельным альтернативам на значение вероятности и получить на этой основе интегральный критерий уровня риска, соответствующий каждому

из вариантов принятия решений по распределению финансовых средств на переоснащение парка ОПА. Сравнение этого интегрального критерия по отдельным альтернативам позволяет выбрать для реализации ту из них, которая приводит к избранной цели (т. е. к заданному показателю эффективности) с наименьшим уровнем риска. Модель позволяет ЛПР использовать в качестве исходных данных не числа, а интервалы, в которых могут изменяться эти числа. Например, время следования техники к месту вызова задается не конечным числом, а интервалом от минимально возможного по техническим характеристикам пожарного автомобиля и дорожно-климатическим условиям до предельно допустимого по нормативным требованиям. В этой связи оценка, полученная по предложенным критериям, представляет собой не конкретное значение, а интервал значений по критерию [7, 37].

Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений показана на рисунке 4.15:

– каждый из вариантов реализации переоснащения парка основных пожарных автомобилей для конкретного территориального подразделения представляет область значений (1);

– увеличение значений количественных показателей, входящих в предложенные критерии, позволяют сдвинуть область значений варианта в сторону увеличения предпочтений ЛПР (2).

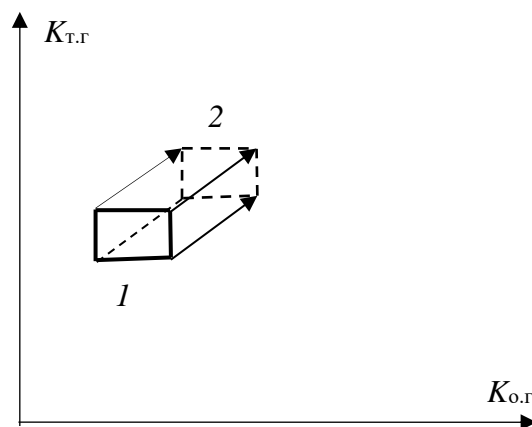


Рисунок 4.15 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений

#### 4.4.2 Геометрическая интерпретация процедуры принятия решения переоснащения парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений Северо-Кавказского федерального округа России

Для правильной оценки принятия решения вариантов реализации переоснащения парка основных пожарных автомобилей ПСП СКФО при применении информационно-аналитической модели необходимо применить геометрическую интерпретацию процедуры принятия решений.

На рисунках 4.16–4.20 показана геометрическая интерпретация процедуры принятия решений при переоснащении парка ОПА для субъектов СКФО за 2009–2013 гг. [96].

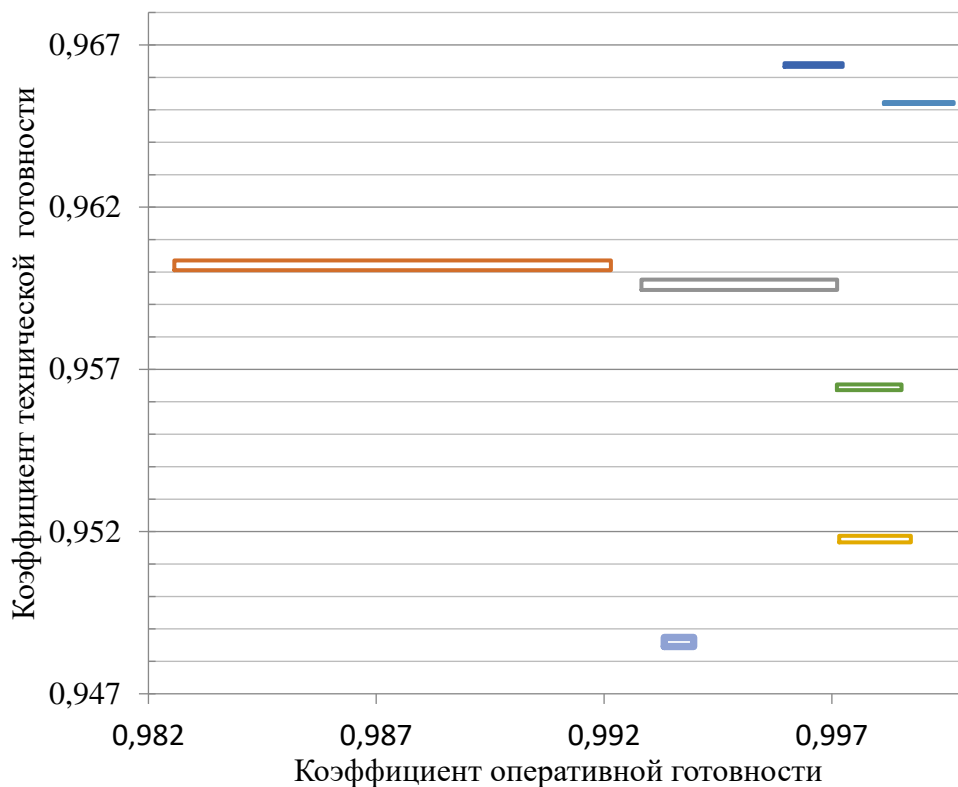


Рисунок 4.16 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений за 2009 год:

Республика Ингушетия; Карачаево-Черкесская Республика;  
Кабардино-Балкарская Республика; Республика Северная Осетия – Алания;  
Чеченская Республика; Республика Дагестан; Ставропольский край

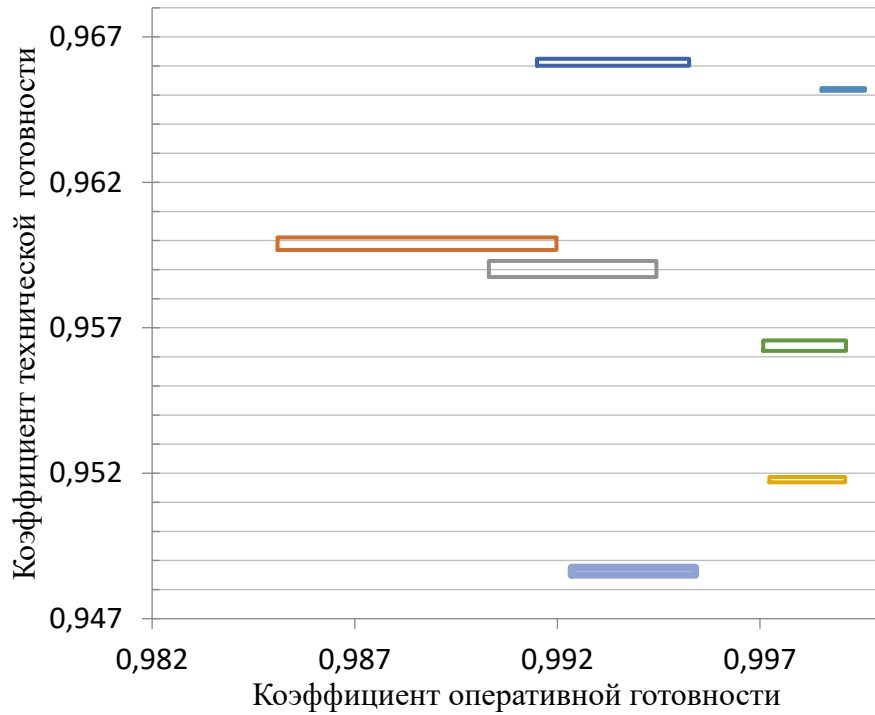


Рисунок 4.17 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений за 2010 год:

Республика Ингушетия; Карачаево-Черкесская Республика;  
 Кабардино-Балкарская Республика; Республика Северная Осетия – Алания;  
 Чеченская Республика; Республика Дагестан; Ставропольский край

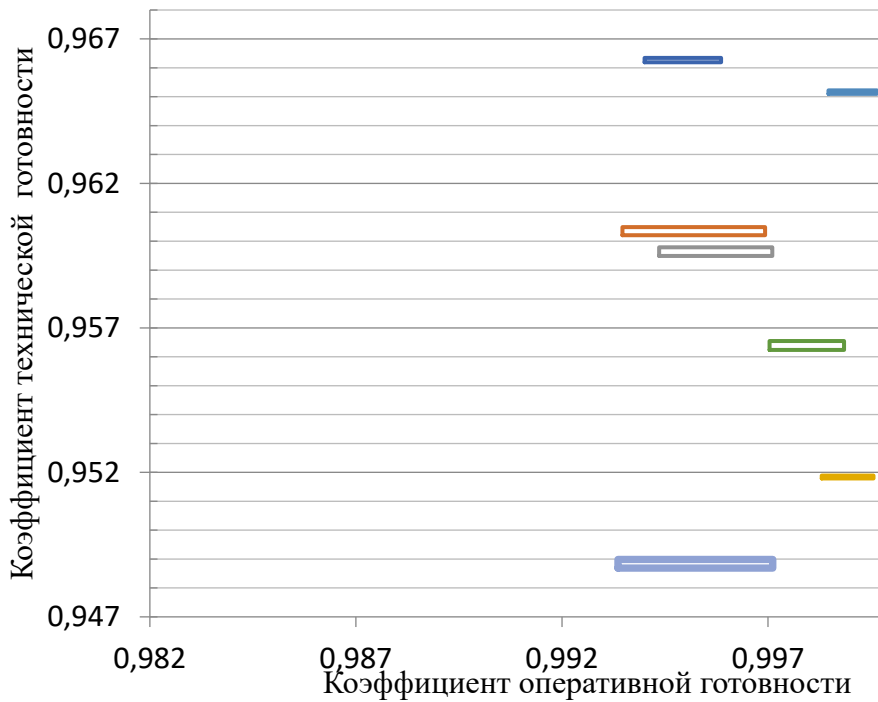


Рисунок 4.18 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений за 2011 год:

Республика Ингушетия; Карачаево-Черкесская Республика;  
 Кабардино-Балкарская Республика; Республика Северная Осетия – Алания;  
 Чеченская Республика; Республика Дагестан; Ставропольский край

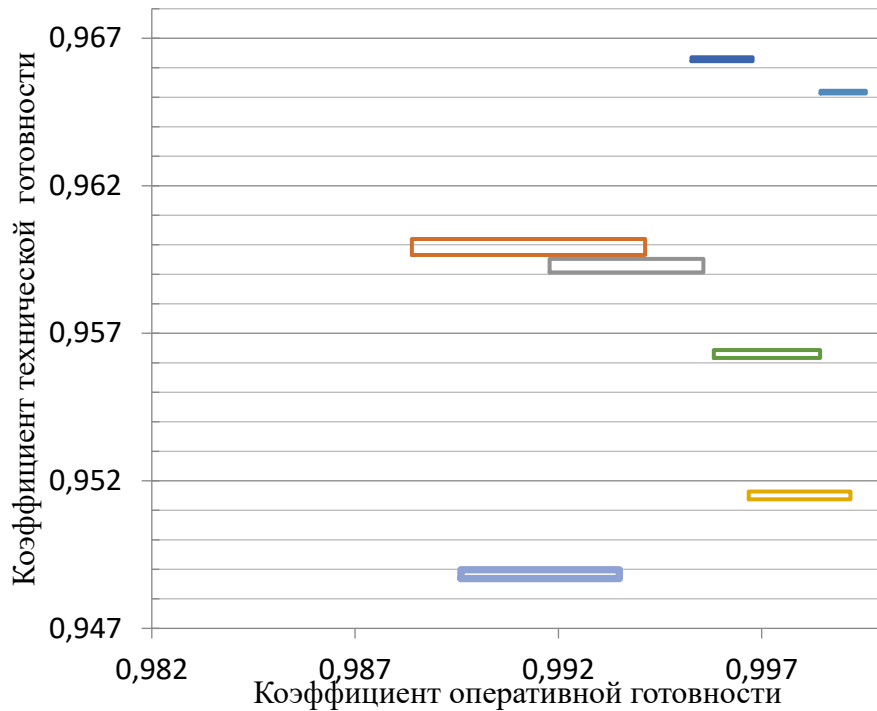


Рисунок 4.19 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений за 2012 год:

Республика Ингушетия; Карачаево-Черкесская Республика;  
 Кабардино-Балкарская Республика; Республика Северная Осетия – Алания;  
 Чеченская Республика; Республика Дагестан; Ставропольский край

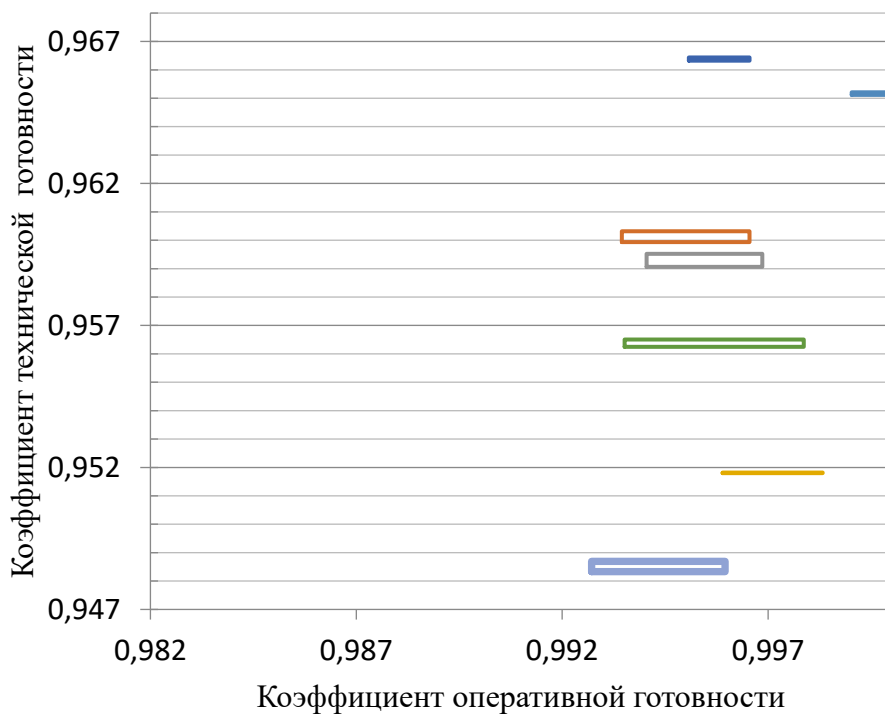


Рисунок 4.20 – Геометрическая интерпретация процедуры принятия решений за 2013 год:

Республика Ингушетия; Карачаево-Черкесская Республика;  
 Кабардино-Балкарская Республика; Республика Северная Осетия – Алания;  
 Чеченская Республика; Республика Дагестан; Ставропольский край



Предлагаемая модель основана на постулатах принятия решений в условиях риска. Это позволяет оценить каждое из конкретных значений  $K_{o.g}$ ,  $K_{т.г}$  и по отдельным альтернативам получить интегральный критерий уровня риска, соответствующий каждому из вариантов принятия решений по переоснащению. Сравнение этого интегрального критерия по отдельным альтернативам позволяет избрать для реализации ту из них, которая приводит к избранной цели.

Таким образом, информационно-аналитическая модель позволяет использовать данные комплексные показатели (критерий оперативной и технической готовности) для ЛПР при ранжировании пожарно-спасательных подразделений в порядке предпочтения для переоснащения парка основных пожарных автомобилей.

Например, ЛПР необходимо уделить внимание в вопросах переоснащения в первую очередь Ставропольскому краю, так как он имеет меньшие интервальные значений критериев оперативной и технической готовности по сравнению с другими субъектами СКФО Российской Федерации.

#### **Выводы по главе 4**

Разработанная информационно-аналитическая модель принятия решений по ранжированию пожарно-спасательных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основными пожарными автомобилями позволит в кратчайшие сроки с использованием основных оперативных данных определить те субъекты РФ, которые нуждаются в первоочередном переоснащении парка ОПА, а затем с помощью существующих имитационных моделей и программ, разработанных научным коллективом Академии ГПС МЧС России под руководством профессора Н.Н. Брушлинского, произвести переоснащение парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных частей, входящих в состав субъекта РФ. Таким образом, разработанная модель является экспресс-моделью, позволяющей с определенной достоверностью выявить те субъекты РФ, переоснащение которых прежде всего нуждается в обновлении парка основных пожарных автомобилей.

## Заключение

В диссертации решены поставленные задачи, достигнута цель, состоящая в разработке критериев оперативной и технической готовности основных ПА для определения оперативно-технической готовности пожарно-спасательных подразделений, а также разработанной модели, служащей информационно-аналитической поддержкой управления переоснащением парка ПА, а именно:

– проведен анализ проблемы принятия решений по переоснащению парка основных ПА территориальных подразделений пожарной охраны. Показано, что оснащение и переоснащение парка основных ПА должно основываться на показателях, характеризующих оперативную и техническую готовность территориальных подразделений пожарной охраны к решению задач пожаротушения;

– для количественной оценки оперативной и технической готовности парка основных ПА территориальных подразделений пожарной охраны разработаны критерии оперативной и технической готовности;

– показано, что для расчета значений критериев оперативной и технической готовности необходимо произвести обработку большого количества данных о процессе функционирования территориальных подразделений пожарной охраны. Для решения данной задачи произведена алгоритмизация и программная реализация процедур расчета значений разработанных критериев;

– предложена информационно-аналитическая модель принятия решений по ранжированию территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения для переоснащения парка основных ПА. Показано практическое применение информационно-аналитической модели на примере переоснащения основными ПА территориальных подразделений пожарной охраны, входящих в СКФО;

– совокупность полученных результатов составляет теоретическую основу для разработки научно-обоснованных процедур принятия решений по оснащению и переоснащению парка основных ПА территориальных подразделений пожарной охраны.

## Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. Закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123 – ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. законов от 10.07.2012 № 117 – ФЗ и от 02.07.2013 № 185 – ФЗ). Доступ из справ. – правовой системы «Консультант – Плюс».
2. Указ Президента РФ от 07 мая 2012 г. № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития вооруженных сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов модернизации оборонно-промышленного комплекса».
3. Инструкция по организации материально – технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утв. приказом МЧС России от 18 сентября 2012 г., № 555. – М.: МЧС России, 2012. – 128 с.
4. ГОСТ 12.2.047. Пожарная техника. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 27 с.
5. Зарубкин, В.А. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП [Текст] / В.А. Зарубкин. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РФ, 1976. – 126 с.
6. Кузнецов, Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст]/ Е.С. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
7. Данилов, Д.Л. Главные компоненты временных рядов: Метод «Гусеница» [Текст] / Д.Л. Данилов, А.А. Жиглявский. – СПб.: СПбГУ, 1997. – 308 с.
8. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

9. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методологи [Текст] / Е.С. Вентцель. – 2-е изд., стер. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
10. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств [Текст]. – Т. 3 / под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: РООИП, 2000. – 456 с.
11. 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.
12. Хасанов, Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей [Текст] / Р. Х. Хасанов. – Оренбург: Транспорт, 2003. – 193 с.
13. 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.
14. Голяндина, Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов: учебное пособие [Текст] / Н.Э. Голяндина. – СПб., 2004. – 76 с.
15. Голяндина, Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA для анализа временных рядов с пропусками [Текст] / Н.Э. Голяндина, Е.В. Осипов // Математические модели. Теория и приложения. – СПб.: НИИХ. – 2005.
16. Михайлов, Д.В. Аутсорсинг. Новая система организации бизнеса: учебное пособие [Текст] / Д.В. Михайлов. – М.: КноРус, 2006. – 256 с.
17. Федеральный закон Российской Федерации от 18 ноября 1994 г. № 69 – ФЗ «О пожарной безопасности».
18. Брушлинский, Н.Н., Войнов, А.Н. Моделирование процесса функционирования противопожарной службы города с учетом неоднородности потока вызовов // Вопросы экономики в пожарной охране. – М.: ВНИИПО, 1978. Вып. 7. – С. 27–30.
19. Из мирового опыта функционирования пожарной охраны: Направления деятельности, параметры реагирования, ресурсное обеспечение / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.В. Бобринев, С.А. Олейник // Пожарная безопасность. – 2004. – № 3. – С. 82–89.

20. Выбор параметров при автоматическом выделении трендовых и периодических составляющих временного ряда в рамках подхода «Гусеница» – SSA [Текст] / Ф.И. Александров, Н.Э. Голяндина / Труды IV Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05. – М.: 2005. – С. 1849–1864.

21. Отечественный опыт расчетного обоснования ресурсов оперативных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации в населенных пунктах [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 61–74.

22. Зарубежный опыт обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. – 2005. – № 2. – С. 74–82.

23. Отечественный опыт нормирования ресурсов оперативных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации в населенных пунктах [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 75–80.

24. Обоснование законов распределения временных характеристик оперативного реагирования подразделений пожарной охраны [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. – 2006. – № 6. – С. 69–79.

25. Обоснование численности и технической оснащённости пожарной охраны, необходимой для тушения пожаров на предприятии [Текст] / А.А. Порошин, В.А. Маштаков, Ю.А. Матюшин и др. // Пожарная безопасность. – 2013. – № 3. – С. 71–78.

26. Определение максимально допустимого расстояния между пожарным депо и объектом предполагаемого пожара при стохастической постановке задачи / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин [Текст] // Пожарная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 103–121.

27. 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.

28. 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, ликвидация. – 2008. – № 2. – С. 31–35.

29. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алехин и др. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2009. – № 1. – С. 11–22.

30. 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.

31. К вопросу о нормативах положенности основной и специальной пожарной техники для городов и населенных пунктов России [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С. В. Соколов // Пожарное дело. – 2009. – № 1. – С. 38–40.

32. Метод модификации векторного критерия в системе поддержки принятия решения при тушении крупного пожара [Электронный ресурс] / Д.В. Тараканов // Технологии техносферной безопасности. – 2010. – № 2 (30). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-2/01-02-10.ttb.pdf> (дата обращения 08.04.2013).

33. Подготовка управленческих решений при предварительном планировании тушения пожара [Текст] / Д.В. Тараканов // Материалы V Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность». Ч. I. – Иваново: Юнона, 2010. – С. 86–89.

34. Марковская модель функционирования автопарка пожарного подразделения [Электронный ресурс] / А.П. Сатин, Ле Тхань Бинь, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 5. Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2012-5/2012-5.html> (дата обращения 11.10.2014).

35. Проектирование размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах с использованием геоинформационных технологий [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов // *Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza*. – 2013. – Т. 31. – С. 81–86.

36. Моделирование показателей надежности автомобильной пожарной техники [Электронный ресурс] / Ю.В. Прус, Ле Тхань Бинь, Е.М. Алехин, В.М. Климовцов/ *Технологии техносферной безопасности*. – 2014. – № 2 (54). Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2014-2/2014-2.html> (дата обращения 08.08.2015).

37. Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России [Электронный ресурс] / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // *Технологии техносферной безопасности*. – 2014. – №6 (58). Режим доступа: [http://agps-2006.narod.ru\\_ttb\\_2014-5\\_39-05-14.ttb.pdf](http://agps-2006.narod.ru_ttb_2014-5_39-05-14.ttb.pdf) (дата обращения 05.04.2016).

38. О распределении Эрланга и некоторых его приложениях [Текст] / Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2014. – № 6 – С. 11–17.

39. Методика оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов СКФО МЧС России [Текст] / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. – 2015. – № 3 – С. 31–35.

40. Метод анализа готовности подразделений к решению задач по предназначению для принятия решений по переоснащению подразделений МЧС России [Текст] / С.А. Шкунов // *Сборник тезисов 24-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2015»*. – 2015. – М.: Академия ГПС МЧС России – С. 241–243.

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

42. Анализ выездов пожарной охраны [Текст]/ А.П. Чуприян, А.В. Матюшин, А.А. Порошин и др. // *Материалы XXVII Международной*



научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России «Актуальные проблемы пожарной безопасности». В 3 частях. – М., 2015. – С. 174–183.

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

44. Определение скорости следования пожарных подразделений к месту пожара в городе [Текст]/ А.В. Матюшин, Нго Куанг Тоан // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 3 (61). – С. 28–33.

45. Международная пожарная статистика Международной ассоциации пожарно – спасательных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 1 (18). – С. 71–103.

46. Larson, R.C. Improving the effectiveness of New City 911 [Текст] / A. Drake, R. Keeney, P. Morse (Eds.) // Analysis of public systems. M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1972, pp. 152–180.

47. Blum, E., Hagan, J. Technology aids fire service nations cities [Текст] // Rand Inst., 1972, 4872 p.

48. Blum, E. H. Deployment research of the New York City fire project [Текст] // Urban Anal., no. 1, 1972, pp. 63–94.

49. Garter, G.M. A simulation model of the New-York city fire department: Its use as a deployment tool [Текст] // Proc. Of the Winner simulation conf. ACM, 1973.

50. Kolesar, P. Model for predicting average fire engine travel times [Текст] // Operations Res., Vol. 23, no. 4, 1975, pp. 603–613.

51. Broomhead, D.S., and G. P. King. On the qualitative analysis of experimental dynamical systems [Текст]. Nonlinear Phenomena and Chaos, S. Sarkar (Ed.), Adam Hilger, Bristol, 1986, pp. 113–144.

52. Elsner, J.B. and Tsonis, A.A. Singular Spectrum Analysis [Текст]. A New Tool in Time Series Analysis, Plenum Press, 1996, 164 p.

53. Brushlinsky, N.N., Hall, J.R., Sokolov, S.V., Wagner, P. World fire statistics [Текст] // СТИФ, report, no. 18, 2013, 39 p.
54. Замков, О.О., Толстопятенко, А.В., Черемных, Ю.Н. Математические методы в экономике: учебник [Текст] / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1997. – 368 с.
55. Топольский, Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов [Текст]. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – 165 с.
56. Хинчин, А.Я. Математическая теория стационарной очереди [Текст] / А. Я. Хинчин // Работы по математической теории массового обслуживания. – М.: Физматлит, 1963. – 236 с.
57. Автоматизированные информационные технологии в экономике: учебник для студ. вузов [Текст] / М.И. Семенов, И.Т. Трубилин, В.И. Лойко и др.; под ред. И.Т. Трубилина. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.
58. Емельянов, А.А. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст] / А. А. Емельянов. – М.: Финансы и статистика. – 2000. – 268 с.
59. Емельянов, А.А., Власова, Е.А. Имитационное моделирование в экономических информационных системах [Текст] / А. А. Емельянов, Е. А. Власова. – М.: МЭСИ, 1996. – 108 с.
60. Имитационные системы принятия экономических решений [Текст]/ К.А. Багриновский, Т.И. Конник, М.Р. Ливенсон и др. – М.: Наука, 1989. – 253 с.
61. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Текст] / Н.Б. Кобелев. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
62. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е. С. Вентцель. – 2-е изд., стер. – М.: Наука., 1988. – 208 с.
63. Оптимизационные методы управления ресурсами пожарных подразделений: монография [Текст] / А.П. Сатин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 155 с.

64. Белкин, Н.В., Степанов, В.И., Титаренко, Г.А. Автоматизированные системы материально-технического снабжения [Текст] / Н. В. Белкин, В. И. Степанов, Г. А. Титаренко. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 176 с.
65. Беллман, Р. Динамическое программирование [Текст] / Р. Беллман, С. Дрейфус; пер. с англ. Н.М. Митрофановой [и др.]; под ред. А.А. Первозванского. – М.: Наука, 1965. – 458 с.
66. Бродецкий, Г.Л., Токарева, Е.В. Модификация экономического размера заказа при управлении запасами для предприятий мясоперерабатывающей отрасли [Текст] / Г.Л. Бродецкий, Е.В. Токарева // Логистика и управление цепями поставок. –2008. – № 3 (26). – С. 49–61.
67. Брушлинский, Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы [Текст] / Н. Н. Брушлинский. – М.: Стройиздат. 1981. – 96 с.
68. Букан, Д.Ф., Кенигсберг, Э. Научное управление запасами [Текст] / Д.Ф. Букан, Э. Кенигсберг; пер. с англ. Е.Г. Коваленко; под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1967. – 423 с.
69. Двуреченский, В.А., Пицик, В.В. Модели в задачах управления тыловым обеспечением: монография [Текст] / В.А. Двуреченский, В.В. Пицик. – М.: Филиал Воениздата, 2007. – 200 с.
70. Исследование систем управления: учеб. пособие для вузов [Текст] / Н.И. Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, Ф.Ю. Чанхиева. – М.: Приор, 2002. – 384 с.
71. Карташев, А.В. Количественные методы оптимизации номенклатуры предметов снабжения [Текст] / А.В. Карташев. – М.: Академия оборонных отраслей промышленности, 1997. – 346 с.
72. Каталогизация предметов снабжения в процессе заказа: учеб. пособие [Текст] / А.Е. Давыдов, А.А. Рахманов и др.; под ред. Е.А. Давыдова – М.: Академия оборонных отраслей промышленности, 1997. – 216 с.
73. Лукинский, В.В. Управление запасами в цепях поставок: оптимальный размер заказа: монография [Текст] / В.В. Лукинский. – Ставрополь: Сев. Кав. ГТУ, 2007. – 118 с.

74. Мазо, Н.И. Организационная структура управления материально-техническим снабжением [Текст] / Н. И. Мазо. – М.: ИПК, 1980. – 80 с.

75. Сатин, А.П. Некоторые пути материально – технического обеспечения государственного пожарного надзора [Текст] / А.П. Сатин // Материалы шестнадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности – 2007». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – С. 195–197.

76. Сатин, А.П. Оценка риска при материально-техническом обеспечении МЧС России [Текст] / А.П. Сатин // Материалы семнадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности – 2008». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. – С. 109–111.

77. Сатин, А.П. Некоторые пути решения проблем материально – технического обеспечения [Текст] / А.П. Сатин // Тезисы докладов XXI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – Ч. 2. – С. 377–379.

78. Сатин, А.П. Логистическая деятельность при материально-техническом обеспечении МЧС России [Текст] / А.П. Сатин; под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы // Труды XVII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: РГТУ, 2009. – С. 72–75.

79. Сатин, А.П. Функции и задачи материально – технического обеспечения МЧС России в современных условиях // Материалы восемнадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности – 2009». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – С. 89–92.

80. Сатин, А.П. Модели распределения ресурсов в системах материально-технического обеспечения пожарно-спасательных формирований [Текст] / А.П. Сатин; под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы // Труды XVIII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: РГТУ, 2010. – С. 136–138.

81. 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. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-1/10-01-10.ttb.pdf> (дата обращения 05.04.2013).

82. Тетерин, И.М., Топольский, Н.Г., Сатин, А.П. и др. Автоматизированные системы управления пожарно-техническими ресурсами при чрезвычайных ситуациях в мирное и военное время [Текст] / И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, А.П. Сатин // Научно-технический сборник статей по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям. – Вып. 14. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2009. – С. 43–58.

83. Тетерин, И.М., Топольский, Н.Г., Сатин, А.П. Информационные технологии управления материально-техническими ресурсами [Текст] / И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, А.П. Сатин // Технологии гражданской безопасности. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2010. – С. 119–124.

84. Топольский, Н.Г., Климовцов, В.М. Функции и задачи мобильной информационной системы поддержки принятия решений в деятельности оперативных служб [Текст] / Н.Г. Топольский, В.М. Климовцов // Материалы Международной научно-технической школы-конференции «Молодые ученые – науке, технологиям и профессиональному образованию». – М.: МИРЭА, 2003. – С. 311–312.

85. Топольский, Н.Г., Таранцев, А.А., Исайкин, Ф.А. Выбор пожарной техники по многим критериям [Текст] / Н.Г. Топольский, А.А. Таранцев, Ф.А. Исайкин // Материалы научно-практической конференции «Современные проблемы тушения пожаров». – М.: МИПБ МВД России, 1999. – С. 191–192.

86. Топольский, Н.Г., Симаков, В.В., Сатин, А.П. Совершенствование материально-технического обеспечения МЧС России с использованием современных информационных технологий [Текст] / Н.Г. Топольский, В.В. Симаков, А.П. Сатин // Материалы научно-технической конференции

«Системы безопасности – 2006». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. – С. 67–69.

87. Топольский, Н.Г., Сатин, А.П. Совершенствование системы материально-технического обеспечения на основе современных информационных технологий [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, А.П. Сатин // Технологии техносферной безопасности. – 2007. – № 3. Режим доступа: [agps-2006.narod.ru/ttb/2007-3/08-03-07.ttb.pdf](http://agps-2006.narod.ru/ttb/2007-3/08-03-07.ttb.pdf) (дата обращения 09.05.2015).

88. Пранов, Б.М. Оценка сложности задачи оптимального размещения ресурсов [Текст] Б.М. Пранов // Материалы научно.-практической конференции «Пожарная безопасность – 97». – М.: МИПБ МВД России, 1997. – С. 162.

89. Организация и планирование материально-технического снабжения и сбыта в народном хозяйстве [Текст] / М.И. Брагинский, П.П. Карпов, В.М. Лагуткин и др.; под ред. В.М. Лагуткина и А.А. Якоби. – М.: Металлургия, 1977. – 383 с.

90. Ефимов, В.М. Анализ и прогноз временных рядов методом главных компонент [Текст] / В.М. Ефимов, Ю.К. Галактионов, Н.Ф. Шушпанова – Новосибирск: Наука, 1988. – 70 с.

91. Расчет параметров потоков вызовов подразделений для выполнения аварийно-спасательных работ в чрезвычайных ситуациях и тушении пожаров [Текст] / В.В. Роечко, К.Н. Степанов, Г.А. Королев, И.О. Омельченко // Материалы 3-й Международной конференции «Информатизация систем безопасности – 94». – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1994. – С. 90.

92. Storbeck, J., Vohra, R. A simple tradeoff model for maximal and multiple coverage [Текст]. Geographical analysis, 1988, no. 20, pp. 220–230.

93. Совершенствование организации и управления пожарной охраной [Текст] / под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.

94. Kirkwood, S. Uncharted technology [Текст]. Fire Chief, December, 1998, pp. 34–38.

95. Колчаков, Р. Возможности геоинформационных технологий [Текст] / Р. Колчаков // Пожарное дело. – 1998 – № 2. – С. 52–53.

96. Макаров, Р.М., Павлов, С.В. Применение геоинформационных технологий в деятельности ГПС республики Башкортостан [Текст] / Р.М. Макаров, С.В. Павлов // Пожарная безопасность, информатика и техника. – 1997. – № 1. – С. 98–102.

97. Алешков, М.В. Разработка региональной системы оснащения территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского федерального округа МЧС России [Текст]: Отчет о НИР / М.В. Алешков, В.А. Сулименко, А.Д. Ищенко, С.В. Соколов, И.А. Вотченко и др. – В 2-х ч. Ч. 2. – М: Академия государственной противопожарной службы МЧС России, 2015. – 270 с.

98. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 280 с.

99. Брушлинский, Н.Н., Соболев, Н.Н. Оценка эффективности различных вариантов распределения оперативных отделений по городским пожарным частям [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Стационарные и передвижные средства борьбы с пожарами. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. – С. 77–83.

100. Михалевич, В.С., Кукса, А.И. Методы последовательной оптимизации в дискретных задачах оптимального распределения ресурсов [Текст] / В.С. Михалевич, А.И. Кукса. – М.: Наука, 1983. – 208 с.

101. Crude tank fire in walls [Текст]. Hazardous Cargo Bulletin. 1983, no. 4, p. 9.

102. Dosne, R. Saint-Herblainen infer [Текст]. Facerisque. 1992, no. 279, pp. 49–53.

103. Янг, С. Системное управление организацией [Текст] / С. Янг; пер. с англ. Э.А. Антонова, А.В. Горбунова, Г.И. Шепелева; под ред. С.П. Никанорова, С.А. Батасова. – М.: Советское радио, 1972. – 454 с.

104. Брушлинский, Н.Н., Соболев, Н.Н. Математическая модель оперативной деятельности пожарной охраны города [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Стационарные и передвижные средства борьбы с пожарами – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. – С. 63–76.

105. Пранов, Б.М. О моделях оптимального размещения ресурсов пожарной охраны [Текст] / Б.М. Пранов // Опасные факторы пожара и противопожарная защита. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989. – С. 197–200.

106. Новиков, Д.А. Management in organizations: collective decision-making [Текст] / Д.А. Новиков, М.В. Губко. Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Systems Engineering. Coventry, 2004, vol. 2, pp. 515–519. (соавтор –М.В. Губко).

107. John, B. Sachen. Flammable liquid releases from MC-306 tankers: an overview [Текст]. Fire Engineering. 1992, no. 2, pp. 51–57.

108. Kumar, A. Sushil. Hazards on wheels pose problems in India [Текст]. Fire International. 1987, no. 106, pp. 42–43, 47, 49.

109. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2013 года [Текст]. – М.: Федеральная служба государственной статистики Росстат, 2013. – 528 с.

110. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков, чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация. Южный Федеральный округ [Текст] / под общ. ред. С.К. Шойгу. – М.: Дизайн. Информация. Картография, 2007. – 384 с.

111. Решение коллегии от 06 февраля 2013 г. № 1/V «Об утверждении плана материально-технического обеспечения системы МЧС России на 2013 год».

112. Планы МТО в МЧС России на 2011–2016 гг.

113. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети [Текст] / Т.Л. Саати. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

114. Приказ МЧС России от 15 октября 1997 г. № 614 «Об утверждении Инструкции по проверке и оценке состояния вооружения и техники в соединениях, воинских частях гражданской обороны, подведомственных МЧС России учреждениях и предприятиях».

115. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский. –М.: МИПБ МВД России, 1998. – 225 с.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Перечень используемых аббревиатур и сокращений**

АСОД – автоматизированные системы обработки данных

ГДЗС – газодымозащитная служба

ГПС – государственная противопожарная служба

ГУ – главное управление

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

КУП – карточка учета пожара

ЛПР – лицо, принимающее решение

ОПА – основной пожарный автомобиль

ОТЗ – организационно-тактическая задача

ПА – пожарный автомобиль

ПКУ – природно-климатические условия

ППС – противопожарная служба

ПСП – пожарно-спасательные подразделения

ПСЧ – пожарно-спасательная часть

СКФО – Северо-Кавказский федеральный округ

СПА – специальный пожарный автомобиль

ФГБУ ВНИИПО – Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны»

ФПС – федеральная противопожарная служба

ЧС – чрезвычайная ситуация

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ЭиАСС – экстренные и аварийно-спасательные службы

## Перечень исходных данных для реализации экспресс-метода

Таблица 2.1п – Опорная карта сбора информации

Позиция КУП	Наименование данных	Форма представления	Размерность/Тип шкалы измерения	Интервал
1	Субъект Российской Федерации			
2	Код органа (района, населенного пункта) – составителя карточки			
4	Тип (пожара, загорания)			
5	Дата возникновения пожара (дд/мм/гг)			
11	Тип предприятия, организации, учреждения			
13	Этажность здания			
14	Этаж, на котором возник пожар			
15	Степень огнестойкости			
20	Причина пожара			
25	Расстояние до пожарной части			
33	Площадь поэтажной площади			
45	Время обнаружения			
46	Время сообщения			
47	Время прибытия 1-го пожарного подразделения			
48	Время подачи первого ствола			
49	Время локализации			
50	Время ликвидации открытого горения			

**Окончание таблицы 2.1п**

51	Время ликвидации последствий пожара			
52	Дата ликвидации (дд/мм/гг)			
53	Условия, способствующие развитию пожара			
54	Участники тушения пожара			
55	Техника, использованная при тушении пожара			
56	Количество			
57	Подано пожарных стволов на тушение пожара			
58	Количество			
59	Огнетушащие средства			
62	Водоснабжение на пожаре			

*Примечание* – данные можно оформить в электронном виде в виде таблиц MSExcel (5 листов: 1 – данные за 2009 год; 2 – данные за 2010 год; 3 – данные за 2011 год; 4 – данные за 2012 год; 5 – данные за 2013 год)

## Приложение В

### Результаты интервального анализа данных о занятости основных пожарных автомобилей

**Таблица 3.1п – Распределение среднего времени работы ПА в день (S, мин) в ГУ МЧС России за 2013 г. по закону Пуассона**

Коэффициент времени работы ПА в интервальном значении	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	Среднее значение
Приморский край	[449;22156]	[449;18821]	[449;14413]	[449;11078]	[449;7743]	[449;3335]	4811
Хабаровский край	[201;9896]	[201;8406]	[201;6437]	[201;4948]	[201;3458]	[201;1489]	2149
Амурская область	[16;5809]	[16;4934]	[16;3779]	[16;2904]	[16;2030]	[16;874]	1261
Камчатский край	[15;3900]	[15;3313]	[15;2537]	[15;1950]	[15;1363]	[15;587]	847
Магаданская область	[13;1417]	[13;1204]	[13;922]	[13;709]	[13;495]	[13;213]	308
Сахалинская область	[47;4566]	[47;3879]	[47;2970]	[47;2283]	[47;1596]	[47;687]	991
Чукотский автономный округ	[9;627]	[9;533]	[9;408]	[9;314]	[9;219]	[9;94]	136
Республика Саха	[24;8419]	[24;7152]	[24;5477]	[24;4209]	[24;2942]	[24;1267]	1828
Еврейская автономная область	[7;1562]	[7;1327]	[7;1016]	[7;781]	[7;546]	[7;235]	339
Нижегородская область	[287;14787]	[287;12561]	[287;9619]	[287;7393]	[287;5168]	[287;2226]	3210
Кировская область	[17;4640]	[17;3941]	[17;3018]	[17;2320]	[17;1621]	[17;698]	1007
Самарская область	[290;14019]	[290;11909]	[290;9120]	[290;7010]	[290;4899]	[290;2110]	3044
Оренбургская область	[29;10179]	[29;8647]	[29;6621]	[29;5089]	[29;3557]	[29;1532]	2210
Пензенская область	[94;9218]	[94;7830]	[94;5996]	[94;4609]	[94;3221]	[94;387]	1334
Пермский край	[164;14337]	[164;12179]	[164;9326]	[164;7168]	[164;5010]	[164;2158]	3113
Саратовская область	[179;7103]	[179;6034]	[179;4621]	[179;3552]	[179;2483]	[179;1069]	1542
Ульяновская область	[62;11297]	[62;9597]	[62;7349]	[62;5649]	[62;3948]	[62;1700]	2453
Республика Башкортостан	[379;10903]	[379;9262]	[379;7092]	[379;5451]	[379;3810]	[379;1641]	2367
Республика Марий Эл	[16;2431]	[16;2065]	[16;1582]	[16;1216]	[16;850]	[16;366]	528
Республика Мордовия	[6;2529]	[6;2149]	[6;1645]	[6;1265]	[6;884]	[6;381]	549
Республика Татарстан	[43;6814]	[43;5788]	[43;4432]	[43;3407]	[43;2381]	[43;1026]	1480
Республика Удмуртия	[19;3635]	[19;3088]	[19;2364]	[19;1817]	[19;1270]	[19;547]	789
Чувашская республика	[19;3640]	[19;3092]	[19;2368]	[19;1820]	[19;1272]	[19;548]	790
Ненецкий автономный округ	[20;1143]	[20;971]	[20;744]	[20;572]	[20;400]	[20;172]	248
г. Санкт-Петербург	[666;14711]	[666;12497]	[666;9570]	[666;7356]	[666;5141]	[666;2214]	3195

Продолжение таблицы 3.1п

Архангельская область	[28;7850]	[28;6668]	[28;5106]	[28;3925]	[28;2743]	[28;1181]	1705
Вологодская область	[37;8746]	[37;7429]	[37;5689]	[37;4373]	[37;3057]	[37;1316]	1899
Калининградская область	[27;4833]	[27;4105]	[27;3144]	[27;2416]	[27;1689]	[27;727]	1049
Ленинградская область	[333;10109]	[333;8587]	[333;6576]	[333;5054]	[333;3533]	[333;1522]	2195
Мурманская область	[21;5142]	[21;4368]	[21;3345]	[21;2571]	[21;1797]	[21;774]	1117
Новгородская область	[29;6912]	[29;5872]	[29;4497]	[29;3456]	[29;2416]	[29;1040]	1501
Нижегородская область	[20;5431]	[20;4613]	[20;3533]	[20;2715]	[20;1898]	[20;817]	1179
Республика Карелия	[28;4063]	[28;46403451]	[28;2643]	[28;2031]	[28;1420]	[28;612]	882
Республика Коми	[42;8300]	[42;7051]	[42;5399]	[42;4150]	[42;2901]	[42;1249]	1802
Ставропольский край	[70;7453]	[70;6331]	[70;4848]	[70;3726]	[70;2605]	[70;1122]	1618
Республика Ингушетия	[14;593]	[14;503]	[14;3853]	[14;296]	[14;207]	[14;89]	129
Республика Дагестан	[14;593]	[14;503]	[14;3853]	[14;296]	[14;207]	[14;89]	429
Кабардино-Балкарская республика	[6;1327]	[6;1127]	[6;863]	[6;663]	[6;464]	[6;200]	288
Республика Северная Осетия – Алания	[6;1633]	[6;1387]	[6;1062]	[6;816]	[6;571]	[6;246]	355
Караачаево-Черкесская республика	[5;860]	[5;731]	[5;560]	[5;430]	[5;301]	[5;129]	187
Чеченская республика	[18;1828]	[18;1553]	[18;1189]	[18;914]	[18;639]	[18;275]	397
Алтайский край	[105;8501]	[105;7221]	[105;5530]	[105;4250]	[105;2971]	[105;1280]	1846
Красноярский край	[541;15050]	[541;12785]	[541;9791]	[541;7525]	[541;5260]	[541;2265]	3268
Иркутская область	[833;19580]	[833;16633]	[833;12737]	[833;9790]	[833;6843]	[833;2947]	4252
Кемеровская область	[161;5604]	[161;4760]	[161;3645]	[161;2802]	[161;1958]	[161;843]	1217
Новосибирская область	[249;10454]	[249;8880]	[249;6800]	[249;5227]	[249;3653]	[249;1573]	2270
Омская область	[48;9009]	[48;7653]	[48;5861]	[48;4505]	[48;3149]	[48;1356]	1956
Томская область	[51;3053]	[51;2593]	[51;1986]	[51;1526]	[51;1067]	[51;459]	663
Забайкальский край	[32;5925]	[32;5033]	[32;3854]	[32;2963]	[32;2071]	[32;892]	1287
Республика Бурятия	[94;9218]	[94;7830]	[94;5996]	[94;4609]	[94;3221]	[94;387]	890
Республика Алтай	[2;940]	[2;799]	[2;612]	[2;470]	[2;329]	[2;142]	204
Республика Тыва	[14;1381]	[14;1173]	[14;898]	[14;690]	[14;483]	[14;208]	300
Республика Хакасия	[4;2432]	[4;2066]	[4;1582]	[4;1216]	[4;850]	[4;366]	528
Челябинская область	[440;23232]	[440;19735]	[440;15113]	[440;11616]	[440;8119]	[440;3497]	5045
Тюменская область	[47;4134]	[47;3512]	[47;2690]	[47;2067]	[47;1445]	[47;622]	898
Свердловская область	[646;17524]	[646;14886]	[646;11399]	[646;8762]	[646;6124]	[646;2638]	3805
Курганская область	[24;5941]	[24;5097]	[24;3865]	[24;2971]	[24;2076]	[24;894]	1290
ЯНАО	[15;2468]	[15;2097]	[15;1606]	[15;1234]	[15;863]	[15;372]	536

Окончание таблицы 3.1п

Югра	[22;11073]	[22;9406]	[22;7203]	[22;5537]	[22;3870]	[22;1667]	2404
Белгородская область	[18;2321]	[18;1972]	[18;1510]	[18;1161]	[18;811]	[18;349]	504
Брянская область	[84;5401]	[84;4588]	[84;3513]	[84;2700]	[84;1887]	[84;813]	1173
Владимирская область	[94;9218]	[94;7830]	[94;5996]	[94;4609]	[94;3221]	[94;387]	2002
Воронежская область	[152;11700]	[152;9939]	[152;7611]	[152;5850]	[152;4089]	[152;1761]	2541
Ивановская область	[12;6266]	[12;5323]	[12;4076]	[12;3133]	[12;2190]	[12;943]	1361
Тверская область	[56;5403]	[56;4590]	[56;3515]	[56;2702]	[56;1888]	[56;813]	1173
Калужская область	[16;3086]	[16;2622]	[16;2008]	[16;1543]	[16;1079]	[16;464]	670
Костромская область	[32;4035]	[32;3428]	[32;2625]	[32;2018]	[32;1410]	[32;607]	876
Курская область	[15;1882]	[15;1599]	[15;1224]	[15;941]	[15;658]	[15;283]	409
Липецкая область	[21;2064]	[21;1753]	[21;1343]	[21;1032]	[21;721]	[21;311]	448
г. Москва	[561;9979]	[561;8477]	[561;6491]	[561;4989]	[561;3487]	[561;1502]	2167
Московская область	[2308;46466]	[2308;39472]	[2308;30227]	[2308;23233]	[2308;16239]	[2308;6994]	10090
Орловская область	[19;4638]	[19;3940]	[19;3017]	[19;2319]	[19;1621]	[19;698]	1007
Рязанская область	[33;5197]	[33;4415]	[33;3381]	[33;2581]	[33;1816]	[33;782]	1128
Смоленская область	[3;5466]	[3;4644]	[3;3556]	[3;2733]	[3;1910]	[3;823]	1187
Тамбовская область	[15;4609]	[15;3915]	[15;2998]	[15;2305]	[15;1611]	[15;694]	1001
Тульская область	[18;7132]	[18;6058]	[18;4639]	[18;3566]	[18;2492]	[23;1073]	1549
Ярославская область	[18;6591]	[18;5599]	[18;4287]	[18;3295]	[18;2303]	[18;992]	1431
Республика Калмыкия	[14;614]	[14;522]	[14;400]	[14;307]	[14;215]	[14;92]	133
Республика Адыгея	[17;1289]	[17;1095]	[17;838]	[17;644]	[17;450]	[17;194]	279
Ростовская область	[136;10342]	[136;8785]	[136;6727]	[136;5171]	[136;3614]	[136;1557]	2246
Волгоградская область	[61;10649]	[61;9046]	[61;6928]	[61;5325]	[61;3722]	[61;1603]	4811
Астраханская область	[16;3140]	[16;2667]	[16;2042]	[16;1570]	[16;1097]	[16;473]	682
Краснодарский край	[525;19965]	[525;16960]	[525;12987]	[525;9982]	[525;6977]	[525;3005]	4335

Таблица 3.2л – Коэффициент оперативной готовности (К<sub>о.г.</sub>) ПА в ГУ МЧС России за 2013 год

Коэффициент оперативной готовности ПА в интервальном значении	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5
Приморский край	[0,894615;0,997864]	[0,910477;0,997864]	[0,931445;0,997864]	[0,947307;0,997864]	[0,963169;0,997864]	[0,984138;0,997864]
Хабаровский край	[0,89744;0,997917]	[0,912873;0,997917]	[0,933282;0,997917]	[0,948725;0,997917]	[0,964158;0,997917]	[0,984567;0,997917]
Амурская область	[0,956155;0,999879]	[0,962755;0,999879]	[0,971478;0,999879]	[0,978078;0,999879]	[0,984677;0,999879]	[0,993401;0,999879]
Камчатский край	[0,944733;0,999787]	[0,953052;0,999787]	[0,964048;0,999787]	[0,972367;0,999787]	[0,980685;0,999787]	[0,991682;0,999787]
Магаданская область	[0,983867;0,999852]	[0,986295;0,999852]	[0,989505;0,999852]	[0,991934;0,999852]	[0,994362;0,999852]	[0,997572;0,999852]
Сахалинская область	[0,94235;0,999407]	[0,951027;0,999407]	[0,962498;0,999407]	[0,971175;0,999407]	[0,979852;0,999407]	[0,991323;0,999407]
Чукотский автономный округ	[0,984983;0,999784]	[0,987244;0,999784]	[0,990232;0,999784]	[0,992492;0,999784]	[0,994752;0,999784]	[0,99774;0,999784]
Республика Саха	[0,91274;0,999751]	[0,925874;0,999751]	[0,943236;0,999751]	[0,95637;0,999751]	[0,969504;0,999751]	[0,986866;0,999751]
Еврейская автономная область	[0,952843;0,999789]	[0,959941;0,999789]	[0,969324;0,999789]	[0,976421;0,999789]	[0,983519;0,999789]	[0,992902;0,999789]
Нижегородская область	[0,967193;0,999363]	[0,972131;0,999948]	[0,978659;0,999363]	[0,983597;0,999363]	[0,988534;0,999363]	[0,995062;0,999363]
Кировская область	[0,983562;0,99994]	[0,986036;0,99994]	[0,989307;0,99994]	[0,991781;0,99994]	[0,994255;0,99994]	[0,997526;0,99994]
Самарская область	[0,932859;0,998611]	[0,942965;0,998611]	[0,956324;0,998611]	[0,966429;0,998611]	[0,976535;0,998611]	[0,989894;0,998611]
Оренбургская область	[0,961374;0,99989]	[0,967188;0,99989]	[0,974873;0,99989]	[0,980687;0,99989]	[0,986501;0,99989]	[0,994186;0,99989]
Пензенская область	[0,96641;0,999918]	[0,971466;0,999918]	[0,97815;0,999918]	[0,983205;0,999918]	[0,988261;0,999918]	[0,994944;0,999918]
Пермский край	[0,961411;0,999559]	[0,967219;0,999559]	[0,974897;0,999559]	[0,980706;0,999559]	[0,986514;0,999559]	[0,994192;0,999559]
Саратовская область	[0,975819;0,999391]	[0,979459;0,999391]	[0,98427;0,999391]	[0,98791;0,999391]	[0,991549;0,999391]	[0,99636;0,999391]



Продолжение таблицы 3.2п

Ульяновская область	[0,940113;0,999671]	[0,949126;0,999671]	[0,961042;0,999671]	[0,970056;0,999671]	[0,97907;0,999671]	[0,990986;0,999671]
Республика Башкортостан	[0,973711;0,999086]	[0,977668;0,999086]	[0,982899;0,999086]	[0,986856;0,999086]	[0,990812;0,999086]	[0,996043;0,999086]
Республика Марий Эл	[0,974418;0,999832]	[0,978268;0,999832]	[0,983358;0,999832]	[0,987209;0,999832]	[0,991059;0,999832]	[0,996149;0,999832]
Республика Мордовия	[0,980483;0,999954]	[0,98342;0,999954]	[0,987304;0,999954]	[0,990241;0,999954]	[0,993179;0,999954]	[0,997062;0,999954]
Республика Татарстан	[0,978686;0,999865]	[0,981894;0,999865]	[0,986135;0,999865]	[0,989343;0,999865]	[0,992551;0,999865]	[0,996792;0,999865]
Республика Удмуртия	[0,982225;0,999907]	[0,984901;0,999907]	[0,988437;0,999907]	[0,991113;0,999907]	[0,993788;0,999907]	[0,997325;0,999907]
Чувашская республика	[0,976598;0,999878]	[0,98012;0,999878]	[0,984776;0,999878]	[0,988299;0,999878]	[0,991821;0,999878]	[0,996478;0,999878]
Ненецкий автономный округ	[0,920613;0,998611]	[0,932562;0,998611]	[0,948357;0,998611]	[0,960306;0,998611]	[0,972255;0,998611]	[0,988051;0,998611]
г. Санкт-Петербург	[0,94623;0,997566]	[0,954323;0,997566]	[0,965022;0,997566]	[0,973115;0,997566]	[0,981208;0,997566]	[0,991907;0,997566]
Архангельская область	[0,916136;0,999701]	[0,928759;0,999701]	[0,945445;0,999701]	[0,958068;0,999701]	[0,970691;0,999701]	[0,987377;0,999701]
Вологодская область	[0,955342;0,999811]	[0,962064;0,999811]	[0,970949;0,999811]	[0,977671;0,999811]	[0,984393;0,999811]	[0,99328;0,999811]
Калининградская область	[0,973574;0,999852]	[0,977551;0,999852]	[0,982809;0,999852]	[0,986787;0,999852]	[0,990764;0,999852]	[0,996022;0,999852]
Ленинградская область	[0,92763;0,997616]	[0,938523;0,997616]	[0,952922;0,997616]	[0,963815;0,997616]	[0,974708;0,997616]	[0,989107;0,997616]
Мурманская область	[0,910726;0,999635]	[0,924163;0,999635]	[0,941926;0,999635]	[0,955363;0,999635]	[0,9688;0,999635]	[0,986563;0,999635]
Новгородская область	[0,907689;0,999613]	[0,921583;0,999613]	[0,93995;0,999613]	[0,953845;0,999613]	[0,967739;0,999613]	[0,986106;0,999613]
Псковская область	[0,959447;0,999851]	[0,965551;0,999851]	[0,97362;0,999851]	[0,979724;0,999851]	[0,985827;0,999851]	[0,993896;0,999851]
Республика Коми	[0,961317;0,999804]	[0,96714;0,999804]	[0,974836;0,999804]	[0,980659;0,999804]	[0,986481;0,999804]	[0,994178;0,999804]
Республика Карелия	[0,964731;0,999757]	[0,970039;0,999757]	[0,977057;0,999757]	[0,982365;0,999757]	[0,987674;0,999757]	[0,994691;0,999757]
Ставропольский край	[0,969376;0,999712]	[0,973985;0,999712]	[0,980079;0,999712]	[0,984688;0,999712]	[0,989297;0,999712]	[0,995391;0,999712]

Продолжение таблицы 3.2п

Республика Ингушетия	[0,988878;0,999737]	[0,990552;0,999737]	[0,992765;0,999737]	[0,994439;0,999737]	[0,996113;0,999737]	[0,998326;0,999737]
Республика Дагестан	[0,997565;0,996952]	[0,997565;0,99741]	[0,997565;0,998017]	[0,997565;0,998476]	[0,997565;0,998935]	[0,997565;0,999541]
Кабардино-Балкарская республика	[0,982935;0,999923]	[0,985503;0,999923]	[0,988899;0,999923]	[0,991467;0,999923]	[0,994036;0,999923]	[0,997431;0,999923]
Республика Северная Осетия – Алания	[0,982935;0,999923]	[0,985503;0,999923]	[0,988899;0,999923]	[0,991467;0,999923]	[0,994036;0,999923]	[0,997431;0,999923]
Караево-Черкесская республика	[0,985779;0,999917]	[0,987919;0,999917]	[0,990749;0,999917]	[0,992889;0,999917]	[0,99503;0,999917]	[0,99786;0,999917]
Чеченская республика	[0,965688;0,999662]	[0,970853;0,999662]	[0,97768;0,999662]	[0,982844;0,999662]	[0,988009;0,999662]	[0,994836;0,999662]
Алтайский край	[0,985055;0,999815]	[0,987304;0,999815]	[0,990278;0,999815]	[0,992527;0,999815]	[0,994777;0,999815]	[0,997751;0,999815]
Красноярский край	[0,975408;0,999116]	[0,979109;0,999116]	[0,984002;0,999116]	[0,987704;0,999116]	[0,991405;0,999116]	[0,996298;0,999116]
Иркутская область	[0,947704;0,997775]	[0,955576;0,997775]	[0,965981;0,997775]	[0,973852;0,997775]	[0,981723;0,997775]	[0,992129;0,997775]
Кемеровская область	[0,986718;0,999618]	[0,988717;0,999618]	[0,99136;0,999618]	[0,993359;0,999618]	[0,995358;0,999618]	[0,998001;0,999618]
Новосибирская область	[0,96493;0,999165]	[0,970209;0,999165]	[0,977187;0,999165]	[0,982465;0,999165]	[0,987744;0,999165]	[0,994721;0,999165]
Омская область	[0,971431;0,999848]	[0,975731;0,999848]	[0,981415;0,999848]	[0,985716;0,999848]	[0,990016;0,999848]	[0,9957;0,999848]
Томская область	[0,986324;0,999772]	[0,988382;0,999772]	[0,991103;0,999772]	[0,993162;0,999772]	[0,99522;0,999772]	[0,997941;0,999772]
Забайкальский край	[0,975408;0,999864]	[0,979109;0,999864]	[0,984002;0,999864]	[0,987704;0,999864]	[0,991405;0,999864]	[0,996298;0,999864]
Республика Бурятия	[0,928852;0,998993]	[0,939561;0,998993]	[0,953717;0,998993]	[0,964426;0,998993]	[0,975135;0,998993]	[0,989291;0,998993]
Республика Алтай	[0,976683;0,99995]	[0,980193;0,99995]	[0,984832;0,99995]	[0,988341;0,99995]	[0,991851;0,99995]	[0,99649;0,99995]
Республика Тыва	[0,990953;0,999908]	[0,992314;0,999908]	[0,994115;0,999908]	[0,995476;0,999908]	[0,996838;0,999908]	[0,998638;0,999908]
Республика Хакасия	[0,956692;0,999929]	[0,96321;0,999929]	[0,971827;0,999929]	[0,978346;0,999929]	[0,984864;0,999929]	[0,993481;0,999929]
Челябинская область	[0,938889;0,998843]	[0,948087;0,998843]	[0,960246;0,998843]	[0,969445;0,998843]	[0,978643;0,998843]	[0,990802;0,998843]

Продолжение таблицы 3.2п

Тюменская область	[0,979637;0,999769]	[0,982702;0,999769]	[0,986754;0,999769]	[0,989819;0,999769]	[0,992884;0,999769]	[0,996935;0,999769]
Свердловская область	[0,998958;0,999948]	[0,998958;0,999948]	[0,998958;0,999948]	[0,998958;0,999948]	[0,998958;0,999948]	[0,998958;0,999948]
Курганская область	[0,966727;0,999866]	[0,971735;0,999866]	[0,978356;0,999866]	[0,983364;0,999866]	[0,988372;0,999866]	[0,994992;0,999866]
ЯНАО	[0,965047;0,99993]	[0,970308;0,99993]	[0,977263;0,99993]	[0,982523;0,99993]	[0,987784;0,99993]	[0,994739;0,99993]
Югра	[0,965047;0,999931]	[0,970308;0,999931]	[0,977263;0,999931]	[0,982523;0,999931]	[0,987784;0,999931]	[0,994739;0,999931]
Белгородская область	[0,975199;0,999808]	[0,978932;0,999808]	[0,983866;0,999808]	[0,987599;0,999808]	[0,991332;0,999808]	[0,996267;0,999808]
Брянская область	[0,940468;0,999074]	[0,949429;0,999074]	[0,9612737;0,999074]	[0,970234;0,999074]	[0,979195;0,999074]	[0,99104;0,999074]
Владимирская область	[0,973217;0,999948]	[0,977248;0,999948]	[0,982577;0,999948]	[0,986608;0,999948]	[0,99064;0,999948]	[0,995969;0,999948]
Воронежская область	[0,956082;0,999429]	[0,962692;0,999429]	[0,97143;0,999429]	[0,978041;0,999429]	[0,984651;0,999429]	[0,993339;0,999429]
Ивановская область	[0,968917;0,99994]	[0,973596;0,99994]	[0,97978;0,99994]	[0,984459;0,99994]	[0,989137;0,99994]	[0,995322;0,99994]
Тверская область	[0,978184;0,999774]	[0,981468;0,999774]	[0,985808;0,999774]	[0,989092;0,999774]	[0,992376;0,999774]	[0,996716;0,999774]
Калужская область	[0,983764;0,999916]	[0,986208;0,999916]	[0,989439;0,999916]	[0,991882;0,999916]	[0,994326;0,999916]	[0,997559;0,999916]
Костромская область	[0,971976;0,999778]	[0,976194;0,999778]	[0,98177;0,999778]	[0,985988;0,999778]	[0,990206;0,999778]	[0,995782;0,999778]
Курская область	0,9778511;0,999823	[0,981185;0,999823]	[0,985592;0,999823]	[0,988926;0,999823]	[0,992259;0,999823]	[0,996669;0,999823]
Липецкая область	[0,986348;0,999861]	[0,988403;0,999861]	[0,991119;0,999861]	[0,993174;0,999861]	[0,9952289;0,999861]	[0,997945;0,999861]
г. Москва	[0,983016;0,999045]	[0,985572;0,999045]	[0,988952;0,999045]	[0,991508;0,999045]	[0,994064;0,999045]	[0,997444;0,999045]
Московская область	[0,921297;0,996091]	[0,933143;0,996091]	[0,948802;0,996091]	[0,960648;0,996091]	[0,972494;0,996091]	[0,988154;0,996091]
Орловская область	[0,965735;0,99986]	[0,970892;0,99986]	[0,97771;0,99986]	[0,982868;0,99986]	[0,988025;0,99986]	[0,994843;0,99986]
Рязанская область	[0,935556;0,999591]	[0,945255;0,999591]	[0,958078;0,999591]	[0,967778;0,999591]	[0,977478;0,999591]	[0,990303;0,999591]
Смоленская область	[0,974351;0,999986]	[0,978211;0,999986]	[0,983315;0,999986]	[0,987175;0,999986]	[0,991036;0,999986]	[0,996138;0,999986]
Тамбовская область	[0,954919;0,999853]	[0,961704;0,999853]	[0,970674;0,999853]	[0,977459;0,999853]	[0,984245;0,999853]	[0,993212;0,999853]

Окончание таблицы 3.2п

Тульская область	[0,966078;0,999891]	[0,971184;0,999891]	[0,977933;0,999891]	[0,983039;0,999891]	[0,988145;0,999891]	[0,994894;0,999891]
Ярославская область	[0,960199;0,999891]	[0,96619;0,999891]	[0,974112;0,999891]	[0,980103;0,999891]	[0,986093;0,999891]	[0,99401;0,999891]
Республика Калмыкия	[0,814623;0,999883]	[0,842525;0,999883]	[0,87941;0,999883]	[0,90731;0,999883]	[0,935214;0,999883]	[0,972098;0,999883]
Республика Адыгея	[0,984572;0,999796]	[0,986894;0,999796]	[0,989964;0,999796]	[0,992286;0,999796]	[0,994608;0,999796]	[0,997678;0,999796]
Ростовская область	[0,999744;0,997864]	[0,999744;0,997864]	[0,999744;0,997864]	[0,999744;0,997864]	[0,999744;0,997864]	[0,999744;0,997864]
Волгоградская область	[0,971881;0,999839]	[0,976113;0,999839]	[0,981708;0,999839]	[0,98594;0,999839]	[0,990173;0,999839]	[0,995768;0,999839]
Астраханская область	[0,978413;0,99989]	[0,981662;0,99989]	[0,985958;0,99989]	[0,989207;0,99989]	[0,992456;0,99989]	[0,996751;0,99989]
Краснодарский край	[0,972437;0,9975]	[0,976585;0,9975]	[0,98207;0,9975]	[0,986218;0,9975]	[0,990367;0,9975]	[0,995851;0,9975]

### Ранжирования субъектов на основе пожарных рисков и занятости основных пожарных автомобилей

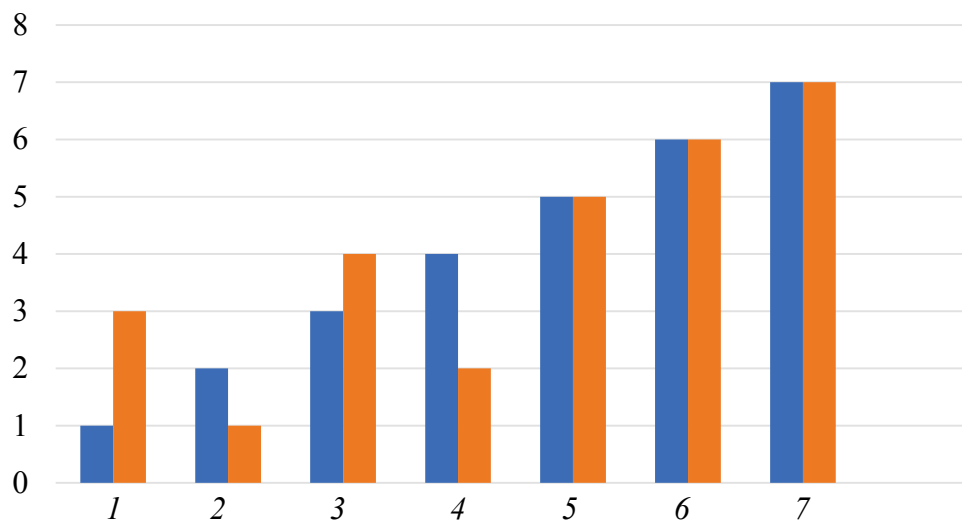


Рисунок 4.1п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в СКФО МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Республика Ингушетия; 2 – Карачаево-Черкесская Республика;  
3 – Кабардино-Балкарская Республика; 4 – Республика Северная Осетия – Алания;  
5 – Чеченская Республика; 6 – Республика Дагестан; 7 – Ставропольский край

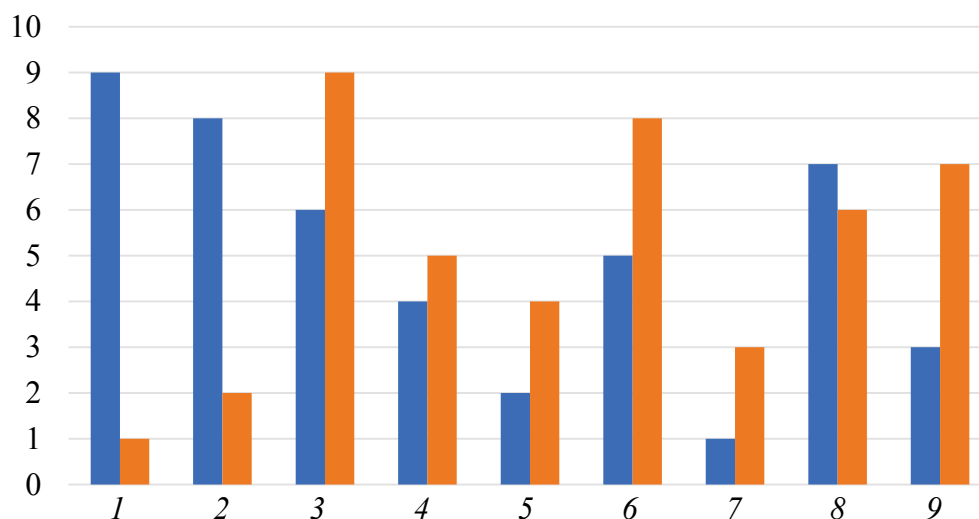


Рисунок 4.2п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в ДВРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Приморский край; 2 – Хабаровский край; 3 – Амурская область; 4 – Камчатский край;  
5 – Магаданская область; 6 – Сахалинская область; 7 – Чукотский АО;  
8 – Республика Саха; 9 – Еврейская АО

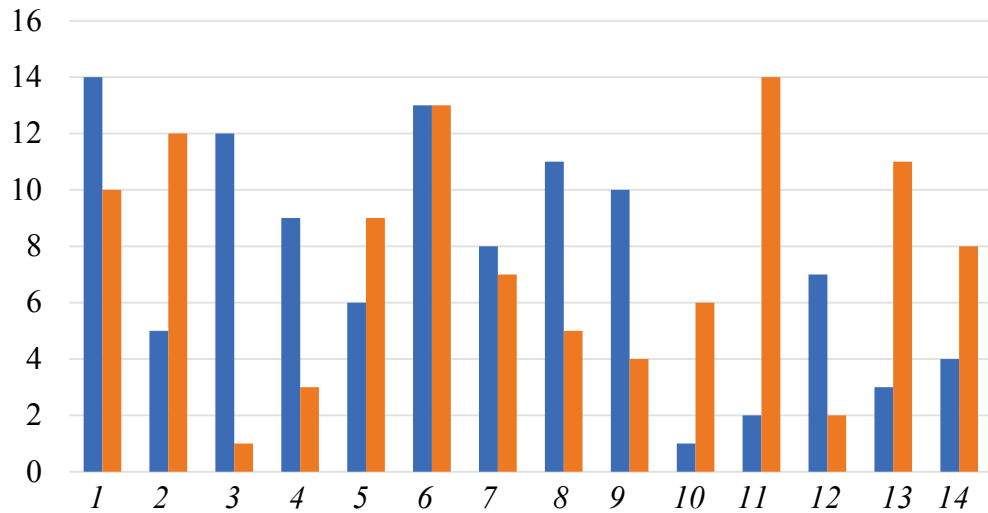


Рисунок 4.3п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в ПРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Нижегородская область; 2 – Кировская область; 3 – Самарская область;  
 4 – Оренбургская область; 5 – Пензенская область; 6 – Пермский край;  
 7 – Саратовская область; 8 – Ульяновская область; 9 – Республика Башкортостан;  
 10 – Республика Татарстан; 11 – Республика Удмуртия; 10 – Чувашская Республика

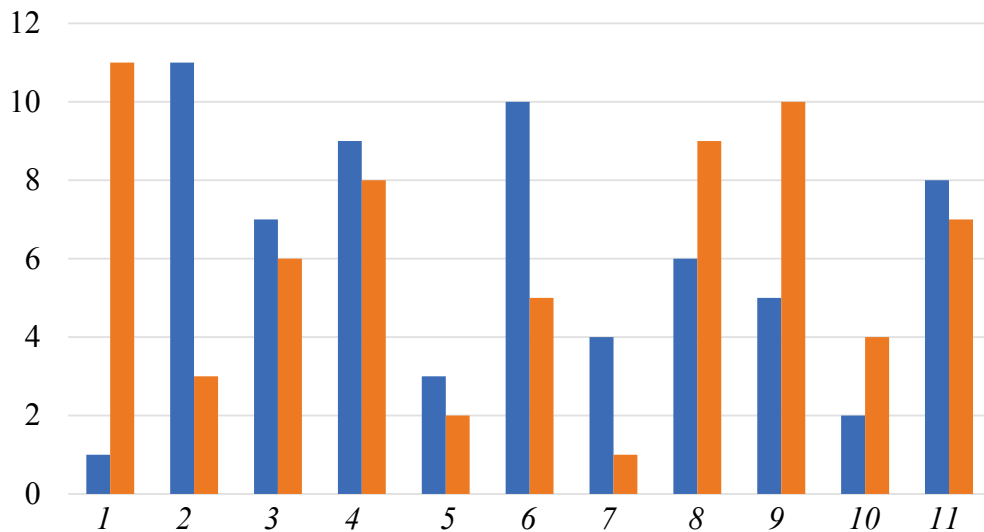


Рисунок 4.4п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в СЗРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Ненецкий автономный округ; 2 – г. Санкт-Петербург; 3 – Архангельская область;  
 4 – Вологодская область; 5 – Калининградская область; 6 – Ленинградская область;  
 7 – Мурманская область; 8 – Новгородская область; 9 – Псковская область;  
 10 – Республика Карелия; 11 – Республика Коми

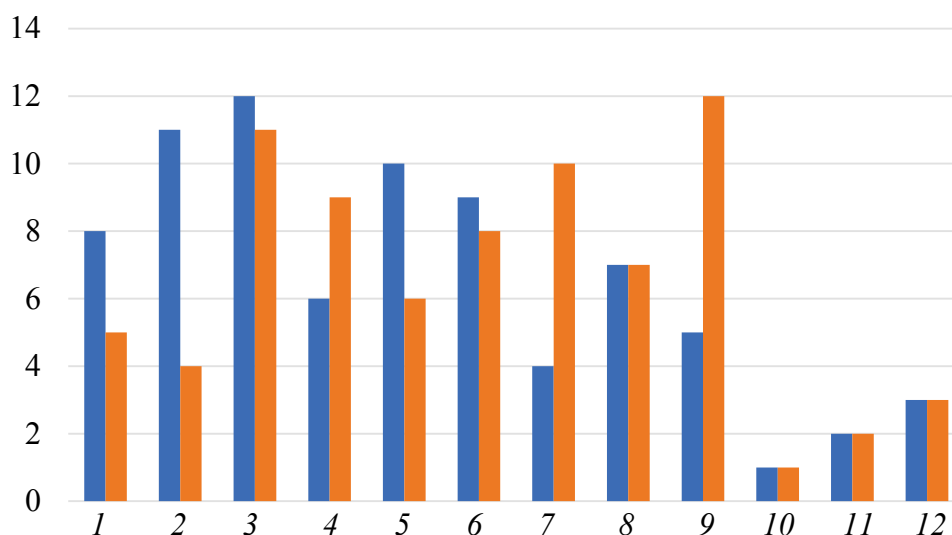


Рисунок 4.5п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в СРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Алтайский край; 2 – Красноярский край; 3 – Иркутская область;  
 4 – Кемеровская область; 5 – Новосибирская область; 6 – Омская область;  
 7 – Томская область; 8 – Забайкальский край; 9 – Республика Бурятия;  
 10 – Республика Алтай; 11 – Республика Тыва; 12 – Республика Хакасия

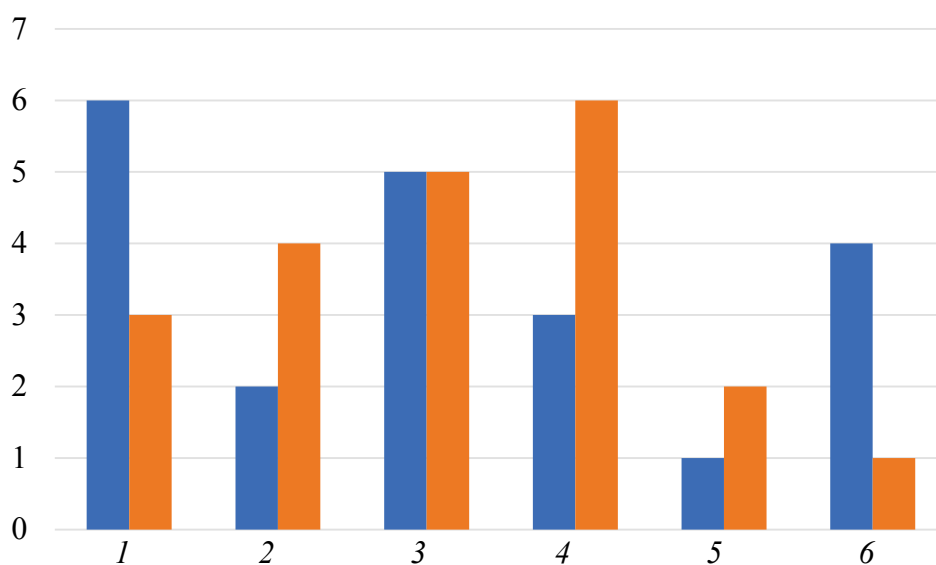


Рисунок 4.6п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в УРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

1 – Челябинская область; 2 – Тюменская область; 3 – Свердловская область;  
 4 – Курганская область; 5 – Ямало-Ненецкий автономный округ; 6 – Югра

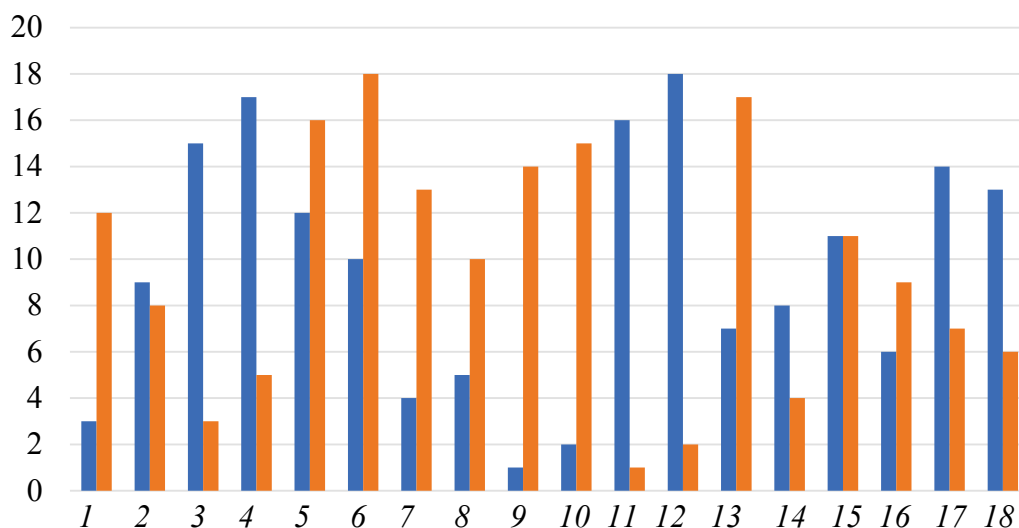


Рисунок 4.7п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в ЦРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

- 1 – Белгородская область; 2 – Брянская область; 3 – Владимирская область;  
 4 – Воронежская область; 5 – Ивановская область; 6 – Тверская область;  
 7 – Калужская область; 8 – Костромская край; 9 – Курская область;  
 10 – Липецкая область; 11 – г. Москва; 12 – Московская область; 13 – Орловская область;  
 14 – Рязанская область; 15 – Смоленская область; 16 – Тамбовская область;  
 17 – Тульская область; 18 – Ярославская область

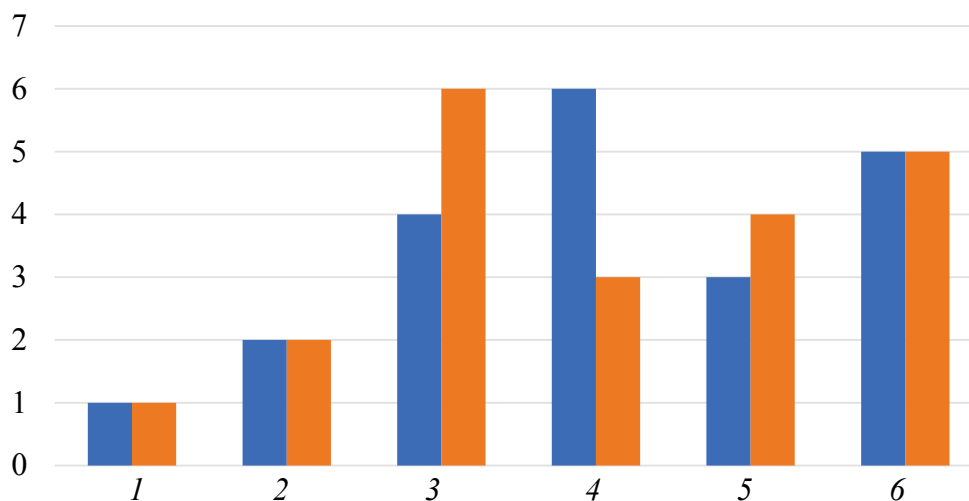


Рисунок 4.8п – Значения распределения риска  $R_2$  и коэффициента  $S$  в ЮРЦ МЧС России:

■ –  $S$ ; ■ –  $R_2$ ;

- 1 – Республика Калмыкия; 2 – Республика Адыгея; 3 – Ростовская область;  
 4 – Волгоградская область; 5 – Астраханская область; 6 – Краснодарский край



## Акты о внедрении результатов диссертационной работы

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по учебной работе  
к.в.н., доцент

М.В. Бедило

«26» 09 2017 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Шкунова Сергея Александровича, представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10. - «Управление в социальных и экономических системах»

Комиссия в составе председателя - начальника учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники Академии Государственной противопожарной службы МЧС России к.т.н., доцента Рожкова Алексея Владимировича и членов комиссии начальника кафедры пожарной техники Академии ГПС МЧС России (в составе учебно-научного комплекса пожарной и аварийно-спасательной техники) к.т.н., доцента Климовцова Василия Михайловича, заместителя начальника института развития Академии ГПС МЧС России Фогилева Ивана Сергеевича подтверждает, что основные результаты и выводы диссертационной работы Шкунова С.А. используются в учебном процессе на УНК ПиАСТ Академии ГПС МЧС России по дисциплинам «Пожарная техника» и «Пожарная и аварийно-спасательная техника». На факультете руководящих кадров Академии ГПС МЧС России по дисциплине «Управление технической службой», а также в институте развития Академия ГПС МЧС России (на лекциях, практических занятиях при анализе оперативной и технической готовности пожарных подразделений, а так же при выполнении аттестационных работ).

Председатель комиссии  
начальник УНК ПиАСТ  
к.т.н., доцент



А.В. Рожков

Заместитель начальника УНК ПиАСТ-  
начальник кафедры пожарной техники  
к.т.н., доцент



В.М. Климовцов

Заместитель начальника  
института развития Академии ГПС МЧС России



И.С. Фогилев

**УТВЕРЖДАЮ**

Начальник Главного управления МЧС России  
по Карачаево-Черкесской республике  
полковник внутренней службы

Чехов К.М.

07.02.2017

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Шкунова Сергея Александровича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10. – «Управление в социальных и экономических системах»

В настоящее время современные вопросы переоснащения требуют проработки вопросов управления и разработки моделей для поддержки принятия управленческих решений при переоснащении парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений. Для реализации этого решения автором была разработана информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей, основу которой служат коэффициенты для оценки оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений МЧС России. Данные критерии являются комплексными показателями и служат основой информационно-аналитической модели при проведении ранжирования территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения при переоснащении.

Комиссия настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Шкунова С.А. дают возможность для лица, принимающего решения при переоснащении парка пожарных автомобилей обоснованное принятие управленческих решений, что в свою очередь позволяет рационально использовать ресурсы пожарно-спасательного гарнизона пожарной охраны, что и было отражено при разработке плана переоснащения ФПС ГУ МЧС России по Карачаево-Черкесской Республике на 2015 -2020 гг.

Председатель комиссии:

Начальник отдела организации  
пожаротушения и проведения  
аварийно-спасательных работ

подполковник внутренней службы



Дерзюсов В.А.

Члены комиссии:

Заместитель начальника отдела  
организации пожаротушения  
и проведения

аварийно-спасательных работ

старший лейтенант внутренней службы



Матиев Р.Т.

Главный специалист отдела  
организации пожаротушения  
и проведения

аварийно-спасательных работ

майор внутренней службы



Урусов И.Х.

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель начальника  
Главного управления МЧС России  
по Ставропольскому краю  
полковник внутренней службы



Кугуй П.А.  
15.02.2017.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Шкунова Сергея Александровича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10. – «Управление в социальных и экономических системах»

Результаты диссертационного исследования Шкунова С.А. в области создания информационно-аналитической обеспечения принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей (ПА) пожарно-спасательных подразделений МЧС России актуальны, особенно в настоящее время, т.к. анализ технического состояния парка ПА и оперативной деятельности пожарно-спасательных подразделений Северо-Кавказского Федерального округа (СКФО) МЧС России, показал, что для переоснащения парка пожарных автомобилей необходимы большие финансовые затраты. Объем данных затрат не позволяет произвести переоснащение одновременно во всех субъектах СКФО, поэтому представляется возможным реализовать лишь поэтапное (целевое) переоснащение пожарно-спасательных подразделений.

Расставить приоритеты при переоснащении территориальных пожарно-спасательных подразделений необходимой техникой для тушения пожаров позволяет разработанная автором информационно-аналитическая модель.

Практическая реализация информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей была применена в научно-исследовательской работе по теме: Разработка региональной системы оснащения территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и

техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского регионального центра МЧС России.

По результатам научно-исследовательской работы была разработана программа развития территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России в СКРЦ и подготовлен план реализации программы развития территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России в СКРЦ.

Комиссия настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Шкунова С. А. использовались при разработке плана переоснащения ФПС ГУ МЧС России по Ставропольскому краю на 2015 - 2020 гг.

Председатель комиссии:

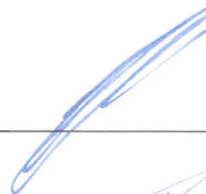
Заместитель начальника УОП  
и ПАСР ГУ МЧС России по СК  
полковник внутренней службы \_\_\_\_\_



В.С. Вакалов

Члены комиссии:

Заместитель начальника центра –  
начальник отдела СПТ и ПАСР ФКУ  
«ЦУКС ГУ МЧС России по СК  
полковник внутренней службы \_\_\_\_\_



И.В. Кристалинский

Заместитель начальника отдела ОТП  
УОП и ПАСР ГУ МЧС России по СК  
подполковник внутренней службы \_\_\_\_\_



З.Ф. Павлов

Заместитель начальника отдела ППС и АСФ  
УОП и ПАСР ГУ МЧС России по СК  
майор внутренней службы \_\_\_\_\_



А.В. Папин

Заместитель начальника отдела ОП ПАСР  
УОП и ПАСР ГУ МЧС России по СК  
подполковник внутренней службы \_\_\_\_\_



В.А. Горбачёв

## УТВЕРЖДАЮ

Начальник Главного управления МЧС России  
по республике Северная Осетия-Алания  
генерал-майор внутренней службы

Хоружий А.Н.



АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Шкунова Сергея Александровича, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10. – «Управление в социальных и экономических системах»

Основная цель переоснащения парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны – выбор управленческих решений, которые обеспечат максимально возможный уровень оперативной и технической готовности территориальных подразделений при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Для этого нам необходимо оценить оперативную работу территориальных пожарно-спасательных и техническое состояние существующего парка пожарных автомобилей.

Результаты диссертационного исследования Шкунова С.А. в области создания моделей и алгоритмов управления переоснащением парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений МЧС России были использованы при разработке региональной системы оснащения территориальных органов, учреждений и организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского регионального центра МЧС России, в том числе при разработке плана переоснащения ФПС ГУ МЧС России республики Северная Осетия-Алания на 2015 - 2020 гг.

В целом комиссия настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Шкунова С.А. используются в разработанной программе развития территориальных органов, учреждений и

организаций МЧС России в СКРЦ и учтены при разработке плана переоснащения ФПС ГУ МЧС России по республике Северная Осетия-Алания.

Председатель комиссии:  
Заместитель начальника ГУ МЧС России  
полковник внутренней службы

П.В.Волков

Члены комиссии:  
Начальник управления ОП и ПАСР ГУ  
подполковник внутренней службы

К.Р. Фардинов

Начальника отдела ППС и АСФ ГУ  
подполковник внутренней службы

А.А. Сметанин