

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)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре управления и экономики Государственной противопожарной службы (в составе научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем Государственной противопожарной службы) ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» (ФГБОУ ВО АГПС МЧС России).

Научный руководитель: **Соколов Сергей Викторович**,  
доктор технических наук, профессор, профессор  
научно-образовательного комплекса организационно-  
управленческих проблем ГПС ФГБОУ ВО АГПС  
МЧС России

Официальные оппоненты: **Качанов Сергей Алексеевич**,  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель начальника по научной работе  
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России

**Порошин Александр Алексеевич**,  
доктор технических наук,  
старший научный сотрудник  
начальник научно-исследовательского центра  
организационно-управленческих проблем пожар-  
ной безопасности ФГБУ ВНИИПО МЧС России

Ведущая организация: ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты  
МЧС России»

Защита диссертации состоится « 6 » июня 2018 года в 12 часов  
на заседании диссертационного совета ДС 205.002.01 в ФГБОУ ВО АГПС  
МЧС России по адресу: 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, зал диссер-  
тационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Акаде-  
мия Государственной противопожарной службы МЧС России» на сайте:  
<http://academygps.ru/upload/iblock/6f6/6f6e4da24f803e6684c1846911390080.pdf>

Автореферат разослан « 11 » апреля 2018 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим напра-  
вить в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России  
по указанному адресу.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Р.Ш. Хабибулин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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. Особенно это актуально в настоящее время при ограниченном финансировании на проведение переоснащения.

Своевременное прибытие пожарных подразделений на пожар, успех тушения 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 срок службы, который составляет от 10 до 15 лет в зависимости от типа транспортного средства. Проведенный анализ технического состояния парка пожарных автомобилей за 2016 год показал, что более 68 % всех пожарных автомобилей эксплуатируются со сроком службы более 10 лет. Если рассматривать парк основных пожарных автомобилей, то эта величина составляет 64 %. Этот процент был бы значительно выше, если бы не был сокращен резерв парка основных пожарных автомобилей в два раза, 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.

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.

**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 чис-

ле 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.

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.

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

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

**Цель исследования** заключается в разработке информационно-аналитической модели и алгоритмов определения оперативно-технической готовности пожарно-спасательных подразделений в целях 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.

**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** диссертационного исследования 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, которые соответствуют цели и задачам исследования.

**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» (номер госрегистрации № 114122240082).

**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 оснащенности 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:**

1. Результаты анализа в области поддержки управления переоснащением парка пожарных автомобилей.

2. Критерии оценки уровня оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей.

3. Информационно-аналитическая модель и алгоритмы принятия решений по ранжированию территориальных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основных пожарных автомобилей.

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

**Структура и объем работы.** 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.

## ОСНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, определены объект и предмет исследования, поставлена цель и задачи диссертационной работы, показывается научная новизна результатов и практическая значимость исследования.

В первой главе «Исследование проблемы принятия решений по оснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны» проведен анализ проблем принятия управленческих решений по оснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны в целях повышения уровня оперативной и технической готовности подразделений для эффективного тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Анализ параметров оперативной обстановки в России за последние 7 лет показывает, что, несмотря на значительное снижение количества пожаров и ЧС, число выездов пожарно-спасательных подразделений на пожары и загорания по-прежнему велико (общее количество пожаров и загораний по состоянию на 2017 год составляет 447 063, рисунок 1). Количество выездов основных пожарных автомобилей на пожары и загорания составляют 73 % от общего числа всех пожарных автомобилей оперативных подразделений ФПС МЧС России.

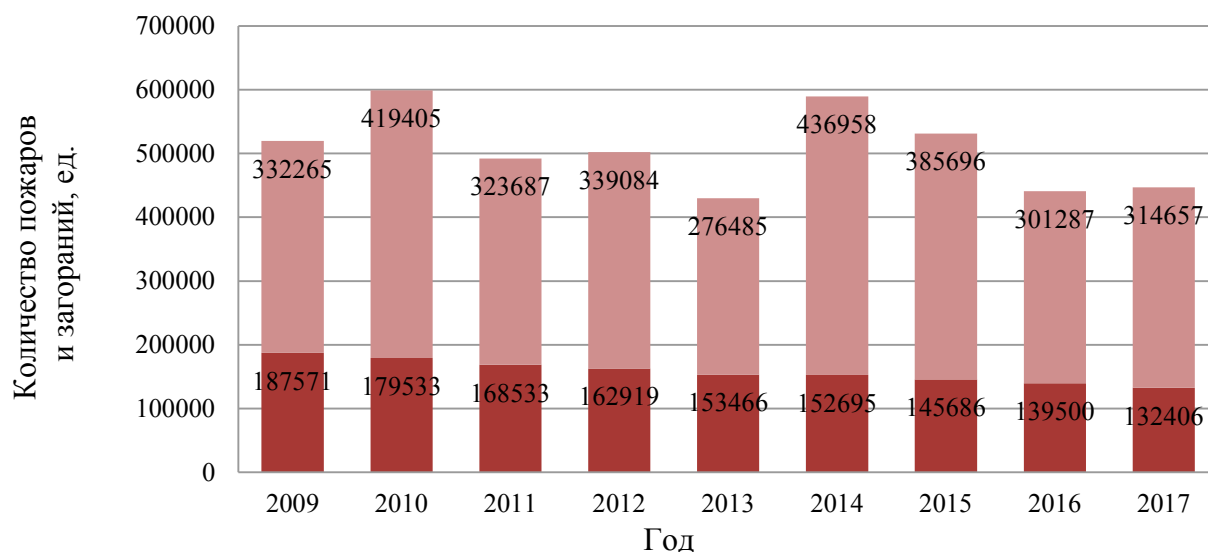


Рисунок 1 – Распределение числа выездов на пожары и загорания подразделениями ФПС МЧС России за период с 2009 по 2016 гг.:

■ – число пожаров; ■ – число загораний

При этом средний материальный ущерб от одного пожара за последние годы увеличился более чем в 2 раза (рисунок 2).

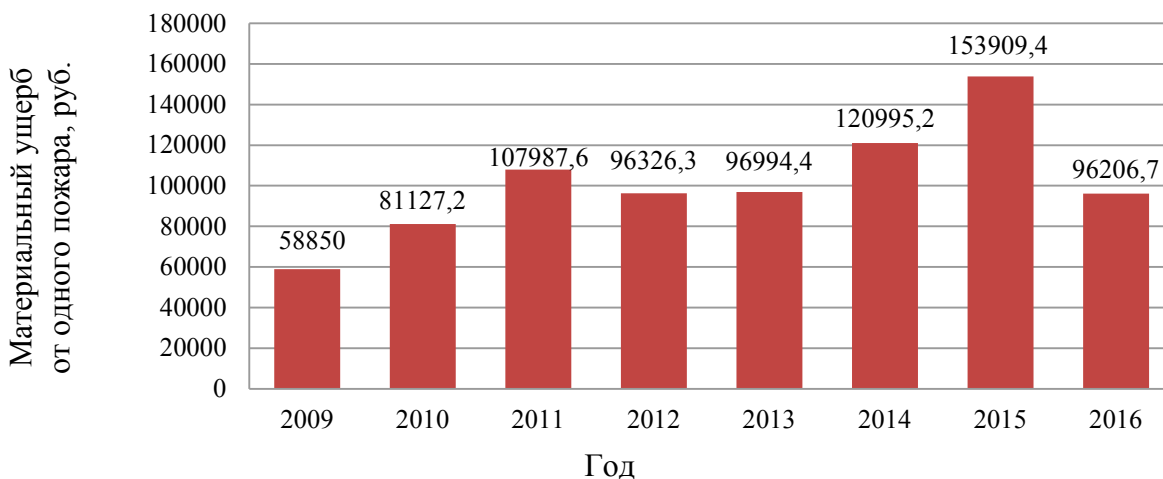


Рисунок 2 – Распределение среднего ущерба от одного пожара в городах и сельской местности РФ за период с 2009 по 2016 гг.

Проведенный анализ технического состояния парка основных пожарных автомобилей в территориальных подразделениях РФ показывает, что более 64 % пожарных автомобилей эксплуатируется в пожарно-спасательных подразделениях со сроком службы более 10 лет (рисунок 3).

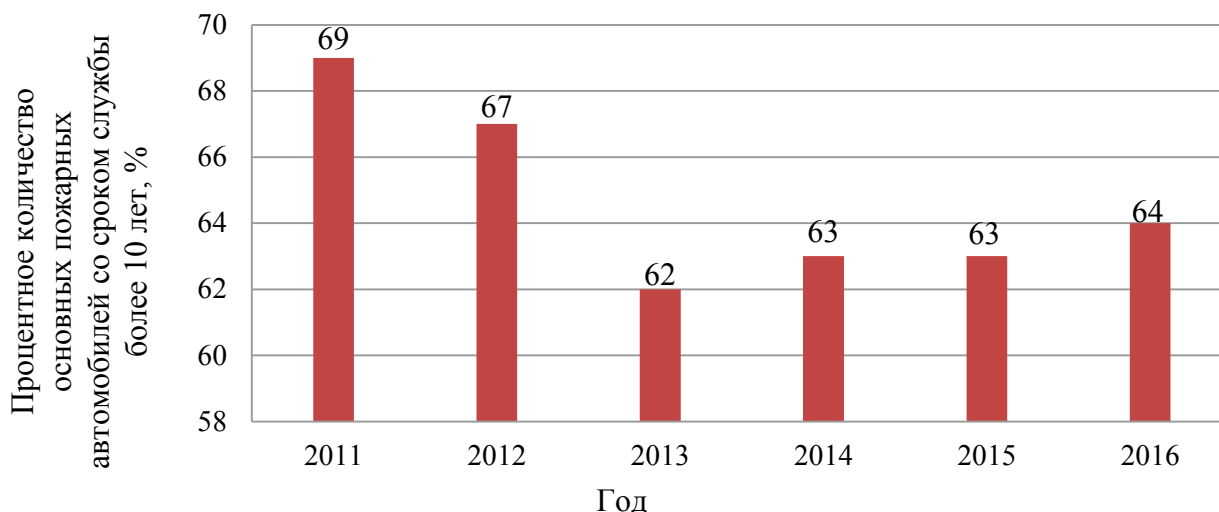


Рисунок 3 – Доля основных пожарных автомобилей в пожарных частях ФПС, превышающая десятилетний срок службы с 2011 по 2016 гг.

С каждым годом количество основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов, превышающих средний срок службы, увеличивается.

Поэтому для повышения технической готовности пожарно-спасательных подразделений необходимо проводить переоснащение существующего парка пожарных автомобилей в первую очередь современными пожарными автомобилями (плановое переоснащение). Поскольку объем затрат не позволяет произвести переоснащение одновременно во всех субъектах страны, предлагается провести поэтапное (или целевое) переоснащение пожарно-спасательных подразделений МЧС России. Для расстановки приоритетов по переоснащению необходимо произвести научно-практическое обоснование существующих методов принятия решений.



Предполагается, что в данной методике решениям, связанным с риском, всегда свойственны элементы неизвестности конкретного изменения исходных параметров, которые не позволяют четко детерминировать значения конечных результатов этих решений, поэтому в качестве исходных данных необходимо использовать интервальные оценки. 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. Преимуществом использования статистики интервальных данных является разрешение наиболее актуального вопроса статистики ЧС и пожаров – обоснование необходимого и достаточного объема выборки исходных данных и их точности.

Методика позволяет лицам, принимающим решения, решать задачу выбора альтернатив принятия решений по распределению финансовых средств на переоснащение парка пожарных автомобилей в зависимости от уровня и качества, а также доступности исходных данных, которые для лиц, принимающих решения, имеют принципиальное значение.

В последнее время происходит смена условий, поэтому необходимо разработать и применить такую модель, которая в кратчайшие сроки при использовании основных оперативных данных позволит определить те субъекты РФ, которые нуждаются в первоочередном переоснащении парка пожарных автомобилей, а затем с помощью существующих имитационных моделей произвести переоснащение парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений, входящих в состав субъекта РФ.

Для решения этой задачи предлагается создать структуру процесса принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей и показать в этой структуре позицию решаемой задачи, состоящей в разработке методики, применяемой 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.

Предлагаемый блок информационно-аналитической модели представляет систему взаимодействия подразделений МЧС России в виде иерархии, что позволяет решать задачи переоснащения парка пожарных автомобилей с разной степенью детализации. Применение показателей оценки уровня оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей в данной модели позволяет провести ранжирование подразделений пожарной охраны на любом уровне иерархии в порядке предпочтения для лица, принимающего решение по переоснащению.

**Во второй главе «Разработка информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей»** рассмотрены комплексные показатели и предложены алгоритмы для расчета показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей, являющихся инструментом оценки в разработанной информационно аналитической модели для ранжирования территориальных пожарно-спасательных подразделений в субъектах РФ.

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

Для выбора управленческих решений по распределению финансовых средств при переоснащении парка пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений лицами, принимающими решения, необходимо сформулировать предпочтения при анализе численных значений двух критериев:

1. Критерий оперативной готовности  $K_{o.r}(t, \tau)$  подразделений МЧС до и после переоснащения - оценка потенциальной возможности техники и оборудования подразделений приступить к выполнению задач в любой момент времени  $t$  и, начиная с этого момента, будут работоспособны еще в течение времени  $\tau$ , необходимого для решения задачи. Данный критерий рассчитывается по формуле

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

где  $n_i$  – количество единиц пожарных автомобилей, занятых обслуживанием одного вызова;  $\Delta t$  – промежуток времени, определяющий занятость  $i$ -й единицы пожарной техники при обслуживании одного вызова, мин;  $N$  – общее количество пожарных автомобилей на территории анализируемых пожарно-спасательных подразделений, ед.;  $\Delta T$  – промежуток времени, определяющий максимально возможную занятость одной единицы пожарной техники, мин.

2. Критерий технической готовности ( $0 \leq K_{т.г}(t, \tau) \leq 1$ ) подразделений МЧС России до и после переоснащения – оценка потенциальной возможности техники и оборудования находиться в исправном состоянии, начиная с любого момента времени  $t$  в течение времени  $\tau$ , необходимого для решения задачи. Этот критерий определяется по формуле

$$K_{т.г}(t, \tau) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M_1} n_j t_{TOj} + \sum_{j=1}^{M_2} k_j t_{pj} + \sum_{j=1}^{M_3} m_j t_{mj}}{NT_0}, \quad (2)$$

где  $n_j$  – количество технических обслуживаний пожарных автомобилей за время  $T_0$ ;  $t_{TOj}$  – время, необходимое для технического обслуживания пожар-

ных автомобилей, мин;  $k_j$  – количество ремонтов пожарных автомобилей за время  $T_o$ , ед.;  $t_{pj}$  – время, необходимое для ремонта пожарных автомобилей, мин;  $m_j$  – количество технических обслуживаний пожарных автомобилей после пожара за время  $T_o$ , ед.

Исходя из вышесказанного, для практической реализации переоснащения парка пожарных автомобилей необходимо разработать информационно-аналитическую модель принятия решений, позволяющую лицам, принимающим решения, произвести оценку вариантов переоснащения и показать возможность и процедуру их использования при принятии решений.

Показатели оперативной работы пожарно-спасательных подразделений оцениваются количественным измерением степени занятости, составляющей коэффициента оперативной готовности. Алгоритм расчета критерия оперативной готовности представлен на рисунке 4.

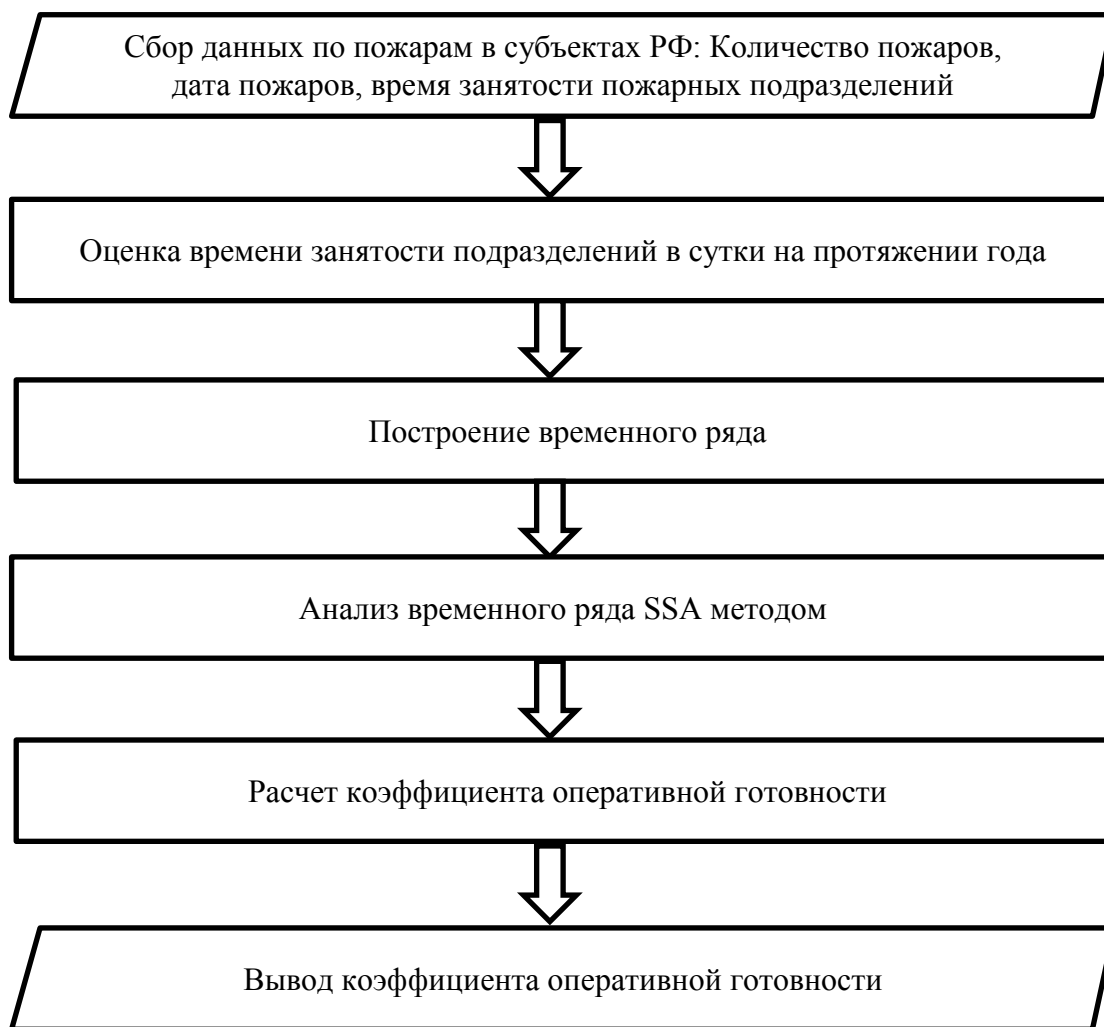


Рисунок 4 – Алгоритм расчета критерия оперативной готовности

Критерий технической готовности является комплексной характеристикой безотказности и ремонтпригодности технических средств подразделений МЧС России. Алгоритм расчета критерия технической готовности представлен на рисунке 5.

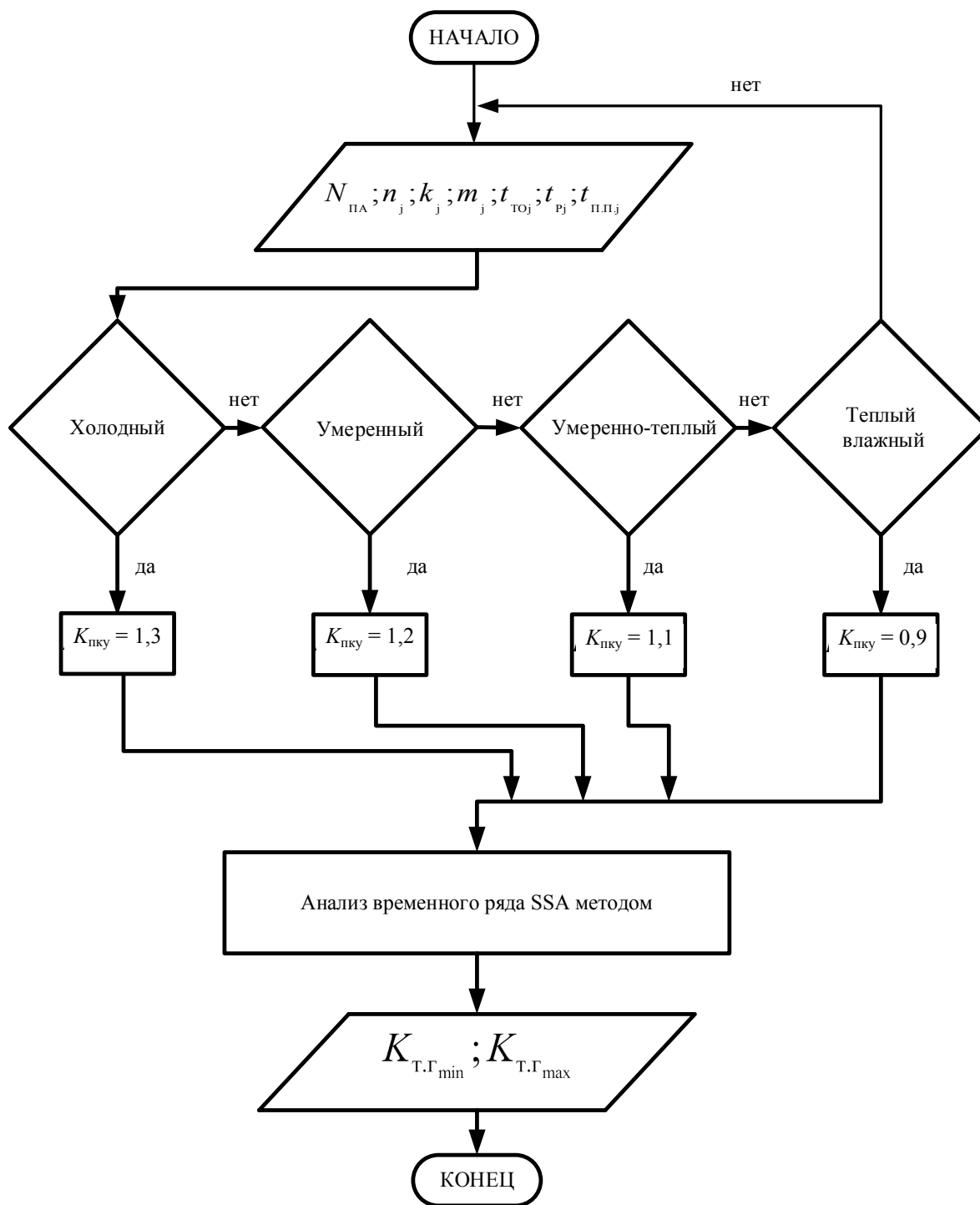


Рисунок 5 – Алгоритм расчета критерия технической готовности:  
ПКУ – природно-климатические условия

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. 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 принятия решений, 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 6. Обработка информации включает четыре основных этапа:

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

2. Расчет временных рядов значений критериев оперативной и технической готовности с учетом количественного состава парка основных пожарных автомобилей. 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 интервальных значений. Интервальные значения критериев оцениваются с использованием методов теории принятия решений в условиях риска и неопределенности. 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 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 пожарных автомобилей.

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

1 – выявление и расстановка предпочтений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений на основе ретроспективного анализа оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей;

2 – оценка реализации поэтапного переоснащения парка основных пожарных автомобилей в субъектах РФ, наиболее предпочтительных с точки зрения переоснащения (см. рисунок 6).

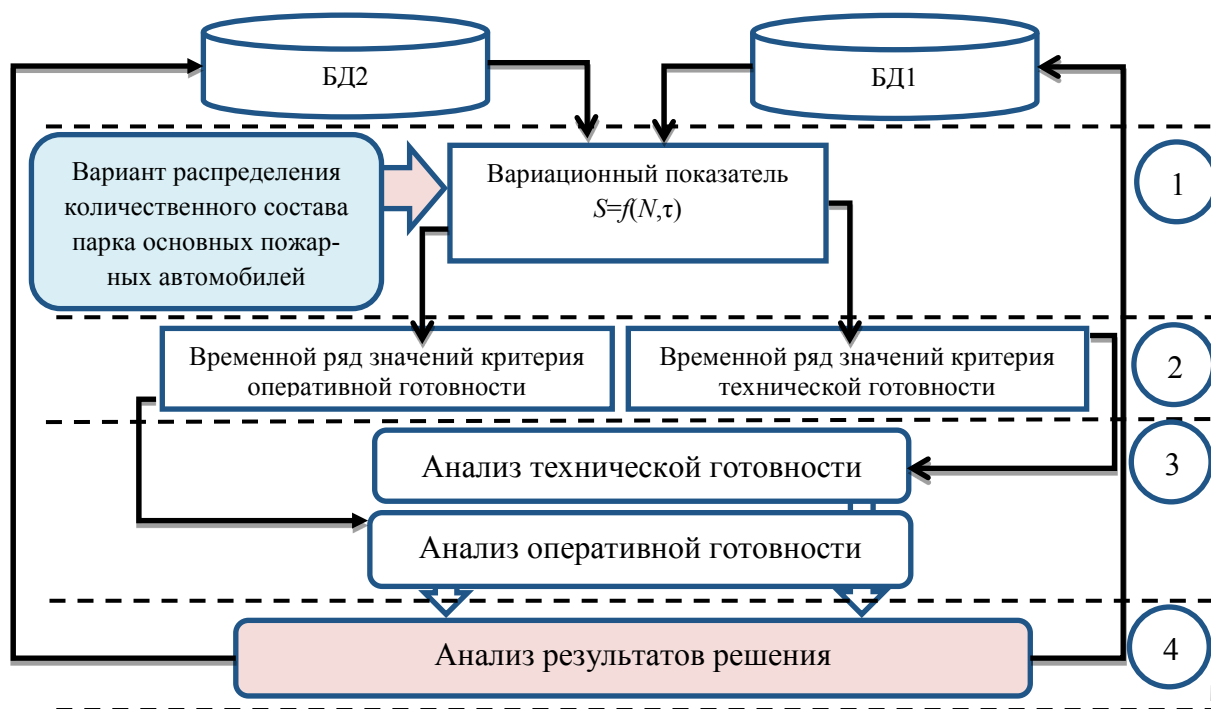


Рисунок 6 – Блок-схема информационно-аналитической модели поддержки управления переоснащением парка основных пожарных автомобилей территориальных пожарно-спасательных подразделений

**В главе 3 «Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей»** осуществляется анализ возможности использования метода интервальных значений для расчета показателей оперативной и технической готовности парка пожарных автомобилей в информационно-аналитической модели.

Для оценки параметров технической и оперативной готовности с точки зрения функционального анализа необходимо рассмотреть свойства параметра занятости основной пожарной техники при обслуживании вызовов за микропериод наблюдения – дежурные сутки. Содержание параметра  $S$  определяется совокупностью следующих факторов:

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

Формальное представление вариационного параметра  $S$  как случайной величины позволит воспользоваться рядом ее полезных свойств. случайных величин. 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  $S$ ;

– определить подход к внедрению параметра  $S$  в методику принятия решений с учетом риска и неопределенности.

В исследованиях научной школы Н.Н. Брушлинского отмечается, что время обслуживания вызова, как и время занятости пожарных подразделений, является случайной величиной, подчиняющейся закону распределения Эрланга. Таким образом, рассматривая функцию распределения  $F(S^*) = P\{S < S^*\}$  и вероятность события, состоящего в том, что занятость при тушении пожара будет меньше фиксированного значения  $S^*$ , будет анализироваться функция  $F(S) = 1 - e^{-\mu S}$ , где  $\mu$  – параметр распределения.

Например, вероятность занятости основных пожарных автомобилей в Чеченской Республике за дежурные сутки находится в интервале от [100;1000] минут:

$$P\{100 \leq S < 1000\} = e^{-\left(\frac{100}{397}\right)} - e^{-\left(\frac{1000}{397}\right)} = 0,78 - 0,08 = 0,7. \quad (3)$$

Концепция управления, основанная на теории принятия решений в условиях риска и неопределенности, подразумевает, что вероятность принадлежности величины анализируемому интервалу одинакова для всех альтернатив управленческих решений. Поэтому для случайной величины, подчиняющейся закону распределения Эрланга, используется оценка вероятности по левому (минимальный) или правому (максимальный) 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. Вероятность события, состоящего в том, что расчетное значение  $S$  превысит заданное значение  $S^*$ , будет определено по закону Эрланга  $\Phi(S) = P\{S > S^*\} = \varepsilon$  и рассчитана как вероятность риска по формуле

$$\varepsilon = e^{-\left(\frac{S}{S_{cp}}\right)} \Rightarrow S = S_{cp} \ln\left(\frac{1}{\varepsilon}\right), \text{ мин.} \quad (4)$$

На примере субъектов 7 субъектов СКФО РФ результаты анализа вариационного показателя представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты вариационного анализа субъектов СКФО РФ

Наименование субъекта	$\varepsilon=0,01$	$\varepsilon=0,02$	$\varepsilon=0,05$	$\varepsilon=0,1$	Среднее
Субъект 1	7453	6331	4848	3726	1618
Субъект 2	593	503	3853	296	129
Субъект 3	593	503	3853	296	429
Субъект 4	1327	1127	863	663	288
Субъект 5	1633	1387	1062	816	355
Субъект 6	860	731	560	430	187
Субъект 7	1828	1553	1189	914	397

При анализе показателей величины  $K_{o,r}$  и значений  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  можно определить, что полученные значения распределения рисков и значения коэффициента оперативной готовности территорий субъектов Северо-Кавказского

федерального округа РФ (СКФО) дают разный результат по ранжированию. Составным значением коэффициента оперативной готовности является случайная величина  $S$  – она наиболее сопоставима со значением распределения риска  $R_2$ . Для СКФО РФ гистограмма значением коэффициента представлена на рисунке 7.

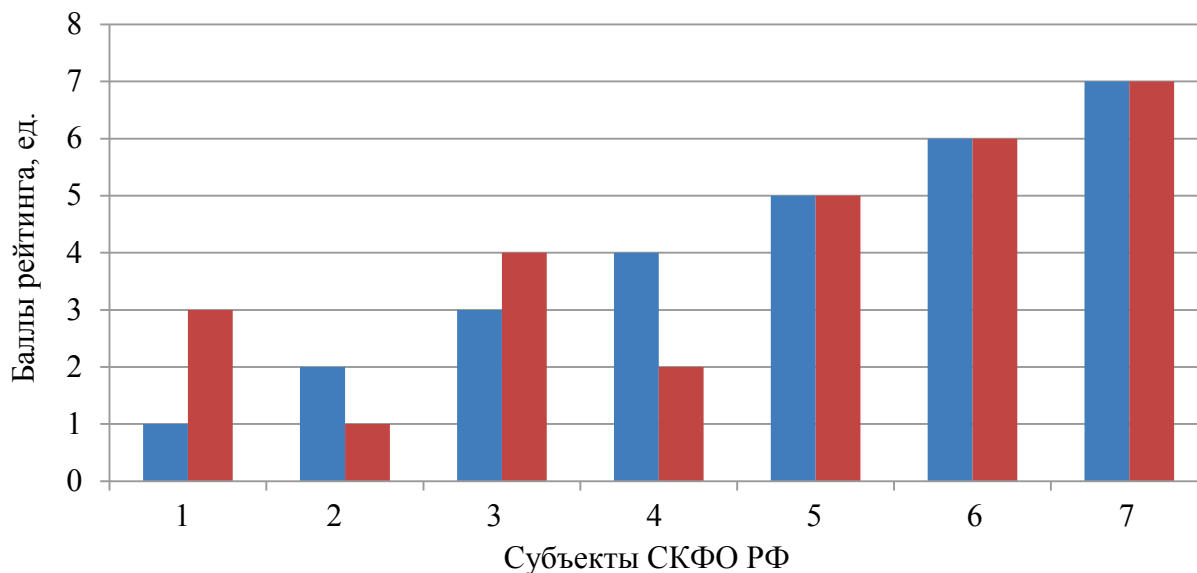


Рисунок 7 – Значения распределения риска  $R_2$  (■) и случайной величины  $S$  (■)

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

Таким образом, 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.

В вероятностном понимании компонента информационно-аналитической модели – время занятости основной техники при ликвидации пожаров – подчиняется закону распределения Эрланга. 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 метод SSA является обоснованным с точки зрения теории вероятностей и математической статистики.



**В главе 4 «Применение информационно-аналитической модели принятия решений по ранжированию территориальных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения парка основными пожарными автомобилями на примере СКФО России» описаны этапы применения математического SSA метода, а также предложен механизм принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны на примере информационно-аналитической поддержки принятия решений по ранжированию территориальных подразделений в субъектах СКФО РФ.**

Метод SSA подразумевает способ преобразования одномерного ряда в многомерный и представляет собой свертку временного ряда в ковариационную матрицу, содержащую фрагменты временного ряда, полученные с некоторым сдвигом.

Суть используемого метода главных компонент сводится к уменьшению размерности статистических данных или данных наблюдения с обеспечением сохранности закономерностей изменения данных. 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.

Результат анализа – не истинное значение, а интервал 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.

В отличие от существующих методов анализа временных рядов SSA метод не привязан к конкретному закону распределения случайной величины, а оперирует интервальными данными, которые в дальнейшем используются для реализации принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Динамика вариационных показателей и коэффициентов, характеризующих оперативную и техническую готовность субъектов СКФО за 5 лет, представлена в таблицах 2–3.

Для визуализации поддержки принятия решений рассмотрен простейший случай динамики значений интервальных данных в координатах рассмотренных критериев, предусматривающий представление величины интервалов как константы.

В диссертационной работе произведены расчеты конкретных значений для территориальных подразделений СКФО РФ на основе комплексного показателя для оценки оперативной и технической готовности основных пожарных автомобилей и предложено информационно-аналитическое обеспечение приня-

тия решений по ранжированию территориальных подразделений в порядке предпочтительности для переоснащения.

Исходные данные, промежуточные результаты расчетов, отчет по работе содержатся в программе, реализующей SSA метод статистической обработки временных рядов. Он предусматривает разделение исходного временного ряда на компоненты и выбор наиболее значимой компоненты, которая в большей степени отражает динамику временного ряда и определение интервалов значений коэффициентов по данной компоненте.

Расчет интервальных значений коэффициентов предусматривает следующую двухуровневую процедуру:

- *на первом уровне* производится подсчет значений коэффициентов за каждые астрономические сутки. Результаты расчета представляются в виде временного ряда;

- *на втором уровне* временной ряд подвергается анализу с использованием программы ЭВМ, реализующей SSA метод. Полученные интервалы значений коэффициентов характеризуют проблемную ситуацию до начала временного ряда и его завершения, то есть в начале года и в конце года. На основе этих данных получают два интервала значений коэффициентов – *минимум* и *максимум*.

Применение предложенной многоуровневой процедуры подсчета интервальных значений коэффициентов  $K_{o,r}$  и  $K_{t,r}$  позволяет определить конкретное положение каждого субъекта СКФО РФ в плоскости декартовых координат.

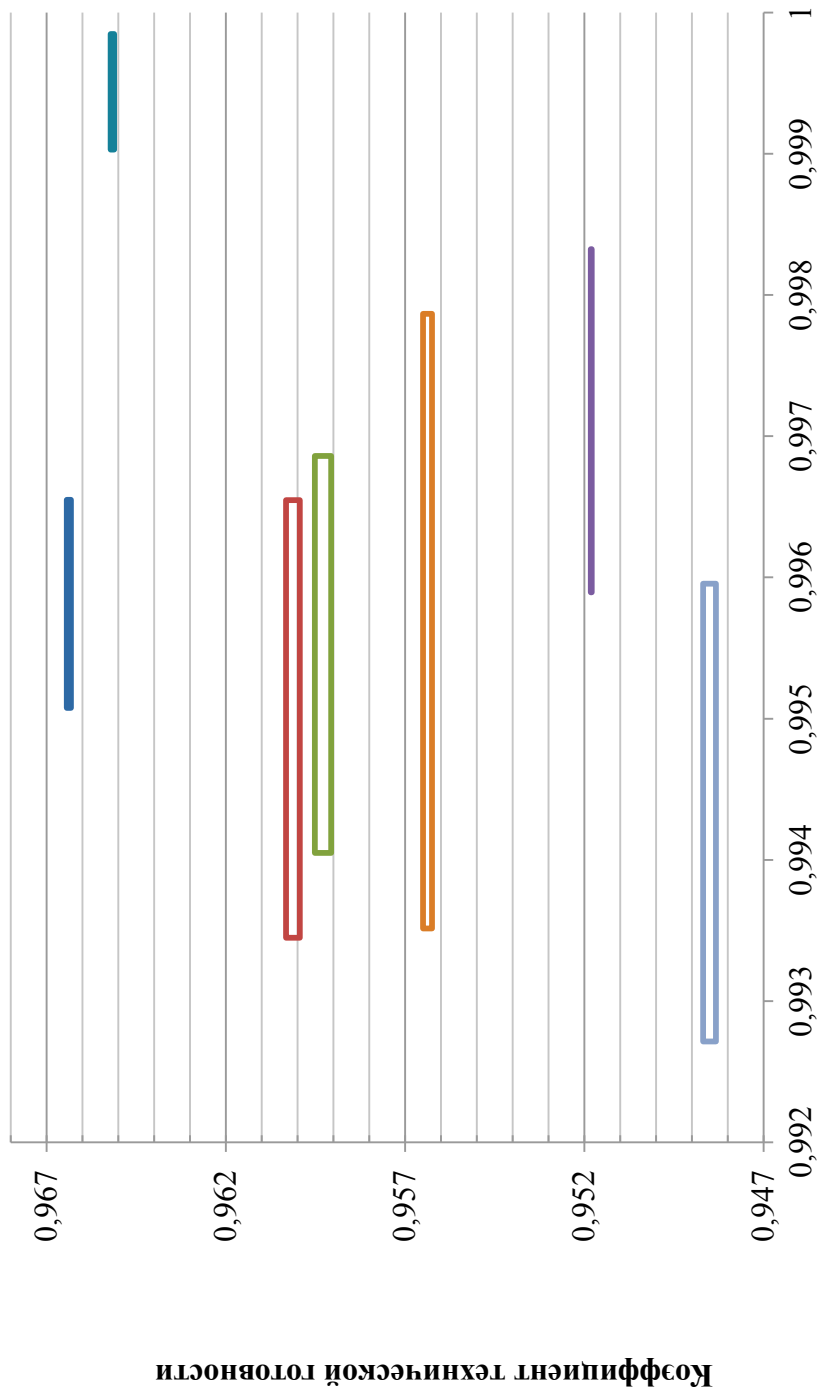
Разработанные критерии являются информационными компонентами модели поддержки принятия решений, включающую в себя пессимистичные и оптимистичные критерии для выбора вариантов реализации концепции переоснащения. Разработан количественный показатель для анализа результативности оснащённости территориальных подразделений МЧС России: критерий технической готовности.

Критерий технической готовности в совокупности с критерием оперативной готовности является пригодным для оценивания оснащённости территориальных подразделений в оперативном и техническом отношении.

Для визуализации полученных значений технической и оперативной готовности представлена графическая интерпретация результатов расчетов коэффициентов оперативной и технической готовности за один год для каждого субъекта СКФО РФ (рисунок 8).

Таким образом, предлагаемая информационно-аналитическая модель принятия решений позволяет использовать данные комплексные показатели для ранжирования территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения при переоснащении.

Например, необходимо уделить внимание в вопросах переоснащения в первую очередь субъекту 7, так как он имеет меньшие интервальные значения коэффициентов по сравнению с другими субъектами СКФО РФ.



**Коэффициент оперативной готовности**

Рисунок 8 – Геометрическая интерпретация информационно-аналитической модели поддержки управления переоснащением:

- субъект 1; — субъект 2; — субъект 3;
- субъект 4; — субъект 5; — субъект 6; — субъект 7

Таблица 2 – Результаты анализа вариационного показателя занятости критерия оперативной готовности

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений при обслуживании вызова $S_{ог}$																							
		Субъект 1		Субъект 2		Субъект 3		Субъект 4		Субъект 5		Субъект 6		Субъект 7											
		max	min	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	0,99774	0,99814	0,99967	0,98257	0,99215	0,99332	0,99397	0,99711	0,99853										
	минимакс	0,99493	0,99750	0,99418	0,99723	0,99670	0,99741	0,99789	0,99959	0,99080	0,99697	0,99397	0,99662	0,99711	0,99868										
2010	максимин	0,99031	0,99444	0,99723	0,99910	0,99150	0,99525	0,99852	0,99959	0,98509	0,99198	0,99235	0,99541	0,99708	0,99912										
	минимакс	0,99544	0,99799	0,99653	0,99852	0,99256	0,99476	0,99734	0,99888	0,99389	0,99823	0,99184	0,99526	0,99297	0,99620										
2011	максимин	0,99436	0,99710	0,99830	0,99956	0,99401	0,99586	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	0,99758	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	0,99845	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	0,99086	0,99700	0,99230	0,99590	0,99496	0,99826										
2013	максимин	0,99405	0,99686	0,99589	0,99833	0,99508	0,99655	0,99903	0,99985	0,99345	0,99655	0,99271	0,99595	0,99352	0,99787										
	минимакс	0,99709	0,99896	0,99673	0,99908	0,99670	0,99743	0,99893	0,99985	0,99603	0,99887	0,98968	0,99366	0,99352	0,99833										

Таблица 3 – Результаты анализа вариационного показателя занятости критерия технической готовности

Год	Показатель	Вариационный показатель занятости подразделений на техническое обслуживание $S_{т.г}$																							
		Субъект 1		Субъект 2		Субъект 3		Субъект 4		Субъект 5		Субъект 6		Субъект 7											
		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	0,96006	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	0,96018	0,96049	0,94865	0,94891	0,95634	0,95655										
2010	максимин	0,95874	0,95930	0,95169	0,95187	0,94688	0,94715	0,96515	0,96524	0,95967	0,96011	0,94850	0,94876	0,95621	0,95657										
	минимакс	0,95952	0,95991	0,95140	0,95169	0,94702	0,94716	0,96499	0,96514	0,96022	0,96054	0,94845	0,94876	0,95562	0,95616										
2011	максимин	0,95949	0,95979	0,95179	0,95189	0,94708	0,94725	0,96510	0,96522	0,96021	0,96049	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	0,96052	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	0,96020	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	0,96041	0,94823	0,94873	0,95620	0,95648										
2013	максимин	0,95906	0,95952	0,95180	0,95182	0,94723	0,94736	0,96512	0,96521	0,95994	0,96032	0,94833	0,94869	0,95625	0,95650										
	минимакс	0,95938	0,95981	0,95185	0,95187	0,94730	0,94737	0,96517	0,96526	0,96004	0,96044	0,94800	0,94843	0,95609	0,95640										

Предлагаемая методика основана на постулатах принятия решений в условиях риска. Это позволяет как оценить каждое из конкретных значений для  $K_{o.g}$  и  $K_{т.г}$ , так и по отдельным альтернативам получить интегральный критерий уровня риска, соответствующий каждому из вариантов принятия решений по переоснащению. Сравнение полученного интегрального критерия по отдельным альтернативам позволяет выбрать для реализации ту из них, которая приводит к избранной цели. Таким образом, с помощью коэффициентов технической и оперативной готовности ( $K_{o.g}$  и  $K_{т.г}$ ) в совокупности предлагается ранжировать субъекты РФ по предпочтительности для переоснащения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

### **Основные выводы и результаты работы:**

1. Проведен анализ проблемы принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны. Показано, что оснащение и переоснащение парка основных пожарных автомобилей должно основываться на показателях, характеризующих оперативную и техническую готовность территориальных подразделений пожарной охраны к решению задач пожаротушения.

2. Для количественной оценки оперативной и технической готовности парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны разработаны критерии оперативной и технической готовности.

3. 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.

4. Предложена информационно-аналитическая модель принятия решений по ранжированию территориальных подразделений пожарной охраны в порядке предпочтения для переоснащения парка основных пожарных автомобилей. Показано практическое применение информационно-аналитической модели на примере переоснащения основными пожарными автомобилями территориальных подразделений пожарной охраны, входящих в СКФО РФ.

5. Совокупность полученных результатов составляет теоретическую основу для разработки научно-обоснованных процедур принятия решений по оснащению и переоснащению парка основных пожарных автомобилей территориальных подразделений пожарной охраны.

## Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

### *I. Научные издания, рекомендованные ВАК России для публикации основных результатов диссертационного исследования*

1. **Шкунов С.А.** Пути и способы обеспечения боеготовности пожарного автомобиля в пожарном депо / М.М. Верзилин, Х.И. Исхаков, В.П. Назаров, Ю.Н. Кудрявцев, С.А. Шкунов // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – № 1. – С. 65–69.

2. **Шкунов С.А.** Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2014. – Вып. №6 (58). Режим доступа: <http://www.ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения 05.06.2016).

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

4. **Шкунов С.А.** Информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей / С.А. Шкунов // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 7. – С. 58–62.

### *II. Другие научные издания*

5. **Шкунов С.А.** Сравнительный анализ отказов конструктивных элементов основных пожарных автомобилей / Н.М. Журавлев, С.А. Шкунов // Сборник материалов II межвузовского научно-практического семинара, посвященного 45-летию Ивановского института ГПС МЧС России. – 2011. – С. 25–31.

6. **Шкунов С.А.** Обеспечение оперативной готовности пожарных автомобилей в пожарном депо / С.А. Шкунов // Сборник тезисов I международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – С. 196–199.

7. **Шкунов С.А.** Повышение оперативной готовности пожарных автомобилей с помощью системы контроля технического состояния аккумуляторной батареи / Е.В. Павлов, А.В. Рожков, С.А. Шкунов // Сборник тезисов III международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 52–54.

8. **Шкунов С.А.** Подход к оценке тактических возможностей средств тушения пожаров на современном этапе / А.Н. Григорьев, С.А. Шкунов // Сборник тезисов III международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – С. 113–114.

9. **Шкунов С.А.** Методика оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Сборник тезисов IV международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». В 2 ч. Ч. 2. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 241–243.

10. **Шкунов С.А.** Об анализе готовности подразделений МЧС России к переоснащению основными пожарными автомобилями / С.А. Шкунов // Сборник тезисов 24-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2015». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 235–238.

11. **Шкунов С.А.** Критерий технической готовности парка пожарных автомобилей / С.В. Соколов, С.А. Шкунов // Сборник тезисов, докладов V международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 332–335.

12. **Шкунов С.А.** Порядок построения алгоритмов для решения задачи ранжирования субъектов РФ по предпочтительности для реализации концепции переоснащения парка пожарных автомобилей / С.В. Соколов, С.А. Шкунов // Сборник тезисов, докладов V международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 335–339.

13. **Шкунов С.А.** Анализ данных о пожарах, произошедших на территории России в XX и XXI вв. / М.М. Данилов, А.М. Данилов, А.Н. Денисов, С.А. Шкунов, А.И. Султаханов // Сборник тезисов, докладов V международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 58–60.

14. **Шкунов С.А.** Устойчивость значений оперативной готовности парка основных пожарных автомобилей в территориальных гарнизонах пожарной охраны / С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов, Ю.С. Зайченко // Сборник материалов VI научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 308–310.

15. **Шкунов С.А.** Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах / С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов, Ю.С. Зайченко // Сборник материалов XXIX международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. В 2 ч. Ч. 2: Горение и проблемы тушения пожаров. – М.: ВНИИПО, 2017. – С. 465–470.

***Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и патент на полезную модель:***

16. **Шкунов С.А.** Программа по оценке коэффициентов технической готовности и оснащенности пожарных подразделений / М.В. Алешков, С.А. Шкунов, В.В. Робенко, В.А. Федяев // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 29 марта 2017 года № 2017613787.

Подписано в печать 26.03.2018 г. Формат 60×90 1/16.  
Печать офсетная. Тираж 100 экз. Заказ № 007.  
Академия ГПС МЧС России. 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4