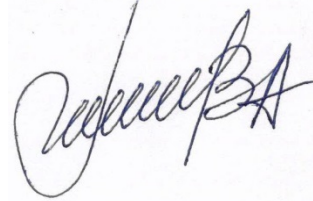


На правах рукописи



Малько Валерий Анатольевич

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ РЕОРГАНИЗАЦИИ
РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ
ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России на кафедре управления и экономики Государственной противопожарной службы (в составе научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем Государственной противопожарной службы).

Научный руководитель: **Присяжнюк Николай Леонидович**,
заслуженный работник высшей школы РФ,
кандидат технических наук, доцент, профессор
кафедры управления и экономики ГПС научно-
образовательного комплекса организационно-
управленческих проблем ГПС Академии ГПС
МЧС России

Официальные оппоненты: **Бурков Владимир Николаевич**,
заслуженный деятель науки РФ, доктор
технических наук, профессор, главный научный
сотрудник ФГБУН Института проблем
управления им. В.А. Трапезникова Российской
академии наук

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

Ведущая организация: ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Защита диссертации состоится 25 марта 2020 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 205.002.01 в Академии ГПС МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4, зал диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии Государственной противопожарной службы МЧС России и на сайте: <https://academy.gps.ru/upload/iblock/7ec/7ecf304d0c9e6f5c5f6ee3d4abceabd9.pdf>

Автореферат разослан 22 января 2020 года.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить в Академию ГПС МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Р. Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Согласно Указу Президента Российской Федерации «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года», «целью государственной политики в области пожарной безопасности является обеспечение необходимого уровня защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров», а одним из приоритетных направлений развития пожарной охраны – реорганизация пожарно-спасательных подразделений страны. С 2014 года, согласно Конституции Российской Федерации, Федеральному закону «О ратификации договора между Российской Федерацией и Республикой Крым о принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов» и Федеральному конституционному закону «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя», Россия состоит из 85 равноправных субъектов. Обеспечение необходимого уровня защищенности всех субъектов от пожаров – это основной вектор развития системы обеспечения пожарной безопасности страны. Особую актуальность данный вопрос приобретает в связи с тем, что образованные в составе Российской Федерации новые субъекты – Республика Крым и город федерального значения Севастополь более 20 лет существовали в рамках правового поля другого государства, где действовала иная система обеспечения пожарной безопасности. Поэтому на сегодняшний день требуется обеспечить интеграцию данных субъектов не только в существующую социально-экономическую систему нашей страны, но также и в систему обеспечения пожарной безопасности.

При этом в данной диссертационной работе вопрос реорганизации не затрагивает всю систему обеспечения пожарной безопасности как «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ». Автором рассматриваются только некоторые аспекты системы обеспечения пожарной безопасности, связанные с обоснованием численности пожарных подразделений и местом их дислокации на основе оценки пожарных рисков, которые также требуют управленческих решений.

Степень разработанности темы исследования. Методологической основой диссертационной работы являются результаты научной деятельности таких отечественных ученых, как Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, А.В. Матюшин, Е.А. Мешалкин, А.А. Порошин, В.Б. Коробко, Ю.М. Глуховенко, Н.Л. Присяжнюк, С.Н. Тростянский, С.С. Тимофеева, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков и другие. Результаты их исследований позволили сформировать основу методологии обоснования реорганизации системы обеспечения пожарной безопасности, как отдельной территории, так и страны в целом. Однако рассматриваемые ими пожарные риски показывают либо социальную, либо экономическую составляющую пожарной опасности, тогда

как само определение: «пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей» подразумевает комплексную (интегральную) оценку.

Вопросы интегральной оценки различных показателей в других сферах деятельности исследовали: А.Д. Шеремет, М.Э. Буянова, А.Э. Калинина, Н.И. Яшина, А.А. Кизина, С.П. Спиридонов, С.А. Айвазян, Н.А. Нагимова и другие. Результаты их научных трудов также лежат в основе диссертационной работы.

Цель работы – разработать модель и алгоритмы реорганизации региональной системы обеспечения пожарной безопасности на основе оценки пожарных рисков.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие **задачи**:

- провести сравнительный анализ пожарной опасности субъектов Российской Федерации на основе интегральных (территориальных) пожарных рисков;
- проанализировать нормативно-правовую базу в области учета пожаров и мест дислокации подразделений пожарной охраны и дать сравнительную оценку;
- разработать методику и алгоритмы оценки интегрального социально-экономического показателя пожарного риска для административно-территориальных единиц Российской Федерации и на их основе провести ранжирование АТЕ по уровню пожарной опасности;
- разработать информационно-аналитическую модель поддержки управления региональной системой обеспечения пожарной безопасности, которая позволит формировать научно-обоснованные предложения по совершенствованию систем противопожарной защиты административно-территориальных единиц.

Объектом исследования является реорганизация системы обеспечения пожарной безопасности на основе пожарных рисков.

Предмет исследования – управление реорганизацией региональной системы обеспечения пожарной безопасности на основе пожарных рисков.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработаны алгоритмы оценки пожарной опасности административно-территориальных единиц;
- разработана методика оценки интегрального социально-экономического показателя пожарного риска административно-территориальных единиц;
- разработана информационно-аналитическая модель поддержки управления региональной системой пожарной безопасности различных административно-территориальных единиц.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что на основании выполненных исследований и полученных научных результатов предложен интегральный социально-экономический

показатель пожарного риска, позволяющий ранжировать административно-территориальные единицы по уровню пожарной опасности.

Практическая значимость работы заключается в:

– возможности ранжирования по уровням пожарной опасности административно-территориальных единиц с помощью разработанной методики оценки интегрального социально-экономического показателя пожарного риска;

– совершенствовании организационного проектирования систем обеспечения пожарной безопасности административно-территориальных единиц.

Методология и методы исследования. Основными методами, соответствующими поставленным задачам, являются методы системного анализа, математической и социальной статистики, математического моделирования.

Материалы диссертационной работы реализованы:

– при планировании и проведении мероприятий по разработке программы развития территориальных органов МЧС в Республике Крым;

– при планировании и проведении мероприятий по разработке программы развития территориальных органов МЧС в городе федерального значения Севастополе;

– при выполнении научно-исследовательской работы по теме «Корректировка методики оценки результативности и эффективности деятельности контрольно-надзорных органов МЧС России с учетом предотвращенного ущерба» (Рег. № НИОКТР АААА-А18-118041390097-1);

– в учебном процессе Академии Государственной противопожарной службы МЧС России при выполнении выпускных квалификационных работ слушателей факультета руководящих кадров по направлению подготовки 38.04.04 «Государственное и муниципальное управление»;

– в учебном процессе Академии Государственной противопожарной службы МЧС России при подготовке фондовой лекции по дисциплине «Экономическая оценка управленческих решений» на тему: «Принятие управленческих решений в условиях неопределенности и риска».

Положения, выносимые на защиту:

– алгоритм выбора частных пожарных рисков для интегрального социально-экономического показателя пожарного риска;

– алгоритм оценки уровней пожарной опасности административно-территориальных единиц;

– методика оценки интегрального социально-экономического показателя пожарного риска, позволяющая ранжировать административно-территориальные единицы по уровню пожарной опасности;

– информационно-аналитическая модель поддержки управления реорганизацией региональных пожарно-спасательных подразделений сельской местности.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов работы достигнута за счет использования

официальных статистических данных, применения апробированного математического аппарата, согласованности полученных результатов с результатами работ других исследователей, удовлетворительной сходимости эмпирических и теоретических результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Структура, объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, приложения. Общий объем диссертационной работы – 167 страниц. Работа содержит 45 рисунков и 36 таблиц. Библиографический список включает в себя 130 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, определены объект и предмет исследования, поставлены цель и задачи диссертационной работы, представлены сведения о научных результатах и практической значимости исследования.

В первой главе «Анализ проблемных вопросов реорганизации системы обеспечения пожарной безопасности субъектов Российской Федерации» был проведен сравнительный анализ и оценка пожарной опасности по Российской Федерации (РФ), Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, а также Республики Крым и города федерального значения Севастополь на основе интегральных (территориальных) пожарных рисков (рисунки 1–3). Сравнение новых субъектов с Южным федеральным округом (ЮФО) и Северо-Кавказским федеральным округом (СКФО) обосновано тем, что эти территории очень схожи по климатическим, географическим, демографическим и другим характеристикам.

В результате исследования установлено, что динамика основных пожарных рисков в течение 11 лет имела тенденцию к снижению как в Российской Федерации, так и в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Так, например, если в 2008 году в РФ на каждую 1000 человек приходилось 1,413 пожаров, то в 2018 году – 0,897. На протяжении всего исследуемого периода не наблюдается никаких скачков, только плавное снижение. Аналогичную картину наблюдаем в ЮФО и СКФО по всем интегральным пожарным рискам. Новые субъекты РФ – Республика Крым и г. Севастополь имеют совсем иную динамику пожарных рисков. Когда они находились в составе другой страны, их показатели рисков преимущественно росли. Например, в 2012 году в городе Севастополе на каждую 1000 человек случалось 2,563 пожаров, что в 2,268 пожаров больше, чем в РФ. После перехода данных субъектов в состав РФ их показатели рисков R_1 и R_3 снизились, а показатели R_2 , напротив, возросли.

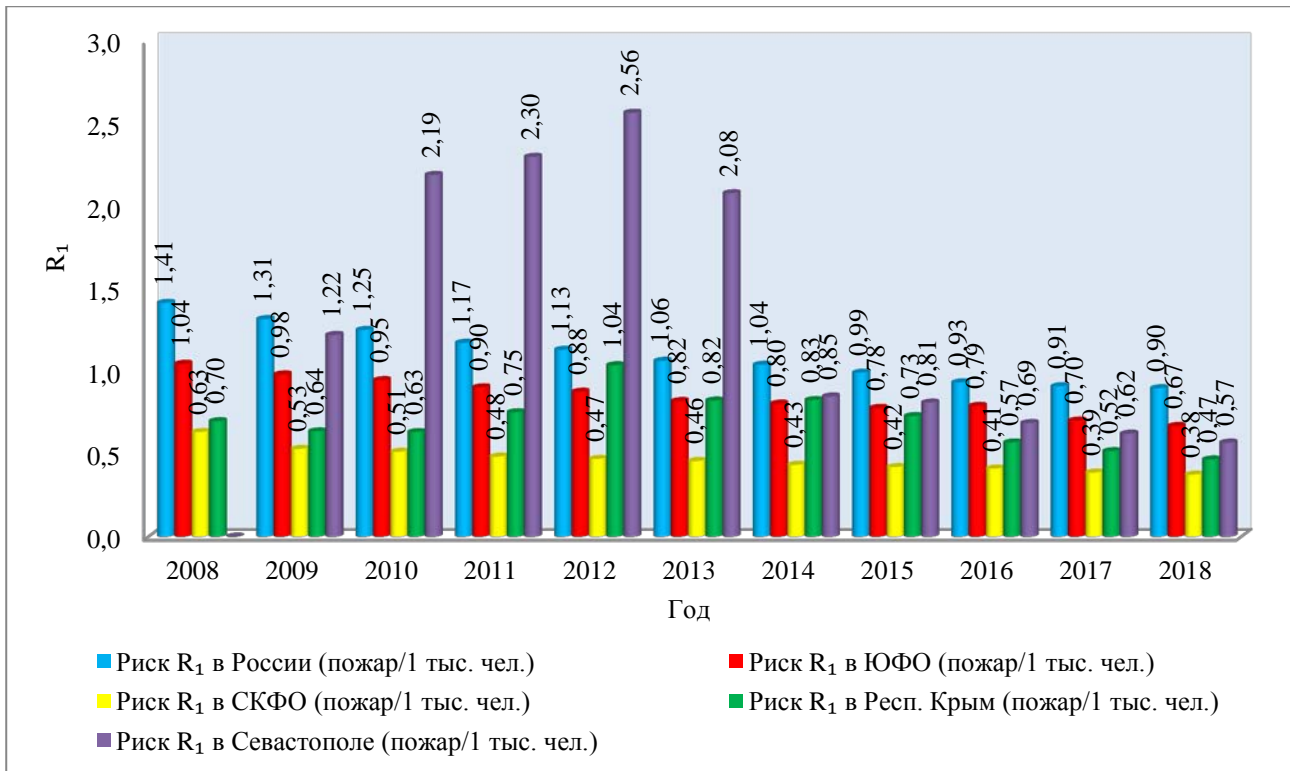


Рисунок 1 – Результаты расчетов пожарных рисков R_1 по исследуемым территориям за 2008–2018 гг.

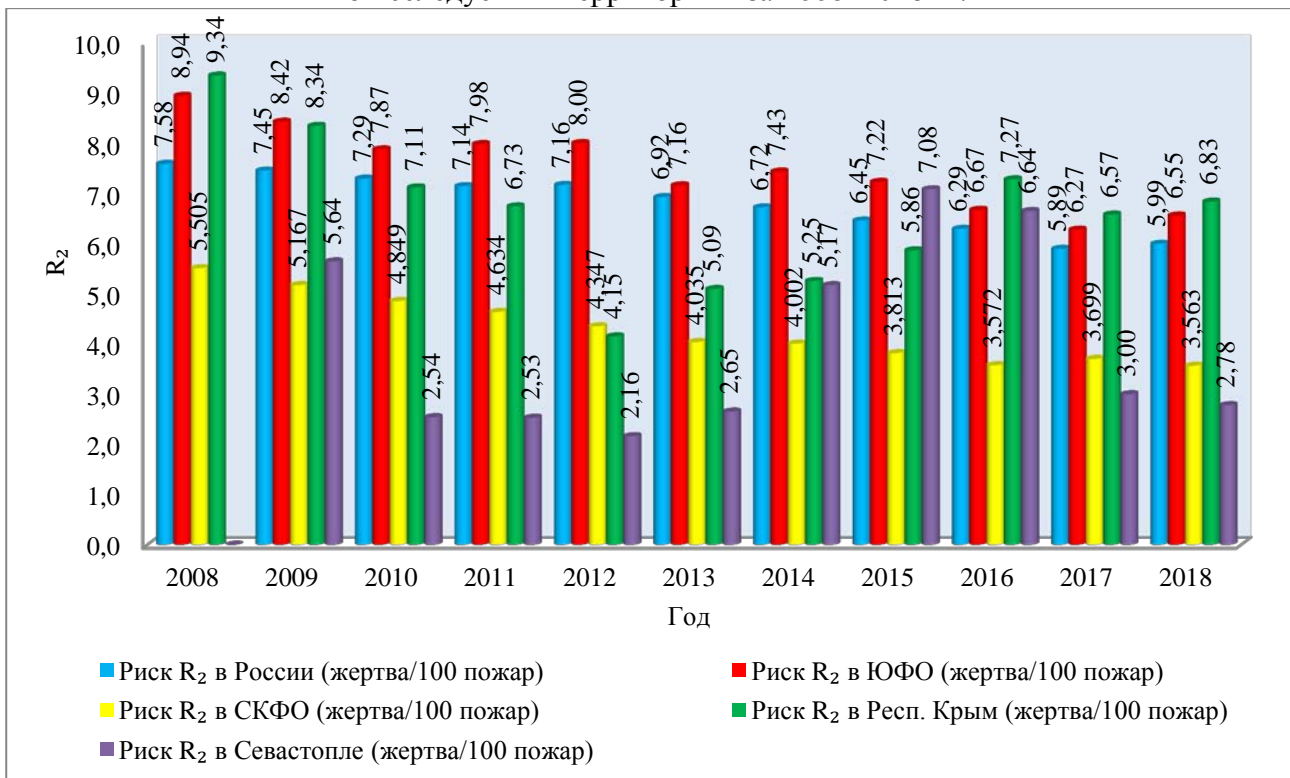


Рисунок 2 – Результаты расчетов пожарных рисков R_2 по исследуемым территориям за 2008–2018 гг.

Для дальнейшего изучения пожарной опасности новых субъектов РФ был проведен анализ нормативно-правовой базы в области организации пожарной безопасности субъектов РФ, а именно: нормирование в области учёта пожаров и их последствий и нормирование числа пожарных депо в городах.

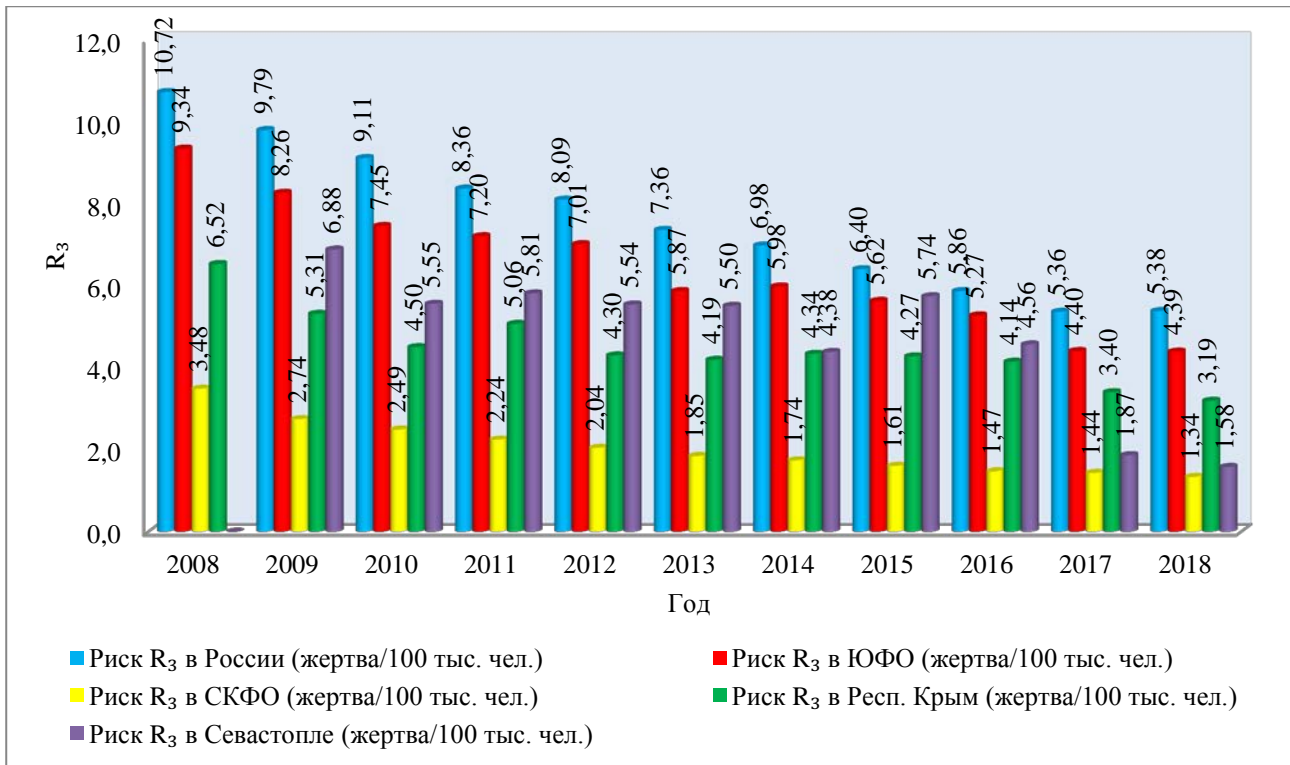


Рисунок 3 – Результаты расчетов пожарных рисков R_3 по исследуемым территориям за 2008–2018 гг.

Сравнительным анализом нормативных документов, регламентирующих порядок учёта пожаров и их последствий, установлено, что действовавшая до 2014 г. в Крыму и г. Севастополе украинская нормативная база в области пожарной безопасности существенно отличалась от нормативной базы РФ. Существовал иной порядок учета пожаров, погибших и травмированных при пожарах людей. Случаи горения не делились на «пожары» и «загорания», поэтому значения интегральных пожарных рисков в Республике Крым и г. Севастополь до 2014 года в значительной мере отличались от среднероссийских значений рисков, а также значений рисков по Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам. В Российской Федерации загорания не подлежали официальному статистическому учету до 2019 года, при этом их число ежегодно росло. При неизменной численности населения и таких правилах учета пожаров значения пожарных рисков, конечно же, уменьшались, что и наблюдалось при анализе статистических данные по новым субъектам Российской Федерации.

Данные о последствиях пожаров тоже претерпели изменения. Например, по результатам статистического учета за 2018 год число погибших при пожарах в Республике Крым составило 61 человек, травмированных – 65 человек. За аналогичный период в 2013 году жертвами пожаров стали 82 человека, что на 34,4% больше, чем в 2018, травмы при пожарах получили 40 человек, что на 38,5% меньше. При этом общее количество погибших и травмированных в 2018 году составило 126 человек, а в 2013 году 122 (на 3,2% меньше). Такие показатели нельзя считать положительной динамикой в борьбе с последствиями пожаров ввиду существенной разницы порядка учета погибших и травмированных. Несомненно, изменения в законодательстве Российской

Федерации должны изменить эту ситуацию, однако новые статистические данные появятся не раньше середины 2020 года.

Существующие нормативы по нормированию числа пожарных депо, пожарных автомобилей также вызывают вопросы, решение которых требует научного подхода и должного обоснования. Это необходимо для построения качественной системы обеспечения пожарной безопасности как в Республике Крым, так и в любом другом регионе Российской Федерации.

В условиях постоянно меняющегося порядка учета пожаров и их последствий необходимо разработать новый подход к оценке пожарной опасности территорий. Основными особенностями нового подхода должны быть: минимальная чувствительность к изменениям в законодательстве, возможность учитывать социальные и экономические составляющие последствий пожаров, возможность ранжировать территории по уровню их пожарной опасности. Это позволило бы выявлять те территории, где пожарная опасность выше, по сравнению с аналогичными территориями, с целью её снижения.

Во второй главе «Обоснование интегрального социально-экономического показателя пожарного риска» проведен анализ таких интегральных показателей пожарной опасности территорий, как: комплексный показатель пожарной опасности сельских населенных пунктов ($K_{по}^c$); комплексный показатель пожарного риска субъектов ($K_{R_{п.о}}^i$); интегральные пожарные риски для оценки риска человека столкнуться с пожаром в жилом секторе (R_{1zit}) и риск гибели человека при пожаре в жилом секторе (R_{3zit}).

В работе рассмотрены подходы оценки интегральных показателей в других сферах деятельности, например: оценка состояния информатизации экономик регионов Российской Федерации (R_i), оценка качества жизни населения при помощи интегрального социально-экономического показателя ($Q(u)$), оценка рисков социально-политических и экономических процессов государственной политики различных стран мира ($K_{инт}^{*эксп}$).

При анализе существующих подходов к интегральной оценке пожарных рисков, комплексной оценке пожарной опасности административно-территориальных единиц, интегральной оценке в других сферах деятельности были выделены существенные, с нашей точки зрения, недостатки: оцениваются либо только социальные, либо только экономические составляющие; наличие показателей «двойников», которые оказывают практически одинаковое, взаимозаменяющее влияние на результирующий фактор; сложность использования модели ввиду большого количества показателей, значения которых не всегда подлежат официальному статистическому учету, повторение одних и тех же методик с незначительными изменениями.

В связи с этим введен новый интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР) и разработана методика определения (ИСЭППР) для оценки уровня пожарной опасности административно-территориальных единиц. Методика состоит из четырёх этапов.

На *первом этапе* осуществляется формирование определенной совокупности частных показателей (отдельных пожарных рисков), на базе

которых сформирован интегральный показатель. Для формирования частных показателей в работе предложен алгоритм, блок-схема которого представлена на рисунке 4.

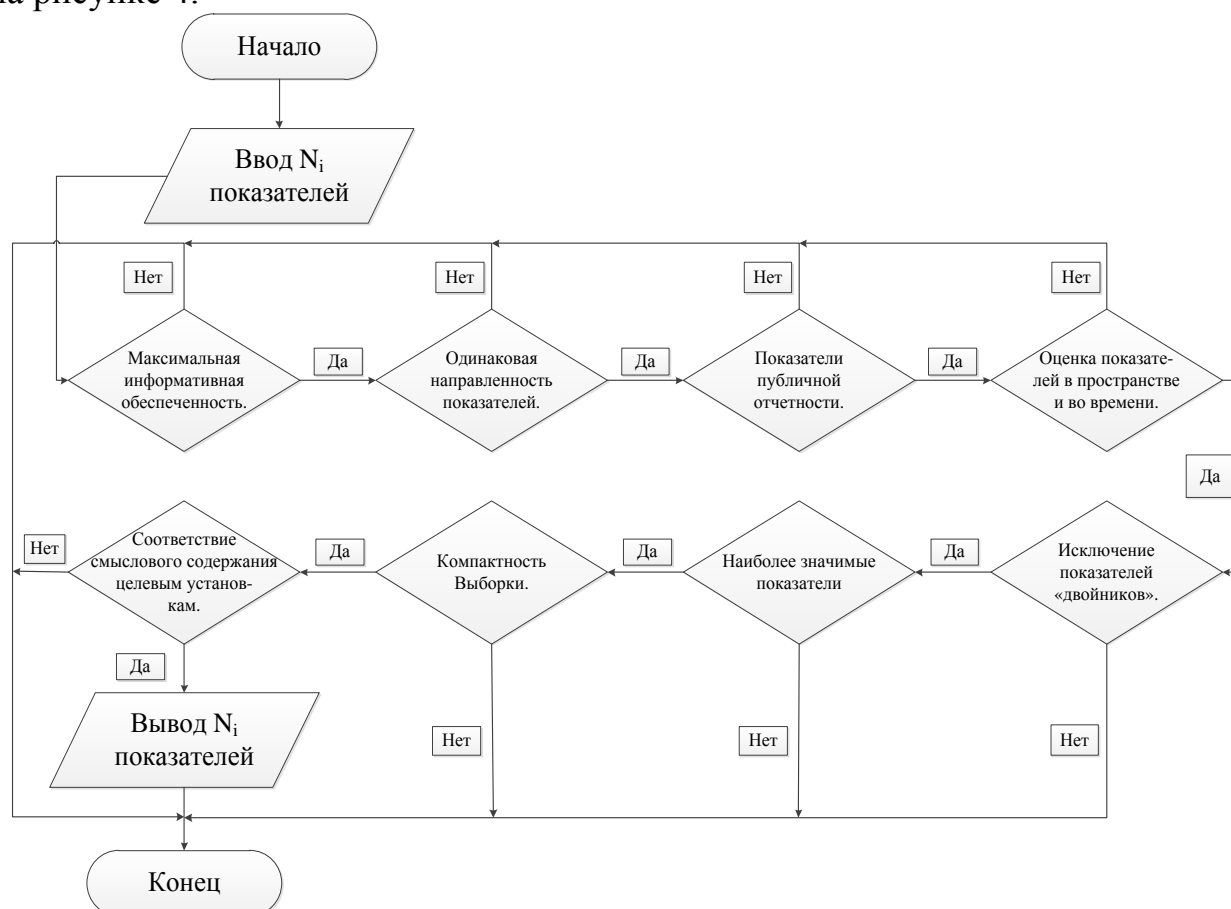


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма формирования частных показателей для интегрального социально-экономического показателя пожарного риска

Для решения поставленной задачи по определению ИСЭППР автором выбраны такие показатели пожарной опасности, как: число погибших при пожарах на исследуемой территории за единицу времени, число травмированных при пожарах на исследуемой территории за единицу времени, материальный ущерб, нанесенный пожарами за единицу времени. По этим показателям рассчитывались следующие частные пожарные риски.

1. Риск гибели человека в результате пожара за единицу времени R_r . Под единицей времени понимается исследуемый период, равный одному году. Данный риск рассчитывается по формуле:

$$R_r = \frac{N_{\text{погибших}}}{N_{\text{жителей}}} \left[\frac{\text{жертва}}{10^3 \text{чел.} \cdot \text{год}} \right], \quad (1)$$

где $N_{\text{погибших}}$ – число погибших людей при пожаре на исследуемой территории; $N_{\text{жителей}}$ – число людей, постоянно проживающих на исследуемой территории.

2. Риск человека быть травмированным в результате пожара за единицу времени R_T . Данный риск определяется по формуле:

$$R_T = \frac{N_{\text{травм.}}}{N_{\text{жителей}}} \left[\frac{\text{травм.}}{10^3 \text{чел.} \cdot \text{год}} \right], \quad (2)$$

где $N_{\text{травм.}}$ – число травмированных людей при пожаре на исследуемой территории.

3. Риск материального (экономического) ущерба за единицу времени R_y . Он определяется по формуле:

$$R_y = \frac{C}{N_{\text{жителей}}} \left[\frac{\text{денежная единица}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right], \quad (3)$$

где C – прямой материальный ущерб от пожара. Для Российской Федерации этот показатель выражается в рублях.

На *втором этапе* в работе проводится стандартизация выбранных частных пожарных рисков. Так как частные показатели имеют различную размерность и весомость, они приводятся к безразмерному виду, к общему началу отсчета, к единому интервалу измерения. Для этого используется метод, базирующийся на линейном преобразовании исходных показателей. Для стандартизации частных пожарных рисков в работе используется формула:

$$R_{ij}^* = \frac{R_{ij} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}}, 0 \leq R_i^* \leq 1 \quad (4)$$

где R_{ij}^* – стандартизированный i -й пожарный риск ($i = 1, 2, 3$) по j -й анализируемой территории (объекту исследования); R_{ij} – показатель i -го пожарного риска по j -й анализируемой территории (объекту исследования) в соответствующих ему единицах измерения; $R_{i \min}$ – минимальное значение i -го пожарного риска в анализируемой совокупности территорий в соответствующих ему единицах измерения; $R_{i \max}$ – максимальное значение i -го пожарного риска в анализируемой совокупности территорий в соответствующих ему единицах измерения.

На *третьем этапе* определяются весовые коэффициенты значимости стандартизируемых пожарных рисков. Необходимость учета таких коэффициентов следует из того, что одни показатели являются более весомыми, а другие имеют меньший вес (менее значимы). Для этого в работе применялось правило точечных оценок Фишберна:

$$k_i^N = \frac{2(N - i + 1)}{(N + 1)N}, \quad (5)$$

где k_i^N – вес i -го показателя; N – число показателей в анализируемой совокупности ($N = 3$); i – порядковый номер в группе показателей.

Данные коэффициенты рассчитываются один раз и в дальнейшем используются как константы. Для применения формулы Фишберна набор стандартизированных показателей был упорядочен, начиная с самого весомого и заканчивая наименее весомым показателем ($R_r^* \geq R_t^* \geq R_y^*$).

Исходя из практических соображений стандартизированные риски были распределены так: стандартизированный риск человека погибнуть в результате пожара за единицу времени (R_r^*) порядковый номер $i = 1$; стандартизированный риск человека быть травмированным в результате пожара за единицу времени (R_t^*) – $i = 2$; стандартизированный риск материального (экономического) ущерба за единицу времени (R_y^*) – $i = 3$.

Применив формулу Фишберна, получили следующие коэффициенты: для R_r^* $k_1 = 0,5$; для R_t^* $k_2 = 0,33$; для R_y^* $k_3 = 0,17$.

На четвертом этапе был определен способ интеграции отдельных частных характеристик в сводную оценку показателя пожарного риска. Таких способов существует немало, однако в целях того, чтобы искомый интегральный социально-экономический показатель пожарного риска находился в интервале $[0; 1]$, использовалась формула:

$$R_j^{сэ} = R_{\Gamma}^* \cdot k_1 + R_{\text{Т}}^* \cdot k_2 + R_{\text{У}}^* \cdot k_3; \quad 0 \leq R_j^{сэ} \leq 1, \quad (6)$$

где $R_j^{сэ}$ – интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР) j -го региона (территории).

Полученный показатель пожарной опасности можно отнести к тому или иному уровню пожарной опасности, что делает его понятным для любого человека. Уровни пожарной опасности определяются по таблице 1.

Таблица 1 – Уровни пожарной опасности по интегральному социально-экономическому показателю пожарного риска

Численное значение	Уровень пожарной опасности
(0,75; 1]	Исключительно высокий
(0,5; 0,75]	Высокий
(0,25; 0,5]	Средний
[0; 0,25]	Низкий

ИСЭППР может быть использован для определения уровня пожарной опасности в регионах, субъектах или на любой другой территории за один год. По ИСЭППР можно оценивать отдельно сельскую и городскую территорию, отдельные группы населения (дети, пожилые и т.п.) и др. Спектр применения данного показателя очень велик. Блок-схема алгоритма оценки уровней пожарной опасности административно-территориальных единиц представлена на рисунке 5.

Интегральный социально-экономический пожарный риск в денежном эквиваленте выражается с помощью формулы:

$$R_j^{сэд} = N_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} + N_{\text{Т}} \cdot C_{\text{Т}} + \text{У}, \quad (7)$$

где N_{Γ} , $N_{\text{Т}}$ – количество погибших и травмированных человек от пожаров за год; У – материальный ущерб от пожаров за год; C_{Γ} , $C_{\text{Т}}$ – стоимостной эквивалент погибшего и травмированного человека соответственно, руб.

Согласно федеральной целевой программе «Пожарная опасность в Российской Федерации на период до 2017 года» C_{Γ} можно принимать равным 4 млн руб., $C_{\text{Т}}$ – равным 0,5 млн руб.

В расчете на одного человека (индивидуальный) социально-экономический пожарный риск в денежном выражении имеет следующий вид:

$$R_j^{\text{исэд}} = \frac{N_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} + N_{\text{Т}} \cdot C_{\text{Т}} + \text{У}}{N_{\text{ч}}}, \quad (8)$$

где $N_{\text{ч}}$ – число людей, проживающих на исследуемой территории.

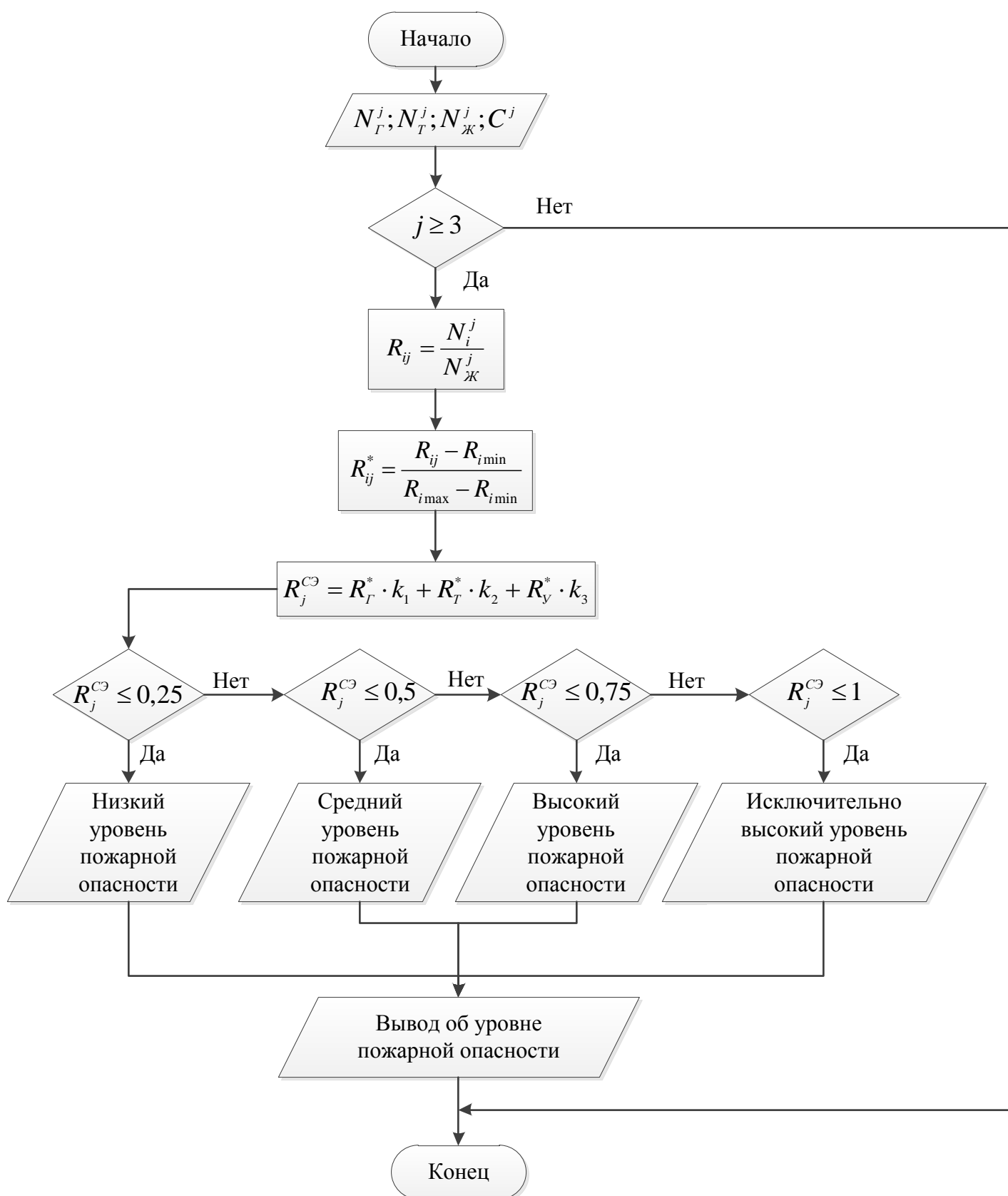


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма оценки уровней пожарной опасности административно-территориальных единиц

Стоимость человеческой жизни – условная экономическая величина, так как с точки зрения общества человеческая жизнь бесценна и не является предметом торга.

На основе разработанной методики определения интегрального социально-экономического показателя пожарного риска проведена оценка уровней пожарной опасности субъектов, входящих в состав Южного регионального центра МЧС России в 2017 году. Полученные результаты представлены на графике (рисунок 6).

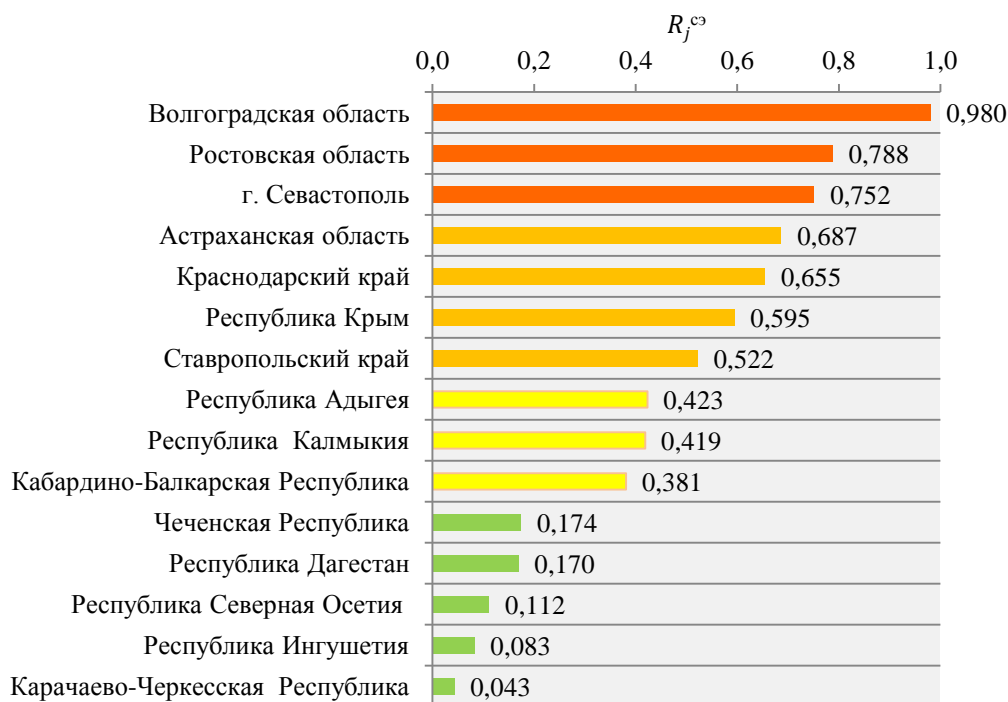


Рисунок 6 – График распределения субъектов, входящих в состав Южного регионального центра МЧС России, в порядке их убывания по уровню пожарной опасности

Из рисунка 6 следует, что в Волгоградской, Ростовской областях, а также в городе федерального значения Севастополе в 2017 году наблюдался исключительно высокий уровень пожарной опасности. В Астраханской области, Краснодарском, Ставропольском краях, Республике Крым – высокий уровень пожарной опасности. В Республиках Адыгея, Калмыкия, Северная Осетия, Ингушетия, а также Кабардино-Балкарской, Чеченской, Карачаево-Черкесской Республиках – средний и низкий уровни пожарной опасности.

Далее проведена оценка уровней пожарной опасности административно-территориальных единиц Республики Крым и города федерального значения Севастополь. Для этого использовались усредненные статистические данные за период с 2014 по 2017 годы. По результатам расчётов административно-территориальные единицы выстроились по уровню пожарной опасности от самого высокого (Армянский городской округ) до самого низкого (городской округ Симферополь) (рисунок 7). Таким образом, были определены те административно-территориальные единицы, в которых, по мнению автора, необходимо провести реорганизацию территориальных подразделений пожарной охраны в первую очередь.

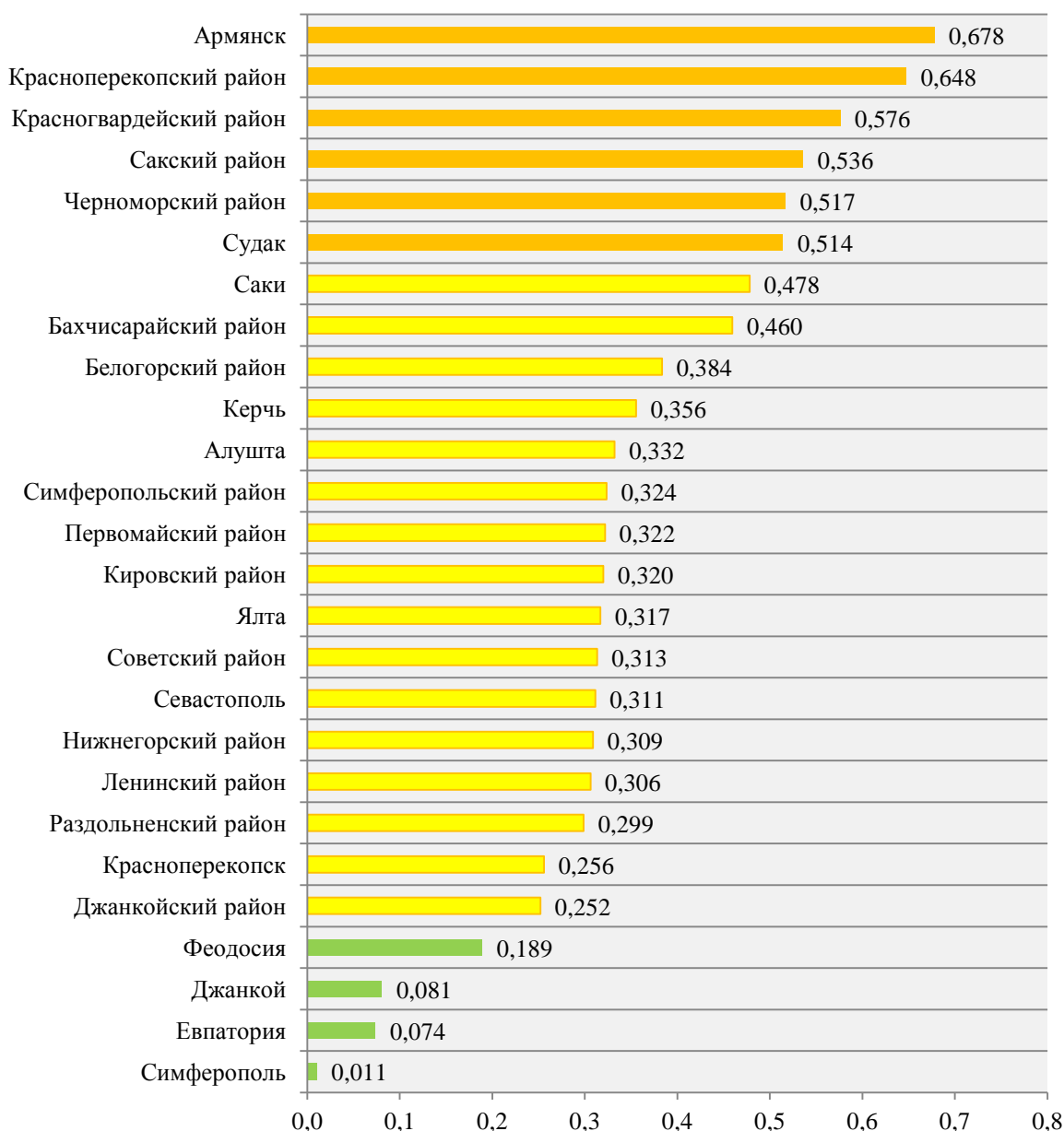


Рисунок 7 – Распределение административно-территориальных единиц Крыма по пожарной опасности на основе расчётов интегрального социально-экономического показателя пожарного риска

В главе 3 «Моделирование процессов функционирования территориальных подразделений пожарной охраны Крыма с целью снижения уровня пожарной опасности» предложена информационно-аналитическая модель реорганизации региональных пожарно-спасательных подразделений сельской местности.

На основе полученных результатов ранжирования административно-территориальных единиц Республики Крым и города Севастополь были выявлены территории с высоким уровнем пожарной опасности в этих субъектах. Таковыми стали: городской округ Армянск, Красноперекоский, Красногвардейский, Сакский, Черноморский районы, городской округ Судак.

Для снижения уровня пожарной опасности на этих территориях был проведен анализ деятельности пожарно-спасательных подразделений. В ходе

анализа получены результаты, продемонстрированные на рисунке 8, в таблице 2.

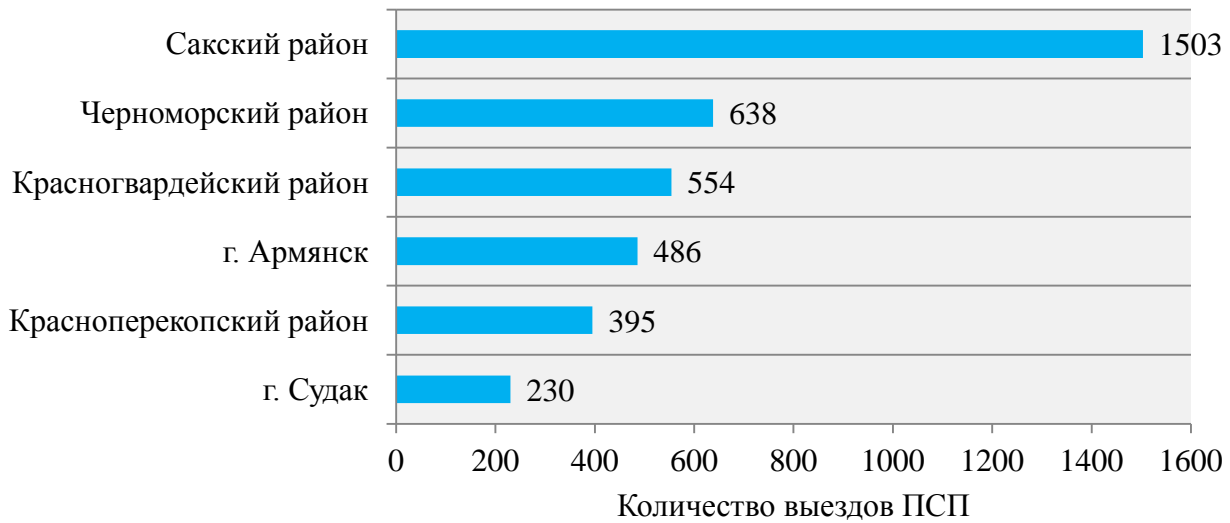


Рисунок 8 – Динамика общего числа выездов ПСП в Республике Крым по административно-территориальным единицам за 2014–2017 годы

Таблица 2 – Оперативная обстановка (число выездов) в Республике Крым по административно-территориальным единицам за 2014–2017 годы

№	Территориальная единица	Год				Сумма	λ выз./сут.
		2014	2015	2016	2017		
1	г. Армянск	71	147	147	121	486	0,333
2	Красноперекоский район	96	106	113	80	395	0,270
3	Красногвардейский район	91	205	123	135	554	0,379
4	Сакский район	297	414	367	425	1503	1,029
5	Черноморский район	73	208	175	182	638	0,437
6	г. Судак	51	52	73	54	230	0,157

Из таблицы 2 и рисунка 8 видно, что наибольшая плотность потока вызовов наблюдалась в Сакском, Черноморском и Красногвардейском районах. К менее загруженным территориям можно отнести Красноперекоский район и г. Судак.

Любые деструктивные события (пожары, взрывы, дорожно-транспортные происшествия) носят случайный характер. Несмотря на случайность возникновения таких событий, они с достаточной точностью описываются математическими распределениями. Так, возникновение деструктивных событий на исследуемых территориях было смоделировано с помощью распределения Пуассона. Полученные результаты представлены в виде графиков (рисунок 9). Степень сходимости эмпирических и теоретических данных оценивали с помощью критерия Романовского, который ни в одном из случаев не превышал 3. Распределение Пуассона принято в качестве модели возникновения деструктивных событий (ДС) на исследуемых территориях Республики Крым.

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda_{ДС} \cdot \tau)^k}{k!} e^{-\lambda_{ДС}\tau} \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (9)$$

где $P_k(\tau)$ – вероятность того, что за время τ в населенном пункте возникнет k ДС.

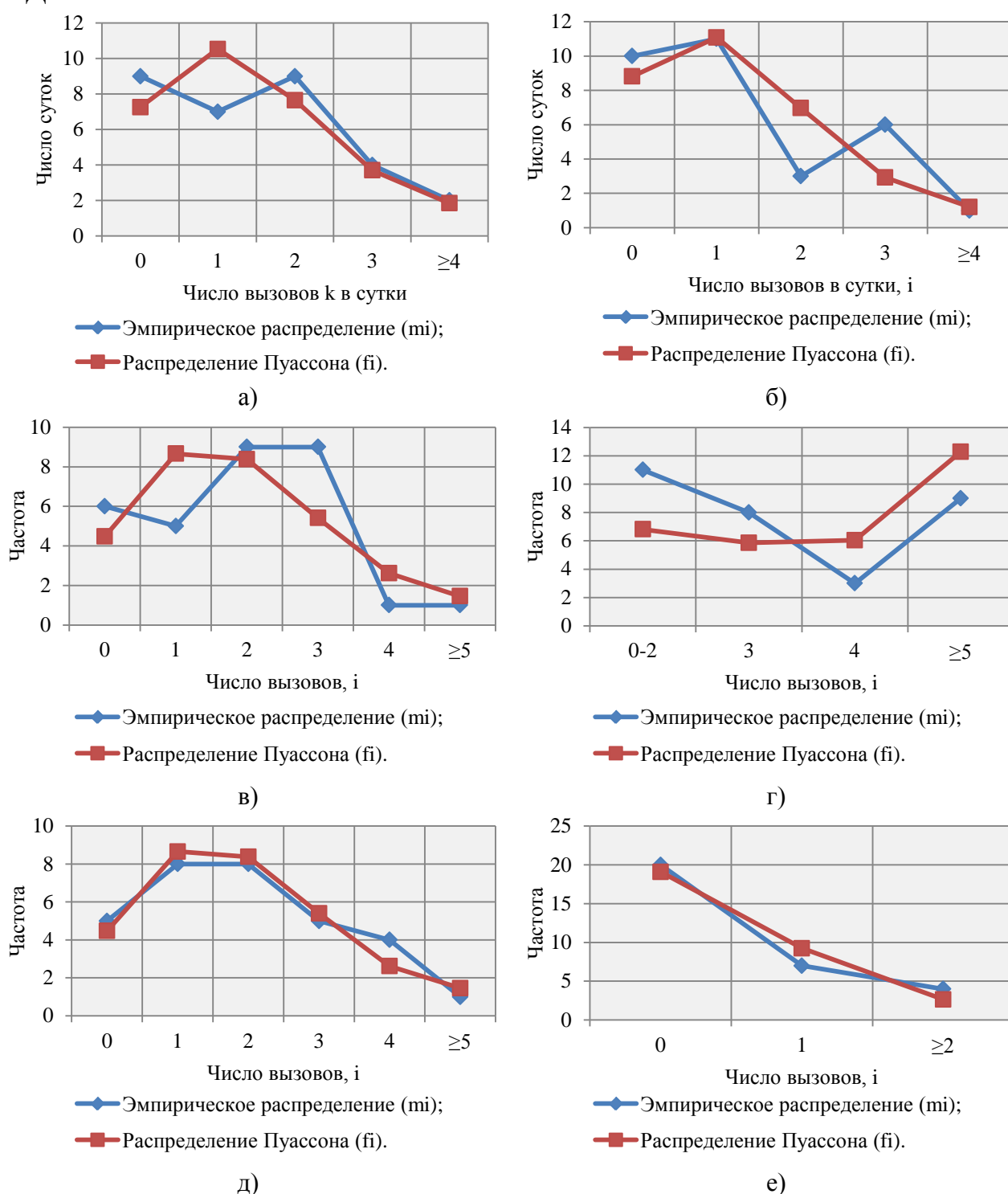


Рисунок 9 – Эмпирические и теоретические распределения потоков ДС в административно-территориальных единицах Республики Крым: а) – в городском округе Армянск в августе 2016 г.; б) – в Красноперекопском районе в июле 2016 г.; в) – в Красногвардейском районе в августе 2015 г.; г) – в Сакском районе в августе 2017 г.; д) – в Черноморском районе в августе 2015 г.; е) – в городском округе Судак в августе 2016 г.

Для моделирования временных характеристик («время занятости» и «время прибытия») процессов функционирования пожарно-спасательных подразделений использовалось распределение Эрланга того или иного порядка (формула 10). Полученные результаты представлены на рисунке 10.

$$f(\tau) = \mu \left[\frac{(\mu\tau)^r}{r!} \right] e^{-\mu\tau} \quad (\tau \geq 0; r = 0, 1, 2, \dots), \quad (10)$$

где $\mu = (r + 1)/\tau_{\text{ср}}$ – постоянный параметр распределения Эрланга; $\tau_{\text{ср}}$ – среднее значение изучаемой величины; r – порядок распределения.

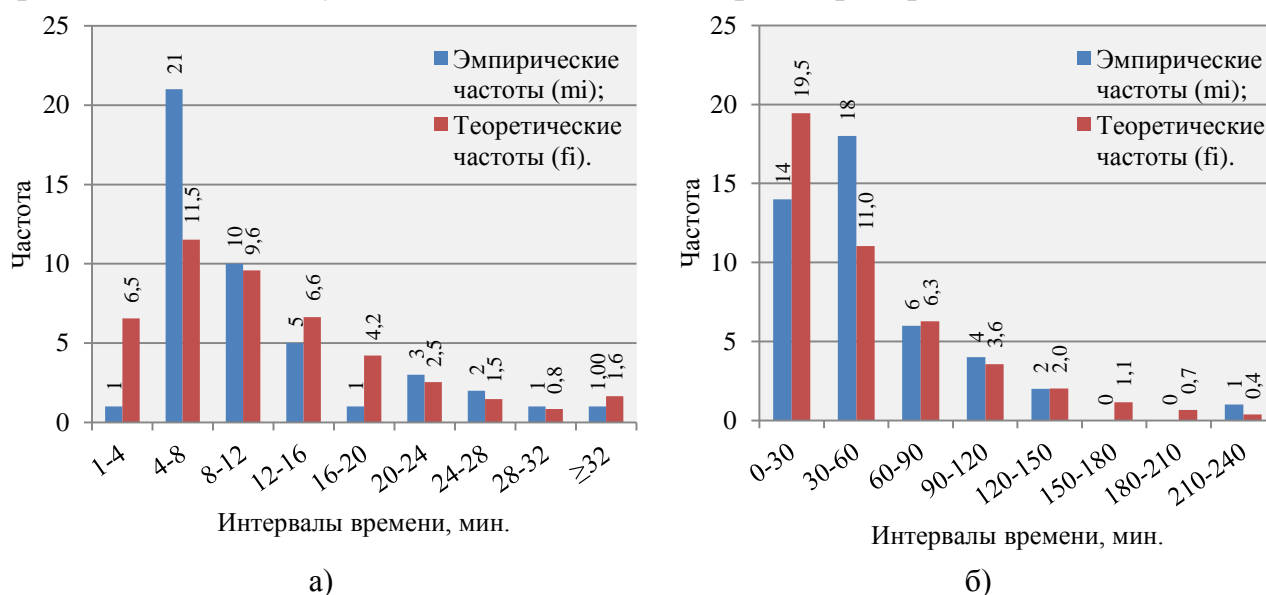


Рисунок 10 – Сравнение эмпирических и теоретических распределений:
а) времени следования (поток Эрланга 1-го порядка) ПСП в городском округе Армянск (август 2016 год); б) времени занятости (поток Эрланга 0-го порядка) ПСП в городском округе Армянск (август 2016 год)

Полученные теоретические значения времени прибытия и времени занятости показали удовлетворительную сходимость с эмпирическими значениями. Результаты исследований позволили использовать распределение Эрланга в качестве аналитической модели для описания времени прибытия и времени занятости пожарно-спасательных подразделений.

Далее была исследована частота использования пожарной техники для обслуживания вызовов. Полученные результаты представлены в виде статистического, вариационного ряда (рисунок 11, таблица 3), а исследование характеристик статистического ряда позволило сделать вывод о том, что с вероятностью 98% на исследуемой территории для обслуживания одного вызова потребуется от 1 до 4 единиц основной техники.

Таблица 3 – Эмпирическое распределение частоты использования пожарной техники пожарно-спасательными подразделениями городского округа Армянск (2014-2017) на пожарах

Количество автомобилей, i	1	2	3	4	Всего
Число вызовов, обслуженных автомобилем, m_i	30	51	10	1	92
Частота использования техники, p_i	0,326	0,554	0,109	0,011	1

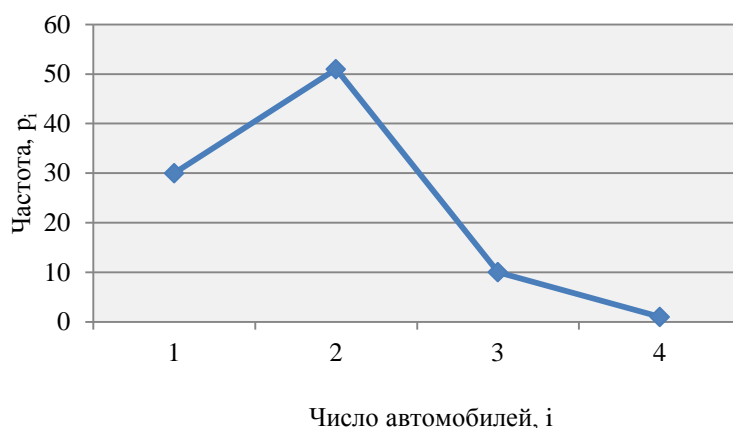


Рисунок 11 – Полигон эмпирического распределения частоты использования пожарной техники ПСП на пожарах в городском округе Армянск (2014–2017 гг.)

Полученные результаты исследования позволили определить необходимое количество пунктов дислокации ППС на территории городских округов Армянск и Судак, используя формулу:

$$N_{\text{ПД}} = \frac{\alpha K_{\text{н}}^2 S_{\text{общ}}}{v_{\text{ср.приб.}}^2 \tau_{\text{ср.приб.}}^2}, \quad (11)$$

где $N_{\text{ПД}}$ – число пожарных подразделений; α – безразмерный эмпирический коэффициент, учитывающий специфику конкретного города ($\alpha = 0,4$); $K_{\text{н}}$ – коэффициент непрямолинейности уличной сети. Максимальное значение $K_{\text{н}} = \sqrt{2}$ (по мнению градостроителей), минимальное – 1; $S_{\text{общ}}$ – площадь территории населенного пункта; $v_{\text{ср.приб.}}$ – средняя скорость прибытия пожарного автомобиля. $\tau_{\text{ср.приб.}}$ – среднее время прибытия пожарного автомобиля к месту вызова. Полученные расчёты представим в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Расчётное число пожарных депо с учетом разного времени следования

Наименование населенного пункта	Расчётное количество ПД в зависимости от $\overline{\tau_{\text{приб.}}}$, мин.							
	$\tau = 3$	$\tau = 4$	$\tau = 5$	$\tau = 6$	$\tau = 7$	$\tau = 8$	$\tau = 9$	$\tau = 10$
Армянск	8,1	4,5	2,9	2	1,5	1,1	0,9	0,7
Судак	12	6,7	4,3	3	2,2	1,7	1,3	1,1

Фактически городской округ Армянск имеет на вооружении одно пожарное депо, при этом максимальное время прибытия может достигать до 23,5 минут, что противоречит действующему законодательству. Если строго выполнять предложенный норматив максимального времени прибытия (20 минут), то среднее время прибытия будет равно 3–4 минутам. Число депо в таком случае необходимо увеличить в 5–8 раз, что экономически необоснованно и невыгодно при относительно небольшой загруженности ПСП. Поэтому среднее время прибытия для территории города необходимо принять равным 6 минутам, при этом максимальное время прибытия не будет превышать 15 минут в 95% случаев. Тогда городскому округу Армянск потребуется 2 депо, а Судаку – 3 депо.

На примере Красногвардейского муниципального района было рассчитано необходимое количество пунктов дислокации подразделений

противопожарной службы вне территории города. Для этого использован норматив среднего времени прибытия, равный 15 минутам (в таком случае максимальное время прибытия не превышало 45 минут). Территория муниципального района была разделена на шесть оперативных зон. Созданы три депо добровольной пожарной охраны (рисунок 12). Таким образом, среднее расстояние, которое должно преодолеть подразделение пожарной охраны по пути к месту вызова, сократилось с 9,5 до 7,2 км.

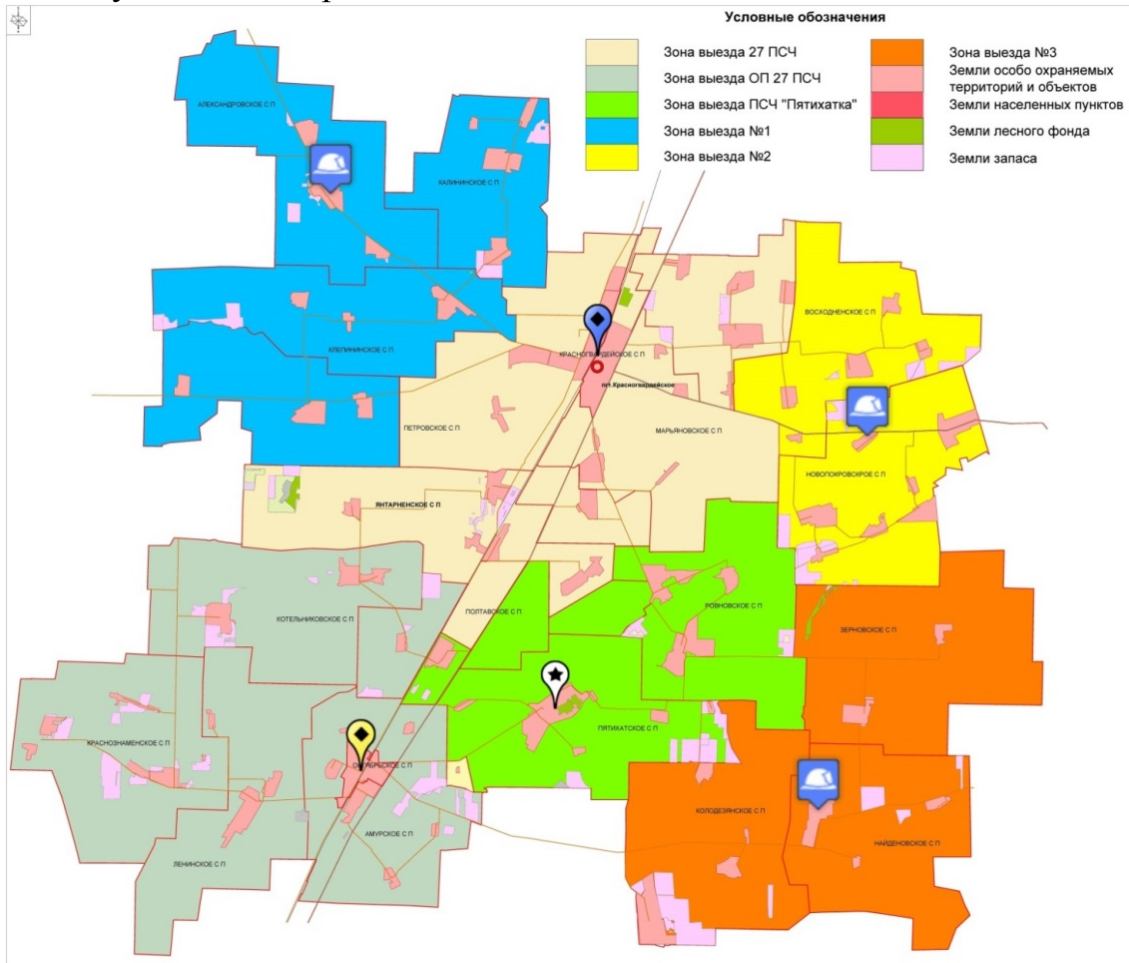


Рисунок 12 – Границы оперативных зон Красногвардейского муниципального района с местами дислокации пожарных формирований

Далее, с использованием предложенных специалистами ВНИПО зависимостей величины рисков гибели, травматизма и прямого материального ущерба от расстояния пожарной части до места вызова (формулы 12–14), были повторно определены уровни пожарной опасности административно-территориальных единиц Крыма. Полученные результаты представлены на графиках (рисунок 13).

$$N_r = N_j^{\text{ПОЖ}}(0,0000368 \cdot l^2 - 0,000801 \cdot l + 0,0901) \left[\frac{\text{жертва}}{\text{год}} \right]; \quad (12)$$

$$N_T = N_j^{\text{ПОЖ}}(0,0000157 \cdot l^2 - 0,000406 \cdot l + 0,0567) \left[\frac{\text{травм.}}{\text{год}} \right]; \quad (13)$$

$$N_y = N_j^{\text{ПОЖ}}(0,114 \cdot l^2 - 4,6414 \cdot l + 133,236) \left[\frac{\text{тыс. руб.}}{\text{год}} \right], \quad (14)$$

где N_r – число погибших; N_T – число травмированных; N_y – материальный ущерб от пожаров; $N_j^{\text{пож}}$ – число пожаров на исследуемой территории j ; l – среднее расстояние к месту вызова.

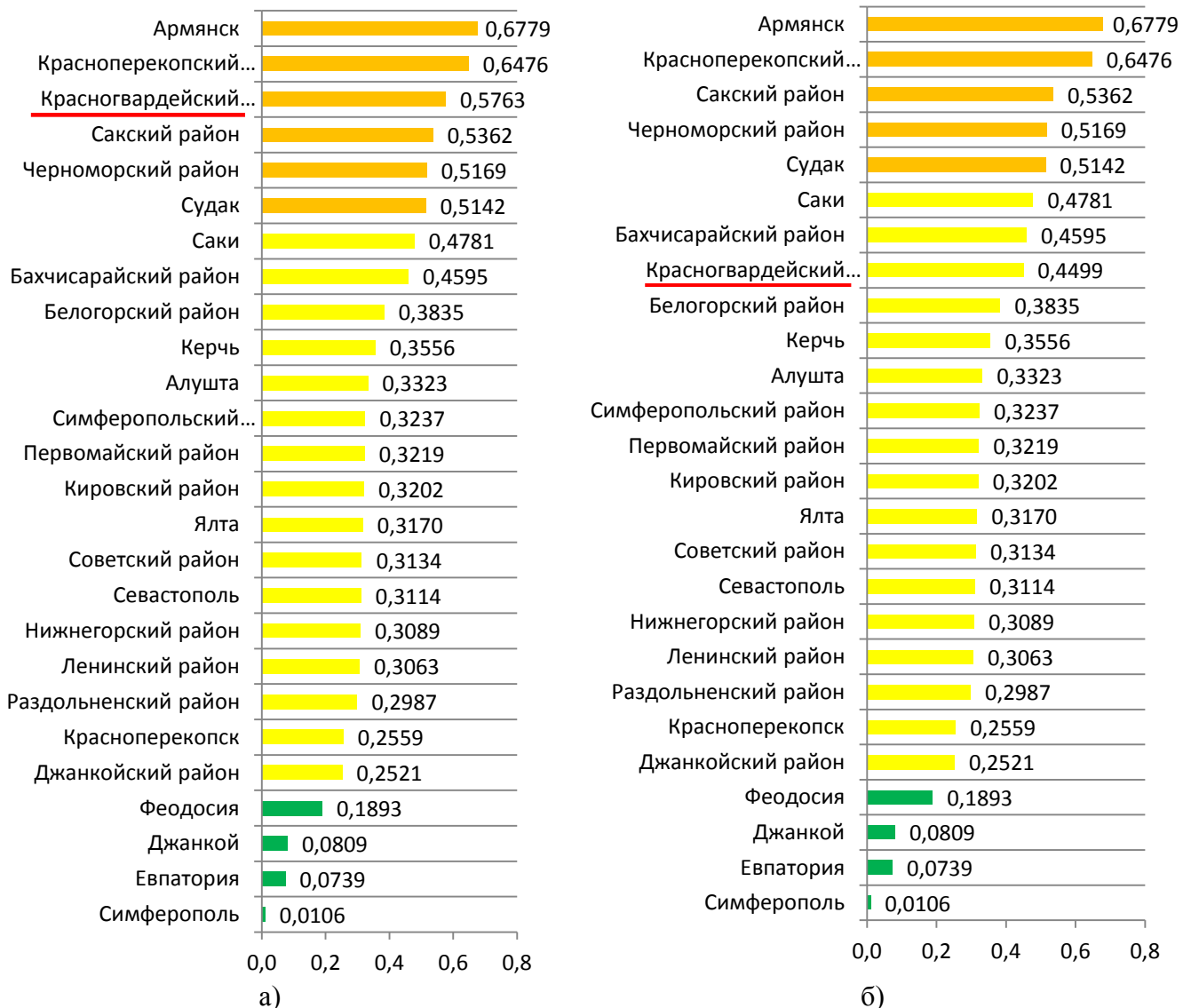


Рисунок 13 – Распределение административно-территориальных единиц Крыма по пожарной опасности на основе расчётов интегрального социально-экономического показателя пожарного риска: а) до реорганизации в Красногвардейском районе; б) после реорганизации в Красногвардейском районе

В результате предложенной реорганизации и повторной оценки уровней пожарной опасности АТЕ Крыма было выявлено, что значение ИСЭППР в исследуемом районе сократилось на 22%.

Разработанная методика определения ИСЭППР и полученные специалистами ВНИИПО МЧС России зависимости были объединены в информационно-аналитическую модель реорганизации региональных пожарно-спасательных подразделений сельской местности. Структура модели представлена в виде схемы (рисунок 14).

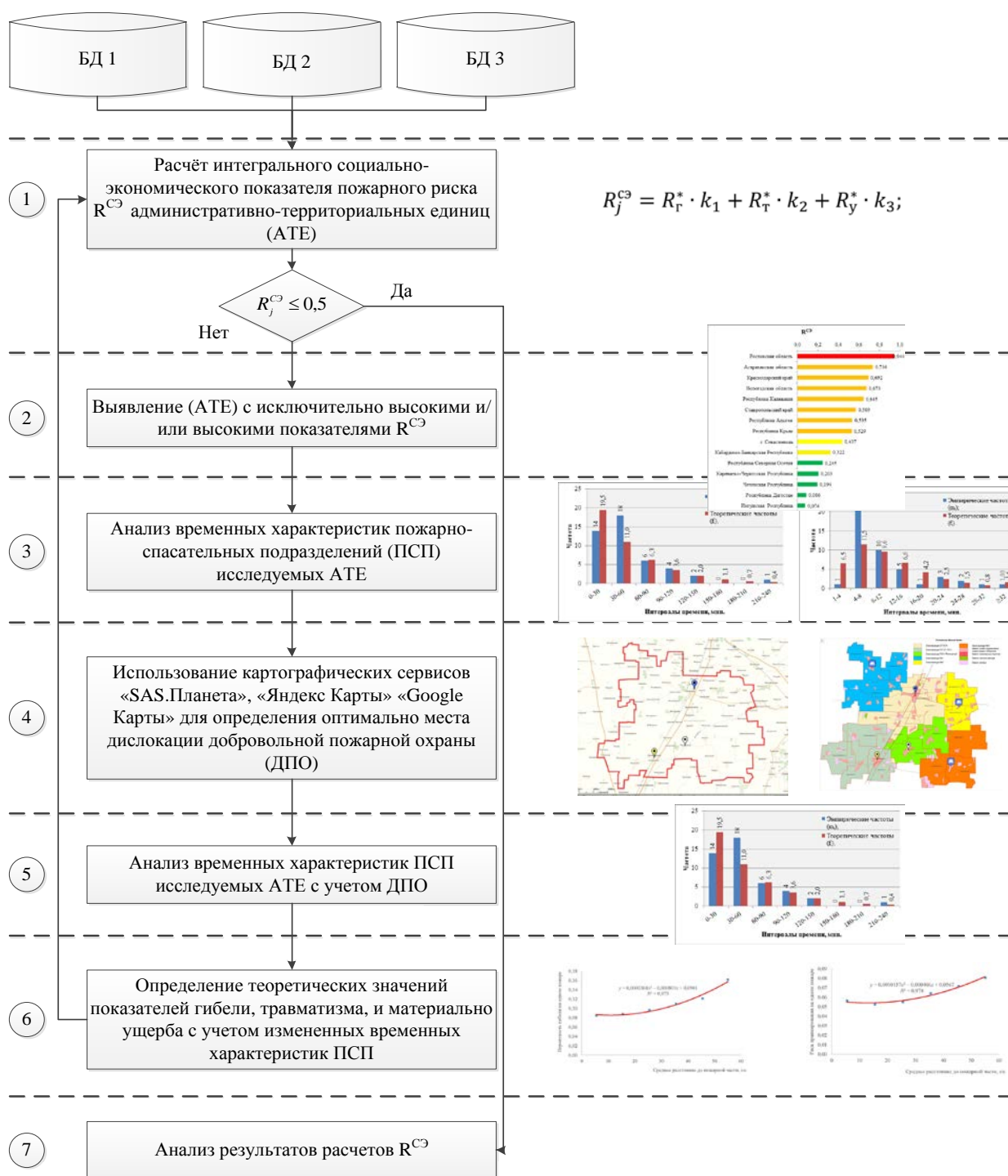


Рисунок 14 – Структура информационно-аналитической модели реорганизации региональных пожарно-спасательных подразделений сельской местности

В приложении представлены акты внедрения диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных исследований получены следующие научные и практические результаты.

1. Проведен сравнительный анализ пожарной опасности субъектов Российской Федерации на основе интегральных (территориальных) пожарных рисков, по результатам которого установлено, что в большинстве субъектов за

период с 2008 по 2018 гг. наблюдалось ежегодное снижение числа пожаров (следовательно, и пожарных рисков) на 4–5%. Исключением стали новые субъекты Российской Федерации – Республика Крым и город федерального значения Севастополь. В этих субъектах до 2014 г. показатели интегральных рисков росли, достигнув своих пиковых значений, а после присоединения к Российской Федерации резко пошли на спад.

2. Проведен анализ нормативно-правовой базы в области учета пожаров и мест дислокации подразделений пожарной охраны. Сравнительный анализ показал, что показатели интегральных пожарных рисков напрямую зависят от порядка учета пожаров и их последствий. В образованных в составе Российской Федерации субъектах – Республике Крым и г. Севастополе до 2014 г. в области пожарной безопасности действовала украинская нормативная база. Она существенно отличалась от нормативной базы Российской Федерации, что и привело к резкому снижению показателей интегральных пожарных рисков.

3. Введен новый интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР), разработана методика и алгоритмы оценки ИСЭППР для административно-территориальных единиц Российской Федерации. На основе предложенной методики проведено ранжирование по уровню пожарной опасности субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. По результатам оценки ИСЭППР новые субъекты РФ не вошли в перечень субъектов с низким уровнем пожарной опасности, что подтвердило необходимость проведения реорганизации элементов их системы обеспечения пожарной безопасности.

4. Разработана информационно-аналитическая модель реорганизации региональных пожарно-спасательных подразделений сельской местности. Данная модель позволила сформулировать научно-обоснованные предложения по совершенствованию систем противопожарной защиты АТЕ субъекта. Подтверждена адекватность использования моделей распределений Эрланга и Пуассона для описания возникновения деструктивных событий и временных характеристик пожарно-спасательных подразделений на исследуемых территориях. В результате реорганизации пожарной охраны исследуемого муниципального района значение среднего времени прибытия к месту вызова уменьшилось на 4,26 минуты, а повторная оценка уровней пожарной опасности показала снижение значения показателя ИСЭППР на 22%.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК:

1. Малько, В. А. Моделирование процесса функционирования пожарной охраны г. Евпатория [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – Вып. 1 (71). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/09-01-17.ttb.pdf> (дата обращения 09.10.2019);

2. Малько, В. А. Организация противопожарной службы крупных городов Крыма [Электронный ресурс] // Наукovedение. – 2017. – Том 9, № 6. – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/34TVN617.pdf> (дата обращения 19.11.2019);

3. Малько, В. А. Современные проблемы реорганизации системы пожарной безопасности Республики Крым и города Севастополь [Текст] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2018. – № 2. – С. 115–120;

4. Малько, В. А. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска и методика его оценки [Электронный ресурс] / Н. Л. Присяжнюк // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 3 (79). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-3/03-03-18.ttb.pdf> (дата обращения 19.11.2019).

Остальные публикации по теме диссертационной работы:

5. Малько, В. А. Анализ порядка учёта погибших и травмированных при пожарах в Крыму [Текст] // Материалы 25-й Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 466–469;

6. Малько, В. А. Анализ порядка учёта пожаров в Крыму [Текст] // Материалы 25-й Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 469–472;

7. Малько, В. А. Сравнительный анализ порядка учёта пожаров Республики Крым [Текст] // Материалы 11-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 99–101;

8. Малько, В. А. Статистика пожаров и загораний, а также оценка пожарных рисков населенных пунктов Республики Крым [Текст] // Материалы 6-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 16–17;

9. Малько, В. А. Расчет интегрального социально-экономического показателя пожарного риска по субъектам Российской Федерации [Текст] / Н.Л. Присяжнюк // Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов». – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 142–146;

10. Малько, В. А. Сущность интегрального социально-экономического показателя пожарного риска [Текст] / Н. Л. Присяжнюк // Материалы 11-й Международной научно-практической конференции молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов). – Минск: УГЗ, 2017. – С. 252–253;

11. Малько, В. А. Расчёт интегрального социально-экономического показателя пожарных рисков для городской и сельской местностей республики Крым [Текст] // Материалы 26-й Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 99–103;

12. Малько, В. А. Динамика пожарных рисков Крыма до и после воссоединения с Российской Федерацией [Текст] // Материалы 7-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 194–199.