

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

Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



Байгалмаа Энхтувшин

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ МОНГОЛИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ
РИСКОВ**

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

заслуженный работник высшей школы РФ,

кандидат технических наук, доцент

Присяжнюк Николай Леонидович

Москва – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В МОНГОЛИИ.....	9
1.1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОНГОЛИИ И ЕЁ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	9
1.2 Анализ статистики пожаров на территории Монголии.....	13
1.3 Анализ управления системой пожарной безопасности в Монголии.....	29
1.3.1 Анализ законодательства в области пожарных рисков.....	29
1.3.2. Анализ сил и средств пожарной охраны Монголии.....	31
Выводы по главе 1.....	37
ГЛАВА 2. ОЦЕНКА ПОЖАРНЫХ РИСКОВ АДМИНИСТРАТИВНО - ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ МОНГОЛИИ И УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ.....	38
2.1. Оценка основных пожарных рисков административно – территориальных единиц Монголии за период с 2013 по 2018 гг.....	38
2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ АДМИНИСТРАТИВНО - ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ МОНГОЛИИ...	47
2.3. Обоснование нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии и его предельных уровней.....	58
2.3.1. Показатели верхнего и нижнего предельного уровня индивидуального пожарного риска для Монголии.....	59

2.3.2. Обоснование нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии.....	74
Выводы по главе 2	99
ГЛАВА 3. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОРЕ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	101
3.1 АНАЛИЗ ОПЕРАТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. УЛАН-БАТОРЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИХ ПОТОКА ВЫЗОВОВ.....	104
3.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г. УЛАН-БАТОРА.....	108
3.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОВРЕМЕННОЙ ЗАНЯТОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА УЛАН-БАТОРА.....	119
3.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОРЕ.....	128
3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА И МЕСТ ДИСЛОКАЦИИ ПЛАНИРУЕМЫХ ПОЖАРНЫХ ДЕПО В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА УЛАН-БАТОРА.....	136
3.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПОЖАРНОГО РИСКА С УЧЕТОМ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РЕОРГАНИЗАЦИИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА УЛАН-БАТОРА.....	141
Выводы по главе 3	158
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	159
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	161
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	179
ПРИЛОЖЕНИЕ А	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа посвящена решению актуальных задач по управлению пожарными рисками Монголии на основе моделей и алгоритмов. Базовыми при этом выступают нормативные значения пожарных рисков и оценка интегральных социально-экономических показателей пожарного риска (ИСЭППР). Проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах и территории Монголии становятся с каждым днем все более актуальными. В начале XXI века наблюдается стабильно высокий экономический рост по всему миру, включая и Монголию, при этом тенденция роста ежегодно составляет около 6-8 %. Тенденция такого роста тесно связана с увеличением потребления электрической энергии, производственным ростом промышленной и горнодобывающей отраслей, ростом в строительном секторе и других секторах, что сопутствует и росту пожарной опасности в стране. В то же время несмотря на рост благосостояния народа Монголии и увеличения уровня защищенности от пожаров, в стране наблюдается высокий уровень индивидуального пожарного риска, который за последние годы составляет более $14 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right]$. По данным статистики в период 2004-2018 г. в Монголии произошло 46796 пожаров (ежегодный средний показатель около 2811 пожаров), погибло 949 человек (ежегодно около 62 погибших) и травмированы 632 человека, материальные потери от пожаров составили около 114 млрд. тугриков (2,9 млрд. руб.). Эти данные свидетельствуют о необходимости совершенствования систем обеспечения пожарной безопасности в стране на базе научно обоснованных решений.

В ряде стран (Великобритания, Нидерланды, Россия, Чехия) многие научные разработки базируются на законодательно установленном нормативном значении допустимых пожарных рисков. В Монголии отсутствует соответствующее нормативное значение, что затрудняет правильное решение задач по

обоснованному обеспечению пожарной безопасности отдельных объектов и административно-территориальных единиц страны.

Степень разработанности темы исследования. В разные годы проблемой оценки уровней пожарной опасности и оценкой пожарных рисков занимались многие ученые и специалисты. К ним относятся: Н.Н. Брушлинский [27- 31, 33, 34, 40-45], Н.Г. Топольский [97, 98, 99], А.А. Быков [61-65], С.В. Соколов [40, 41, 44, 45, 47], В.А. Минаев [97-99], А.В. Матюшин [68, 69, 111, 119], Е.А. Мешалкин [109, 110], Г.Х. Харисов [15, 86, 87, 108], А.В. Фирсов [15, 84-90, 108], Н.Л. Присяжнюк [32, 50, 52, 53, 92], Е.А. Клепко [31, 33, 44, 45, 120], Beck V. R. [136, 137], Benichou N. [138, 143], Hall J. R. [140-142], Yung D. [143, 144] и многие другие. Их усилиями создана развитая информационно-методическая база применения современного количественного инструментария управления пожарными рисками.

В этих исследованиях проработаны вопросы оценки пожарных рисков, влияние оперативного и стратегического управления пожарно-спасательными подразделениями на их снижение. Научные результаты вышеперечисленных специалистов положены в основу настоящего исследования. Однако изученность вопросов в области пожарных рисков не является исчерпывающей.

Объект исследования – система обеспечения и управления пожарной безопасностью административно-территориальных единиц Монголии, а **предмет исследования** – модель и алгоритмы поддержки принятия решений в управлении пожарными рисками.

Цель исследования – разработка модели и алгоритмов управления пожарными рисками в Монголии для повышения эффективности управленческих решений по выбору комплекса противопожарных мероприятий.

Достижение поставленной цели требует решения следующих научно-практических задач:

- изучить статистические данные о пожарах в Монголии и в её отдельных административно-территориальных единицах;
- изучить интегральные социально-экономические показатели пожарных рисков в административно-территориальных единицах Монголии (в 21 провинции

(аймаке) и 5 регионах) для выявления этих единиц с самым высоким уровнем пожарной опасности;

- обосновать верхний и нижний предельные уровни индивидуального пожарного риска и его нормативное значение для Монголии с целью совершенствования управления системой обеспечения пожарной безопасности. Разработать алгоритм определения верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска и алгоритм определения нормативной величины индивидуального пожарного риска;

- разработать обоснованные предложения по совершенствованию систем обеспечения пожарной безопасности наиболее пожароопасных аймаков (провинций) Монголии на основе предложенной модели управления пожарными рисками АТЕ Монголии.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Впервые обоснована нормативная величина индивидуального пожарного риска для Монголии.

- Получены значения частных пожарных рисков и интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков административно-территориальных единиц Монголии и разработан алгоритм управления ими.

- Разработан алгоритм расчета верхнего и нижнего уровней индивидуального пожарного риска и его конкретного нормативного значения для Монголии.

- На основе предложенной модели управления пожарными рисками АТЕ Монголии определены места дислокации подразделений пожарной охраны региона Монголии, что позволило снизить уровень пожарной опасности её административно-территориальной единицы.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что обоснованная величина нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии, полученные значения частных пожарных рисков и интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков административно-территориальных единиц Монголии позволяют совершенствовать принятие

взвешенных управленческих решений по снижению её пожарной опасности.

Материалы диссертационной работы реализованы:

1. В работе управления по чрезвычайным ситуациям г. Улан-Батора.
2. В учебном процессе института управления чрезвычайными ситуациями Университета внутренних дел Монголии.
3. В учебном процессе Академии ГПС МЧС России при подготовке фондовых лекций по дисциплине «Экономическая оценка управленческих решений».
4. В планировании мероприятий по развитию территориальных органов Государственного агентства чрезвычайных ситуаций Монголии.
5. В задачах управления пожарными рисками департамента пожарной безопасности Государственного агентства чрезвычайных ситуаций Монголии.

Практическое применение результатов исследования подтверждено актами внедрения.

Методология и методы исследования. Основными методами исследования являются: методы системного анализа, математической статистики, математического моделирования.

Личный вклад автора. Все основные результаты в данной работе получены автором, который непосредственно принимал участие в постановке задач, выборе объектов исследования, в получении, обсуждении и интерпретации результатов.

На защиту выносятся:

1. Алгоритм и модель обоснования нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии.
2. Результаты исследований частных пожарных рисков и интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков в административно-территориальных единицах Монголии.
3. Обоснованность числа и мест дислокации подразделений пожарной охраны центральной части города Улан-Батора.
4. Алгоритм управления пожарными рисками по совершенствованию пожарной безопасности административно-территориальных единиц Монголии.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением апробированного математического аппарата, корректным использованием исходных данных, согласованностью полученных результатов с результатами работ других исследователей, удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных результатов.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы представлены в комплексных и индивидуальных докладах в рамках пяти конференций, в числе которых:

- XXVI Международная научно-техническая конференция «Системы безопасности – 2017» (г. Москва, Академия ГПС МЧС России, 2017 г.);

- XXVII и XXIX международные научно-практические конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь» (Академия гражданской защиты МЧС России, 2017 г. и 2019 г.);

- VII и VIII международные научно-практические конференции молодых ученых и специалистов "Проблемы техносферной безопасности" (Академия ГПС МЧС России, 2018 – 2019 гг.).

Публикации. По теме исследования опубликовано 11 научных работ, из них 4 в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата, доктора наук. Две работы опубликованы в единоличном авторстве.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и 1 приложения. Содержание работы изложено на 185 страницах текста, включает в себя 62 таблицы, 68 рисунков, список литературы из 144 наименований.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В МОНГОЛИИ

1.1. Социально-экономическая характеристика Монголии и её динамические показатели

Территория Монголии находится в Центральной Азии, граничит с Россией на севере и с Китаем на востоке, юге и западе. По размерам территория Монголии занимает 18 место в мире. Страна имеет площадь 1564 116 км² [1], в три раза превышающую по размеру Францию и в пять раз-Италию. Монголия делится на 21 провинцию (аймаки) (рисунок. 1.1), которые в свою очередь имеют в своем составе 329 сум. Столица Улан-Батор является самостоятельной административной единицей. Административные органы власти подразделяются на три уровня: город (центральные), провинции (аймаки), районы (сум) [2].



Рисунок 1.1 – Административная карта Монголии

Население Монголии достигло 3,2 миллиона в 2017 году, в среднем за год рост составил 1,8% (рисунок 1.2) населения, проживающего в Монголии, 46,03 % или 1462973 тыс. жителей, проживающих в городе Улан-Батор, а 53,96 % проживают в других маленьких городах и сельской местности, а городское

население увеличилось на 10,6 пункта с 1990 года, сельское население сократилось на 10,4 пункта (рисунок 1.3). С точки зрения плотности населения, город Улан-Батор занимает 0,3 процента от общей площади суши. При отъезде от центра города Улан-Батора плотность населения значительно уменьшается (плотность населения - 311,3 человек на 1 км² в 2017 году, на 1 км² площади аймаков Умнугови и Гоби-Алтай проживает 0,4 человека) (рисунок 1.4) [3].

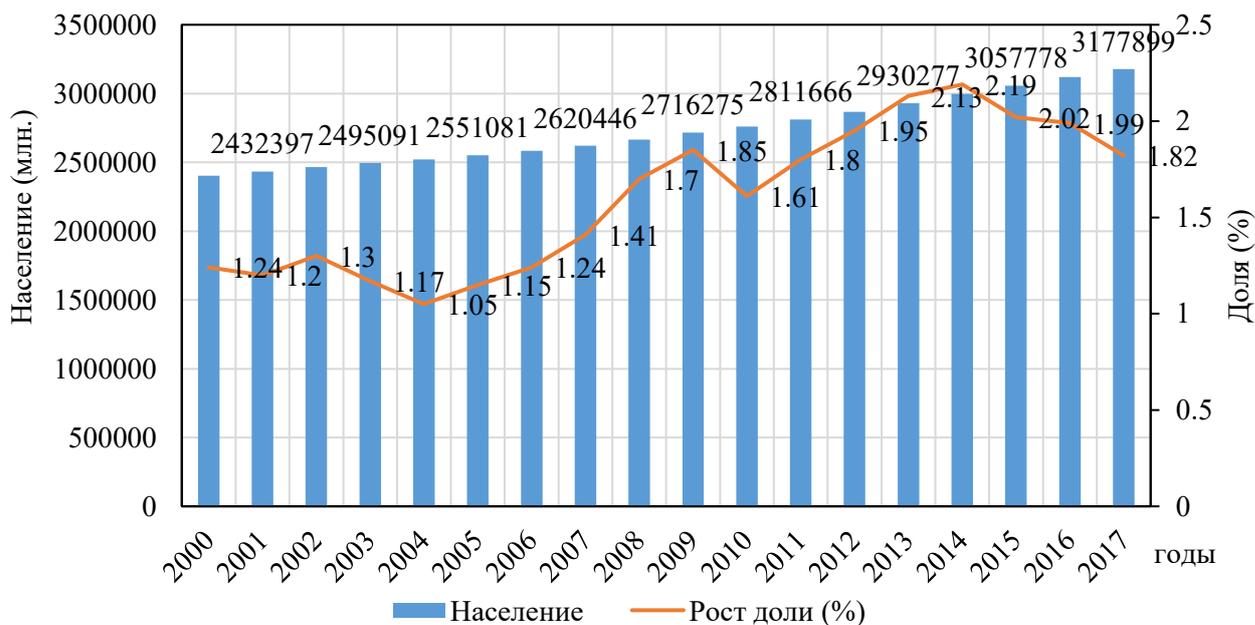


Рисунок 1.2 – Динамика численности населения в Монголии (2000-2017 гг.)

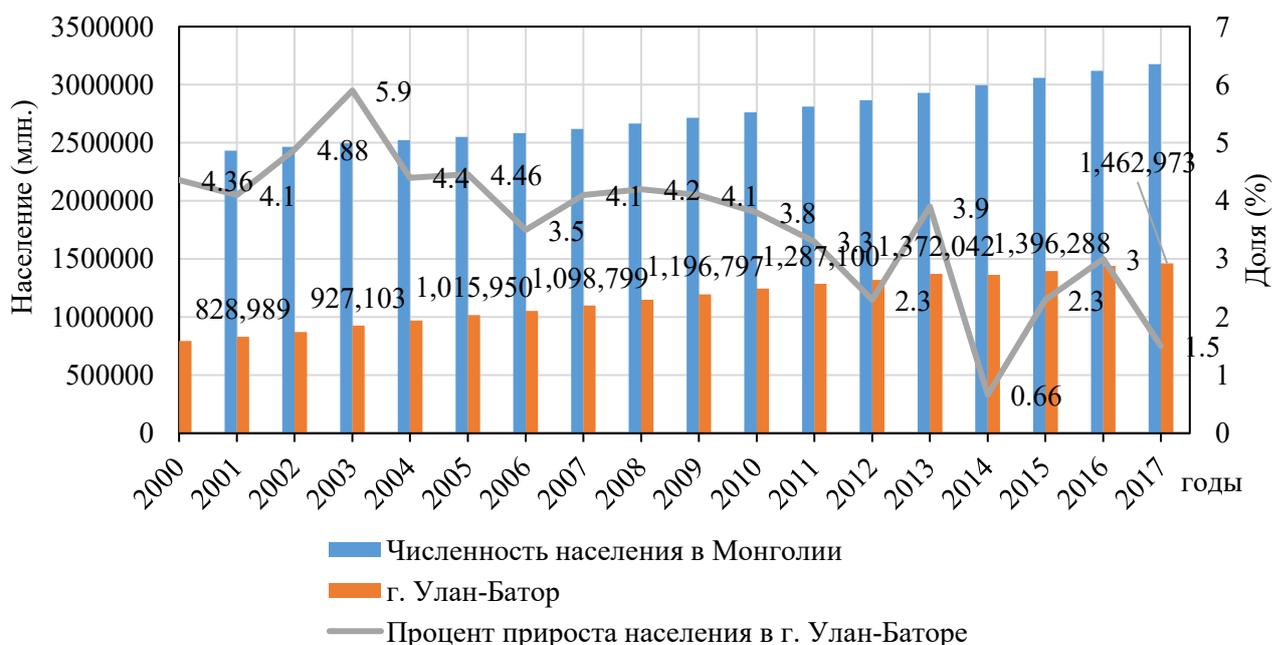


Рисунок 1.3 – Динамика прироста населения в городе Улан-Баторе и доля городского населения (2000-2017 гг.)

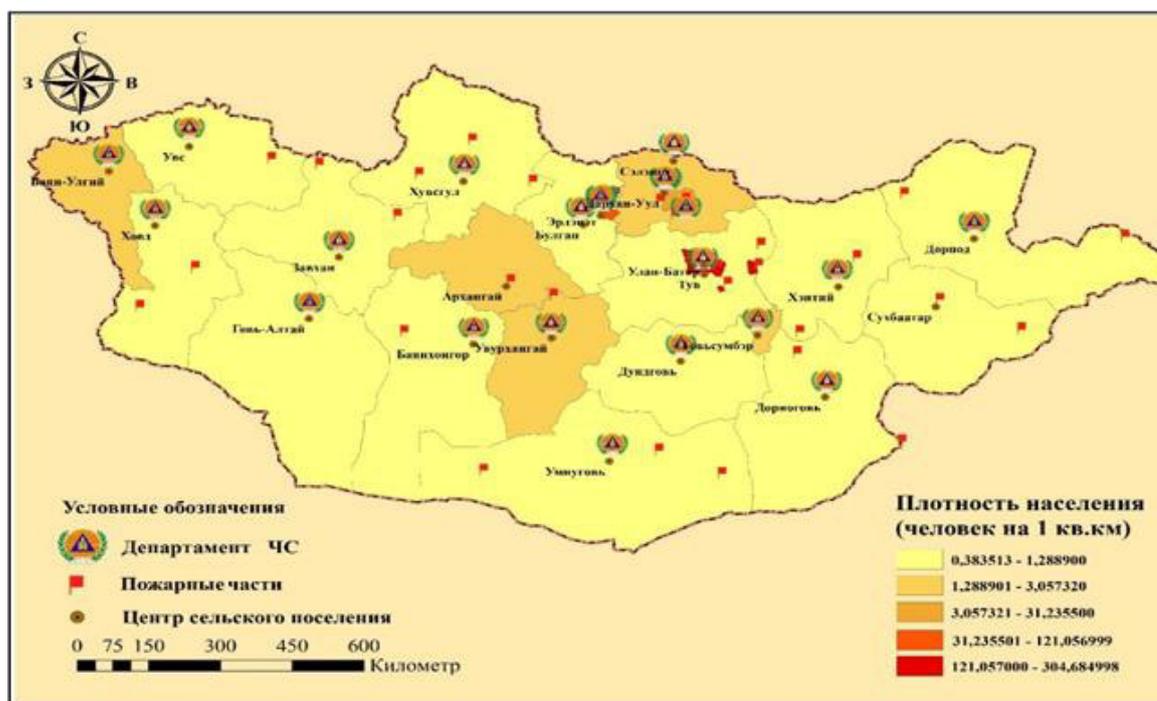


Рисунок 1.4 – Плотность населения по аймакам и городам (2000-2017 гг.)

На территории Монголии находится самая северная в мире полупустыня и проходит самая южная граница вечной мерзлоты. Наибольшая протяженность Монголии в современных границах с запада на восток около 2400 км, с севера на юг - 1250 км [1]. Только для Монголии характерен ряд уникальных физико-географических явлений. В ее пределах находится центр мирового максимума зимнего атмосферного давления, самый южный в мире пояс распространения вечной мерзлоты, самое северное распространение пустынь и самые резкие суточные и годовые колебания температуры.

В Монголии резко континентальный климат с суровой зимой и сухим жарким летом. Ежегодная средняя температура колеблется от минус 25-35 °С зимой, до плюс 25-35°С летом. Улан-Батор – одна из самых холодных зимних столиц в мире. Здесь господствуют северо-западные, северные, западные ветры, достигающие скорости 2-5 м/с, иногда бывают бури до 15-25 м/с. Преобладает ясная погода: 250-300 солнечных дней в году. Суровый климат легко переносится человеком ввиду низкой (30-70%) влажности воздуха.

Сегодня большая часть населения проживает в городах, поэтому экономика Монголии сосредоточена в таких отраслях, как добыча полезных ископаемых и сельское хозяйство. Такие минеральные ресурсы, как медь, молибден, уголь,

вольфрам, золото составляют значительную часть промышленного производства страны. Монголия богата залежами сырой нефти.

В Монголии реализуются программы социально-экономического развития, социально-политическая ситуация относительно стабильная, экономика продолжает развиваться, международные контакты расширяются.

Экономика и внешняя торговля Монголии в 2000-2017 гг. растет высокими темпами: ВВП увеличился с 1,1 млрд долл. до 12,5 млрд долл. [3-5], т.е. почти в 11 раз (рисунок 1.5). Даже в 2009 г. во время глобального экономического кризиса 2008-2015 гг. экономический рост снизился лишь на 1%, а после 2017 г. ежегодный рост экономики страны составлял 8,5%.

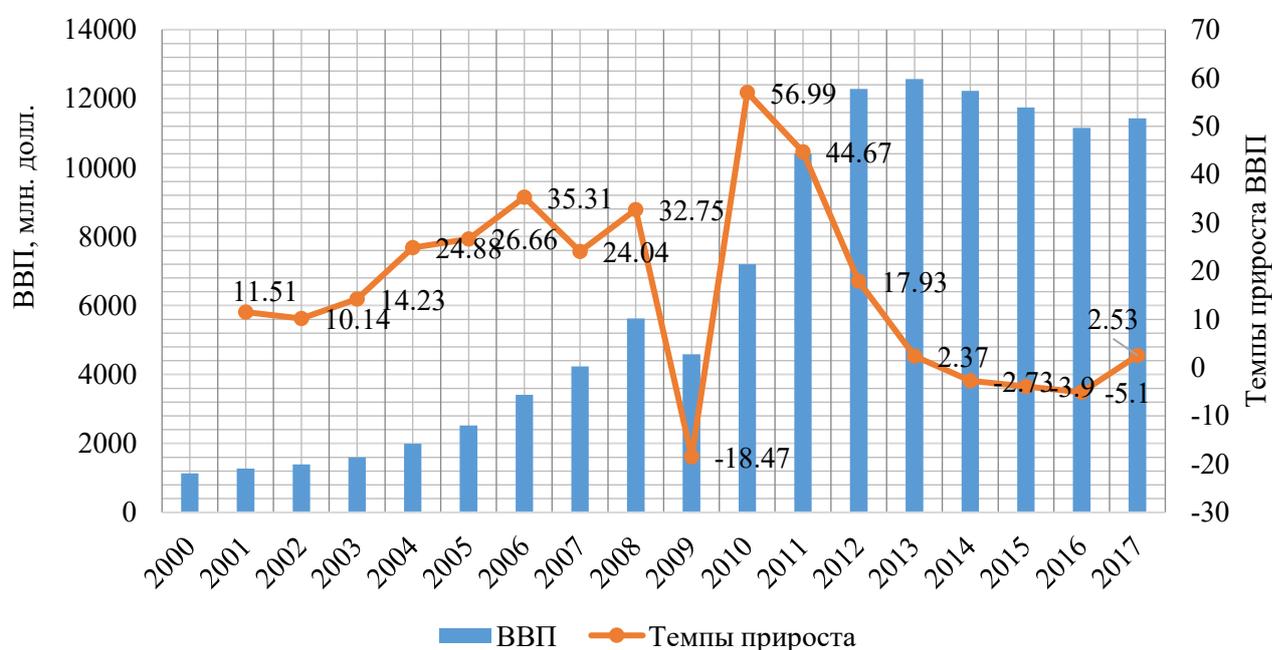


Рисунок 1.5 – Динамика изменения и темпы прироста ВВП в Монголии в период 2000-2017 гг.

В 2017 г. объём производства ВВП на душу населения в Монголии составил около 3771 долл. США. Монголия по этому показателю находится на 117-м месте среди 175 стран. Рост ВВП в 2017 году составил 4 %.

Экономика всё больше зависит от горнодобывающего сектора, доля которого в ВВП сегодня составляет 20 %. На сегодняшний день экономика Монголии очень сильно зависит от мировых цен на уголь, медь и золото, также от зарубежных инвестиций, вкладываемых в горнорудную отрасль, в частности в такие объекты,

как Тавантолгой и Оюутолгой, что дает нестабильность в темпах прироста экономики Монголии. Так, например, поступление иностранного капитала в проектирование месторождений Оюутолгой влияет на курс валюты и стимуляторы экономики страны.

Хотя краткосрочные и среднесрочные экономические перспективы остаются позитивными, Монголия сталкивается с разными проблемами, которые препятствуют ее развитию. Можно предположить, что улучшение экономического состояния общества положительно отразится на пожарной безопасности. У государства и его граждан появится возможность применять более огнестойкие материалы, выполнять все необходимые профилактические мероприятия, что в итоге снизит количество пожаров и уменьшит число летальных исходов и экономический ущерб.

1.2 Анализ статистики пожаров на территории Монголии

За последние 10 лет в Монголии активно разрабатывается нормативно-правовая база: внесены поправки в законы о чрезвычайных ситуациях, в том числе в "Закон о пожарной безопасности" [19]. Однако ситуация с противопожарной безопасностью кардинально не улучшилась, поэтому целью проведённой работы являлось определение состояния пожарной ситуации в Монголии.

В ходе исследований выполнен прогноз ситуаций пожаров на 2018 и 2019 годы и изучены возможные тенденции [6]. В стране ежегодно происходит около 3200 природных и антропогенных опасных происшествий. В среднем от них за год погибает 141 человек, в том числе от пожаров – 64. Среднегодовые экономические потери от происшествий составляют 83,3 млрд тугриков (около 2,08 млрд руб.), в том числе от пожаров 7,4 млрд тугриков. Конкретные результаты анализа пожарной обстановки в Монголии за период 2005-2017 гг. представлены на рисунке 1.6.

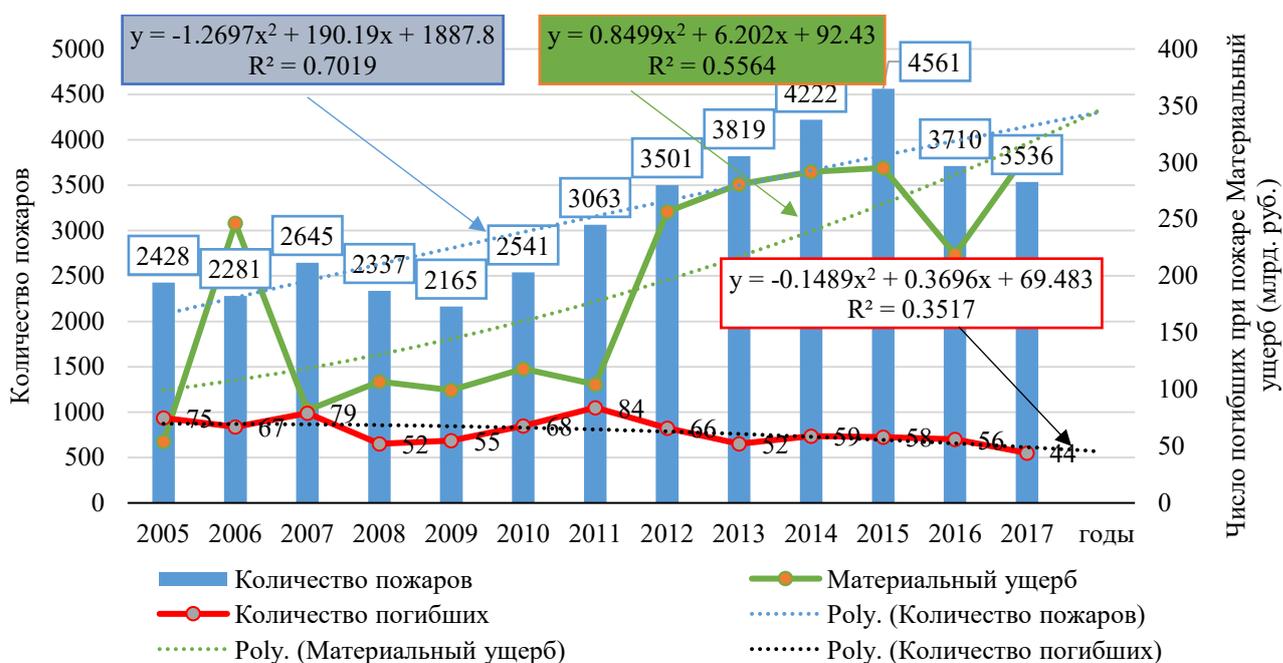


Рисунок 1.6 – Результаты анализа пожарной обстановки в Монголии за период 2005-2017

Для построения уравнения распределения случайных чисел по годам использовался метод наименьших квадратов [7], который позволяет подобрать из ряда функций наиболее подходящую функцию, которая наилучшим образом приближает эмпирические данные к теоретическому распределению.

Количество пожаров, гибель людей и материальный ущерб по Монголии представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Пожарная обстановка в Монголии за период 2005-2017 гг.

Наименование	Временные ряды												
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Количество пожаров	2428	2281	2645	2337	2165	2541	3063	3501	3819	4222	4561	3710	3536
Гибель людей	75	67	79	52	55	68	84	66	52	59	58	56	44
Материальный ущерб (млрд руб.)	2,1	9,6	3,1	4,1	3,8	4,6	4,0	10,01	10,9	11,4	11,5	8,5	11,9

Для подбора аппроксимирующих функций динамических (временных) рядов после визуальной оценки случайных чисел количества пожаров, гибели людей и ущерба от пожаров по годам (таблица 1.1), рассматривались функции следующих

ВИДОВ:

$$y = f(x) = ax + b; \quad (1.1)$$

$$y = f(x) = a \cdot e^{b \cdot x}; \quad (1.2)$$

$$y = f(x) = a_2 x^2 + a_1 x + a_0. \quad (1.3)$$

Результаты расчётов аппроксимирующих функций количества пожаров, гибели людей и ущерба от пожаров с использованием метода наименьших квадратов [8] приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты расчётов аппроксимирующих функций по методу наименьших квадратов

Наименование	Описывается функцией в виде	Соответствующая сумма квадратов отклонений	Вывод
Количество пожаров за период 2005-2017 гг.	Линейного уравнения: $y = f(x) = 172,71x + 1930,8$	$\sum e_i^2 = 2302604$	$\sum \delta_i^2 = 2299399 <$ $\sum e_i^2 = 2302604 <$ $\sum \varepsilon_i^2 = 2412290,$ значит самый наименьший квадрат отклонения уравнения: $y = f(x) = -1,17x^2 + 189,11x + 1889,9$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 2065,3 \cdot e^{0,0556 \cdot x}$	$\sum \varepsilon_i^2 = 2412290$	
	Квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени) уравнения: $y = f(x) = -1,17x^2 + 189,11x + 1889,9$	$\sum \delta_i^2 = 2299399$	
Количество погибших от пожаров за период 2005-2017 гг.	Линейного уравнения: $y = f(x) = -1,7143x + 74,692,$	$\sum e_i^2 = 1129,72$	$\sum \delta_i^2 = 1078,8 <$ $\sum e_i^2 = 1129,72 <$ $\sum \varepsilon_i^2 = 1149,87,$ значит самый наименьший квадрат отклонения соответствует уравнению следующего вида: $y = f(x) = -0,1598x^2 + 0,4905x + 69,252$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 75,054 \cdot e^{-0,028 \cdot x}$	$\sum \varepsilon_i^2 = 1149,87$	
	Квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени) уравнения: $y = f(x) = -0,1598x^2 + 0,4905x + 69,252$	$\sum \delta_i^2 = 1078,8$	
Материальный ущерб от пожаров за период 2005-2017 гг.	Линейного уравнения $y = f(x) = 844,49x + 1869,4$	$\sum e_i^2 = 101,2 \cdot 10^6,$	$\sum \delta_i^2 = 81,3 \cdot 10^6 <$ $\sum \varepsilon_i^2 = 84,4 \cdot 10^6 <$ $\sum e_i^2 = 101,2 \cdot 10^6,$ значит самый наименьший квадрат отклонения соответствует уравнению следующего вида: $y = f(x) = 60,327x^2 + 0,0897x + 3980,8$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 2714,9 \cdot e^{0,1272 \cdot x}$	$\sum \varepsilon_i^2 = 84,4 \cdot 10^6$	
	Квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени), уравнение: $y = f(x) = 60,327x^2 + 0,0897x + 3980,8$	$\sum \delta_i^2 = 81,3 \cdot 10^6$	

Анализ представленных в таблице 1.2 данных позволяет сделать вывод о том, что для всех трёх случайных чисел (количество пожаров, гибель, материальный ущерб) наиболее подходящей является полиномиальная аппроксимирующая функция (полином второй степени) вида $y = f(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$.

Анализ статистики произошедших пожаров показал, что в Монголии за последние 13 лет (2005-2017 гг.) произошло более 40 тыс. производственных и бытовых пожаров, при которых погибло около 815 человек [9–12]. Внимание специалистов привлекает тот факт, что более 50 % пожаров произошли в г. Улан-Баторе (рисунок 1.7). Это связано с тем, что в этом городе проживает большинство населения страны.

По результатам анализа статистических показателей пожарной опасности с 2005 г. по 2017 г. установлены прогнозные оценки на 2018 г. и 2019 г. Выполнена аппроксимация исследуемых показателей методом наименьших квадратов с использованием функции в виде полинома (анализ полинома) [7, 8, 13].

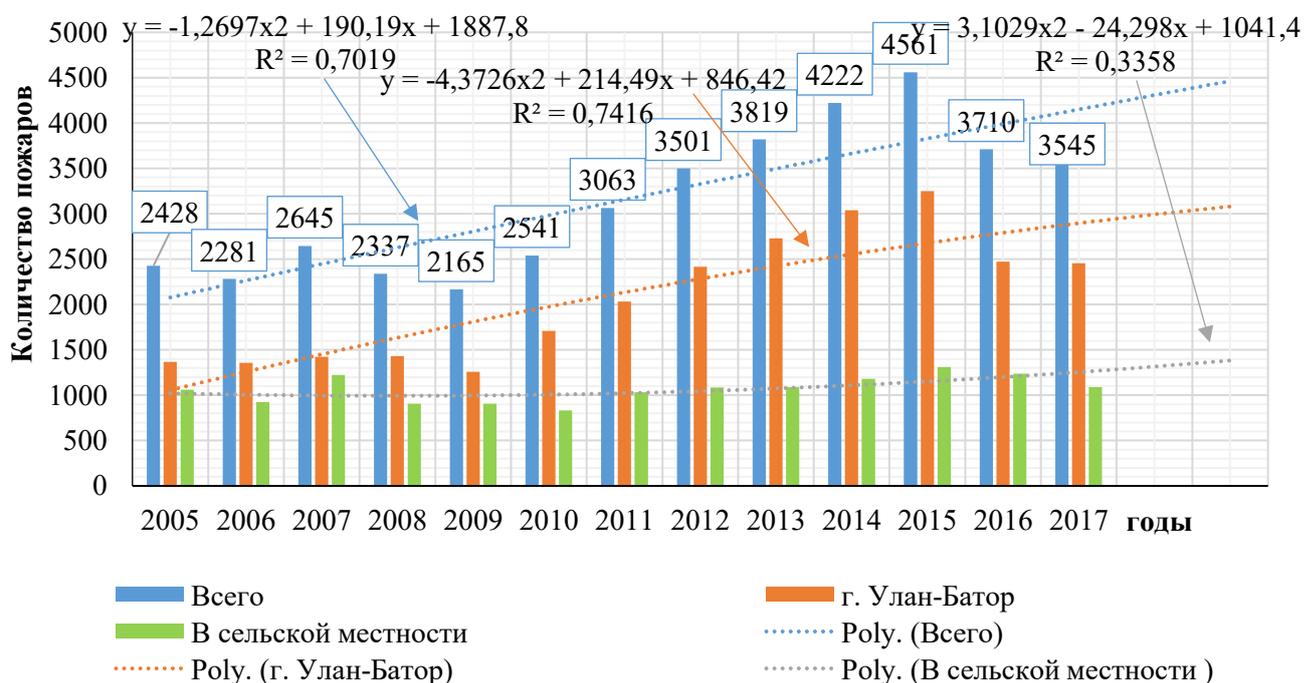


Рисунок 1.7 – Динамика пожаров в г. Улан-Баторе и сельской местности Монголии за период 2005-2017 гг.

Анализ общего количества пожаров в Монголии в 2005-2017 гг. (рисунок 1.7) описывается функцией в виде квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени). Расчёты показали следующие средние значения параметров: $a_2 =$

-1,2697; $a_1 = 190,19$; $a_0 = 1887,8$. Тогда имеем следующее уравнение (рисунок 1.7):

$$y = -1,2697x^2 + 190,19x + 1887,8; \\ R^2 = 0,7019. \quad (1.4)$$

Проведённый анализ показал, что в 2018 г. в Монголии ожидается $4307,96 \pm 770$ пожаров, а в 2019 году – $4463,12 \pm 801$. Расчётный коэффициент детерминации $R^2 = 0,7019$, коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,83$ с достоверностью $P \geq 83 \%$. Следовательно, выражение (1.4) означает, что функция относится к 83 % вероятности.

Количество пожаров в г. Улан-Батор также описывается в виде квадратичной аппроксимации (рисунок 1.7). Расчёты показали следующие средние значения параметров: $a_2 = -4,3726$; $a_1 = 214,49$; $a_0 = 846,42$. Тогда имеем следующее уравнение (рисунок 1.7):

$$y = -4,3726x^2 + 214,49x + 846,42; \\ R^2 = 0,7416. \quad (1.5)$$

Установлено, что в 2018 г. в Улан-Баторе ожидается $2992,2 \pm 669$ пожаров, а в 2019 г. – $3079,9 \pm 687$ пожаров. При этом коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,7416$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,86$ с достоверностью $P \geq 86 \%$. Следовательно, выражение (1.5) означает, что функция относится к 86 % вероятности.

Зависимость количества пожаров, произошедших в Монголии в 2005-2017 гг. в сельской местности описывается функцией в виде квадратичной аппроксимации (анализ полинома 2-й степени) при следующих параметрах $a_2 = 3,1029$; $a_1 = -24,298$; $a_0 = 1041,4$. При этих параметрах зависимость описывается следующей функцией:

$$y = 3,1029x^2 - 24,298x + 1041,4; \\ R^2 = 0,3358. \quad (1.6)$$

Установлено, что в 2018 году в сельской местности ожидается $1315,55 \pm 140$ пожаров, а в 2019 году 1383 ± 149 пожаров. При этом коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,3358$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,58$ с достоверностью $P \geq 58 \%$. Следовательно, выражение (1.6) означает, что функция относится к 58 % вероятности. Наибольшее количество пожаров за исследуемый период произошло

в промышленных аймаках страны: в городе Улан-Баторе, Дархан-Уулской и Орхонской аймаки (рисунок 1.8).

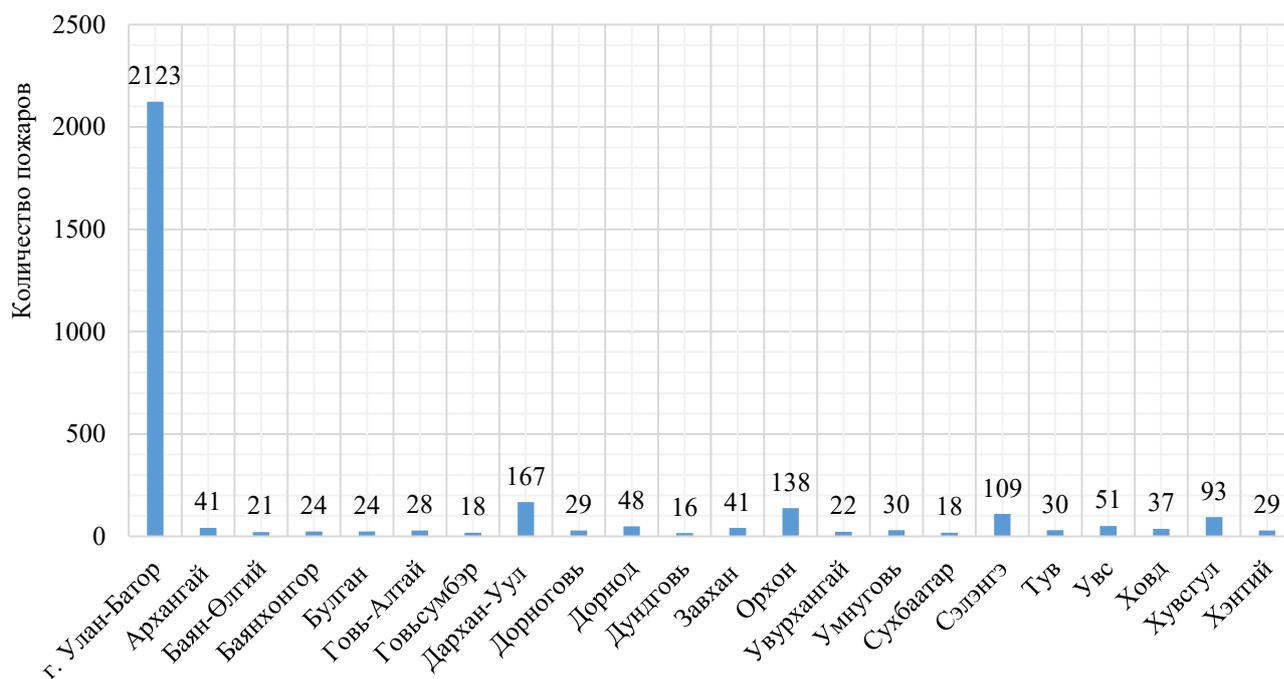


Рисунок 1.8 – Количество пожаров, произошедших в аймаках Монголии и г. Улан-Баторе за период с 2005 по 2017 годы

Из рисунка 1.9 видно, что за последние 13 лет заметна тенденция снижения гибели людей без существенных колебаний.

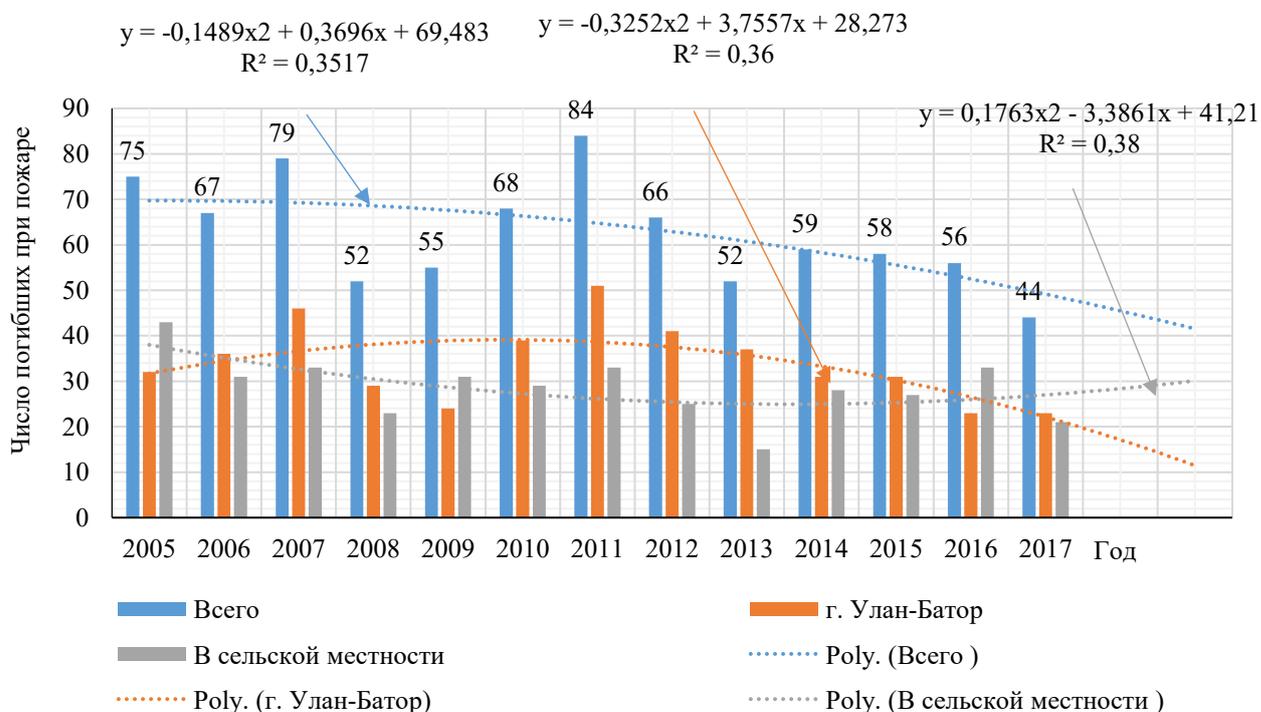


Рисунок 1.9 – Динамика гибели людей при пожарах за период 2005-2017 гг.

Зависимость количества погибших при пожарах, произошедших в Монголии в 2005-2017 гг., описывается функцией в виде квадратичной аппроксимации (анализ полинома 2-й степени). Параметр a_2 имеет среднее значение $-0,15$; параметр a_1 – среднее значение $0,37$, параметр a_0 уравнения равен среднегодовому количеству погибших при пожаре $69,48$. При этих значениях зависимость описывается функцией:

$$y = -0,15x^2 - 0,37x + 69,48; \\ R^2 = 0,3517. \quad (1.7)$$

В соответствии с проведённым анализом, в 2018 г. в Монголии ожидается 45 ± 11 погибших при пожаре, в 2019 г. – 41 ± 12 . Расчётный коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,35$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,59$ с достоверностью $P \geq 59\%$. Выражение (1.7) означает, что функция относится к 59 % вероятности.

Расчётные значения уравнения аппроксимации и прогноза количества погибших при пожарах в г. Улан-Батор и сельской местности в Монголии, полученные аналогичным образом, представлены в таблице 1.3.

Обзор данных количества погибших при пожарах с 2011 г. по 2017 г. показывает, что количество погибших уменьшилось.

Таблица 1.3 – Расчётные значения аппроксимации и прогноза погибших при пожарах

Территории	Уравнение квадратичной аппроксимации	2018 г.	2019 г.	Коэффициент детерминации R^2	Коэффициент корреляции r_{xy}
г. Улан-Батор	$y = -0,32x^2 - 3,75x + 28,3$	17 ± 8	11 ± 9	0,36	0,60 $P > 60\%$
Сельская местность	$y = 0,1763x^2 - 3,38x + 41,21$	28 ± 7	30 ± 6	0,38	0,62 $P > 62\%$

Тенденцию равномерности распределения количества погибших можно установить, используя критерий согласия Пирсона (χ^2). Для этого сформулируем нулевую H_0 и альтернативную H_1 гипотезы. В качестве нулевой гипотезы H_0 примем версию о том, что количество людей, погибших при пожарах в Монголии

за период 2010-2017 гг. (таблица 1.4), распределено равномерно, при этом расхождения между числами являются случайными. За альтернативную гипотезу H_1 принимается версия о неравномерном распределении указанных чисел за этот же период и они имеют устойчивое снижение, которое объясняется неслучайными причинами.

Таблица 1.4 – Количество погибших при пожарах в 2010-2017 гг. [9–12]

Территории	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Монголия	68	84	66	52	59	58	56	44
г. Улан-Батор	39	51	41	37	31	31	23	23
Сельская местность	29	33	25	15	28	27	33	21

С использованием критерия согласия Пирсона (χ^2) по оценке гипотез на равномерность (неравномерность) распределений (H_0 , H_1) [14, 15] произведены расчёты, результаты которых показаны в таблицах 1.5-1.7.

Таблица 1.5 – Расчёты по проверке нулевой гипотезы H_0 по критерию хи-квадрат χ^2 для Монголии (таблица 1.4)

№ п/п	Экспериментальная частота (э) (эмпирическая)	Расчётная частота (т) (теоретическая)	$э^2$	$\frac{э^2}{т}$
1	68	60,87	4624	75,96
2	84	60,87	7056	115,9
3	66	60,87	4356	71,56
4	52	60,87	2704	44,42
5	59	60,87	3481	57,18
6	58	60,87	3364	55,26
7	56	60,87	3136	51,51
8	44	60,87	1936	31,8
Σ	487	487	30657	503,59

$$т = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{68 + 84 + 66 + \dots + 44}{8} = 60,87; \chi^2 = 503,59 - 487 = 16,59.$$

Таблица 1.6 – Расчёты по проверке нулевой гипотезы H_0 по критерию хи-квадрат χ^2_{H} для г. Улан-Батор (таблица 1.4)

№ п/п	Экспериментальная частота (э) (эмпирическая)	Расчётная частота (т) (теоретическая)	э ²	$\frac{\text{э}^2}{\text{т}}$
1	39	34,5	1521	44,08
2	51	34,5	2601	75,4
3	41	34,5	1681	48,72
4	37	34,5	1369	39,68
5	31	34,5	961	27,85
6	31	34,5	961	27,85
7	23	34,5	529	15,33
8	23	34,5	529	15,33
Σ	276	276	10152	294,26

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{39 + 51 + 41 + \dots + 23}{8} = 34,5; \quad \chi^2_{\text{H}} = 294,26 - 276 = 18,26.$$

Таблица 1.7 – Расчёты по проверке нулевой гипотезы H_0 по критерию хи-квадрат χ^2_{H} для сельской местности (таблица 1.4)

№ п/п	Экспериментальная частота (э) (эмпирическая)	Расчётная частота (т) (теоретическая)	э ²	$\frac{\text{э}^2}{\text{т}}$
1	29	26,37	841	31,89
2	33	26,37	1089	41,29
3	25	26,37	625	23,7
4	15	26,37	225	8,53
5	28	26,37	784	29,73
6	27	26,37	729	27,64
7	33	26,37	1089	41,29
8	21	26,37	441	16,72
Σ	211	210,96	6007	220,81

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{29 + 33 + \dots + 21}{8} = 26,37; \quad \chi^2_{\text{H}} = 220,81 - 211 = 9,81.$$

Из таблицы 1.8 следует, что нулевая гипотеза H_0 для Монголии и сельской местности принимается, при этом вероятность совершить ошибку первого рода

(отвергнуть правильную гипотезу) практически равна нулю [14, 15].

Таблица 1.8 – Результаты проверки равномерности распределения данных таблицы 4 с использованием критерия хи-квадрат χ^2_H (таблица 1.5-1.7)

Территории	Наблюдаемая квантиль распределения хи-квадрат χ^2_H	Число степеней свободы K	Уровень значимости α	Нулевая гипотеза
Монголия	16,59	6	0,0109	Принимается
г. Улан-Батор	18,26	6	0,00561	Отвергается
Сельская местность	9,81	6	0,13288	Принимается

$K = s - 1 - r$, где s – количество групп выборки (все выборки содержат по 8 групп), r – число параметров, которые оценены по данным выборки (в каждой выборке оценивался один параметр – теоретическая частота).

$$\alpha = \int_{\chi^2_H}^{\infty} f(x^2) dx^2; \quad (1.8)$$

Графическое представление проверки нулевых гипотез показано на рисунке 1.10.

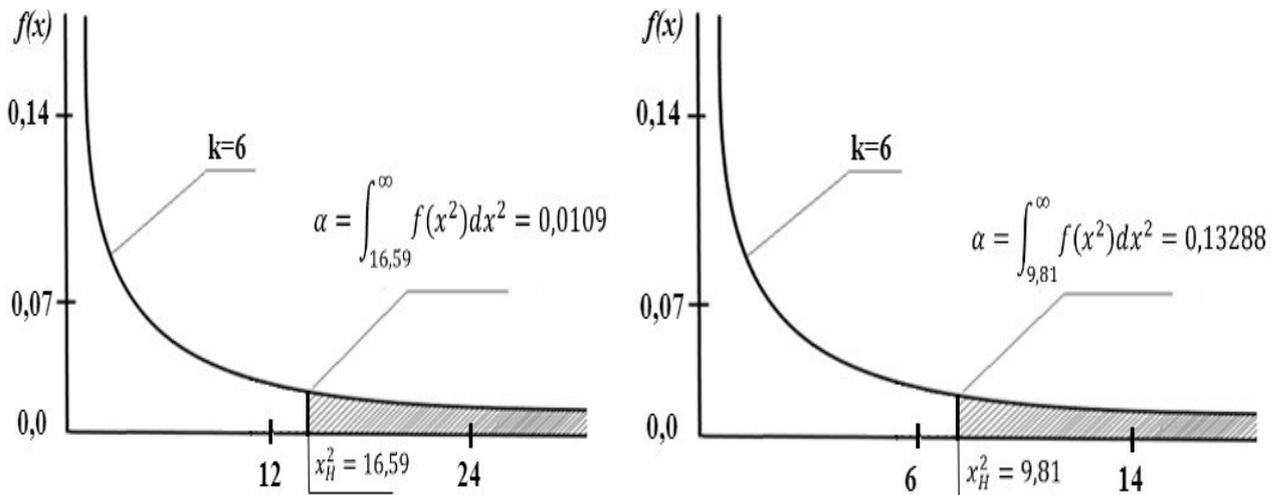


Рисунок 1.10 – Графики нулевых гипотез (к таблице 1.8)

Неравномерность распределения количества погибших в г. Улан-Баторе может объясняться тем, что его местонахождение относится к зоне более резкого континентального климата по сравнению с остальной территорией Монголии и большим числом проживающих.

Наибольшее количество погибших приходится в городе Улан-Баторе, Тувском и Дархан-Уулском аймаках (рисунок 1.11).

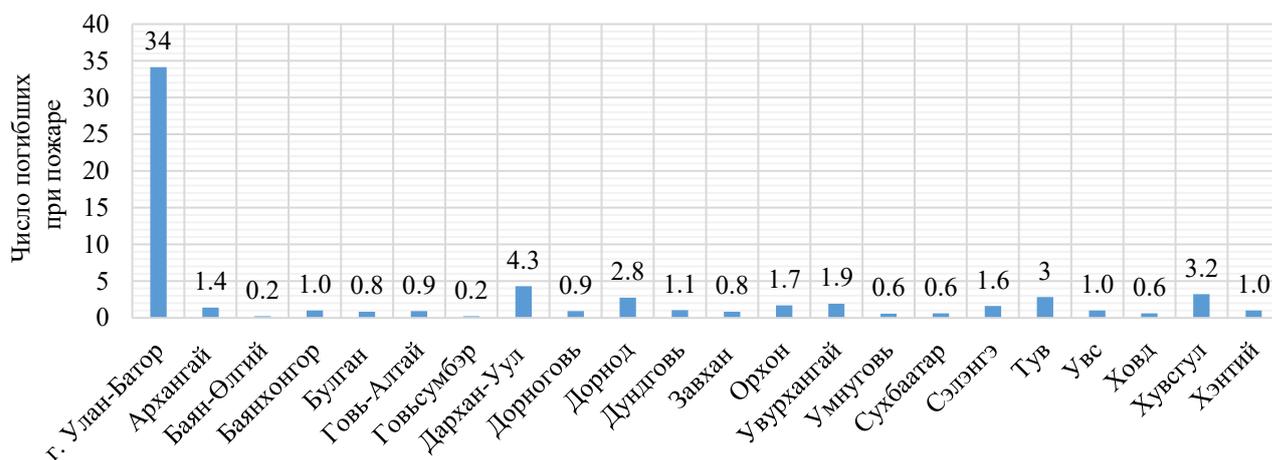


Рисунок 1.11 – Среднегодовое количество погибших при пожарах, произошедших в аймаках Монголии и г. Улан-Баторе в период с 2005 по 2017 годы

В г. Улан-Баторе наибольшее количество пожаров возникает в частном секторе. В этих районах люди преимущественно живут в одноэтажных домах и юртах, где имеют место следующие отрицательные факторы: нет дорог с твёрдым покрытием, невозможно добраться на пожарных автомобилях, нет водопровода, нет противопожарных водоёмов. Количество погибших при пожарах, как правило, увеличивается в период отопительного сезона (рисунок 1.12). Так, в зимнее время года количество пожаров возрастает и показатель количества погибших заметно увеличивается.

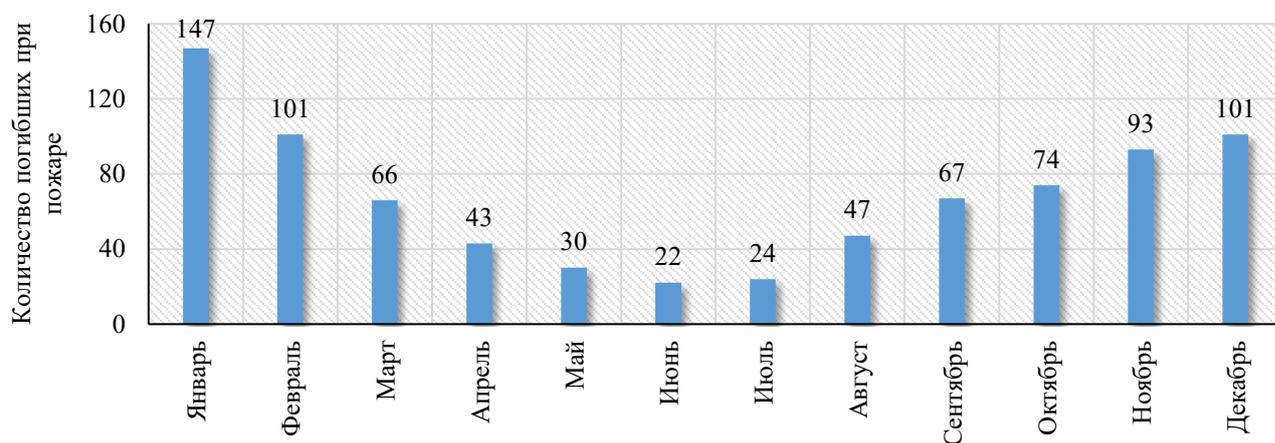


Рисунок 1.12 – Количество погибших при пожаре в Монголии в 2005-2017 гг. по месяцам

В результате анализа времени возникновения пожаров и их последствий в жилом секторе в зависимости от дня недели, было установлено, что ярко выраженных изменений по дням недели не имеется (рисунок 1.13), но наибольшее число погибших при пожарах приходится на вторник, пятницу и воскресенье

(рисунок 1.14).

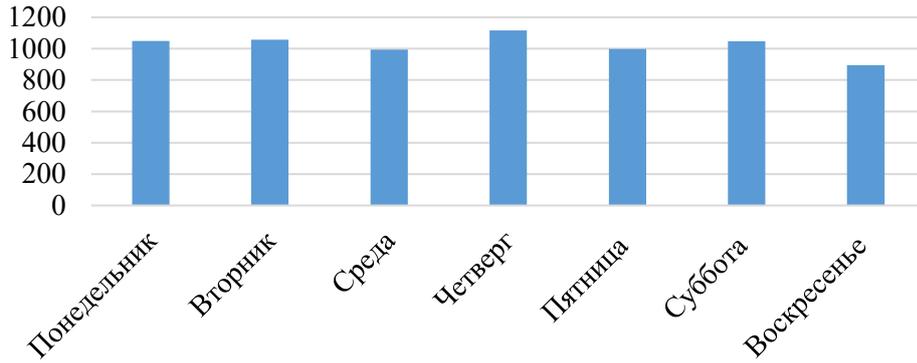


Рисунок 1.13 – Распределение пожаров по дням недели в жилом секторе в период с 2013 по 2017 годы



Рисунок 1.14 – Гибель людей при пожарах в жилом секторе по дням недели в период с 2013 по 2017 годы

Из рисунка 1.13 видно, что число пожаров в рабочие и выходные дни примерно одинаково. На рисунке 1.14 видно, что увеличение числа жертв в рабочие дни связано с тем, что основная масса населения занята, находится на рабочих местах, в связи с чем родители оставляют своих детей и инвалидов без контроля.

Высокое значение при управлении пожарными рисками имеет время возникновения пожаров (рисунок 1.15)

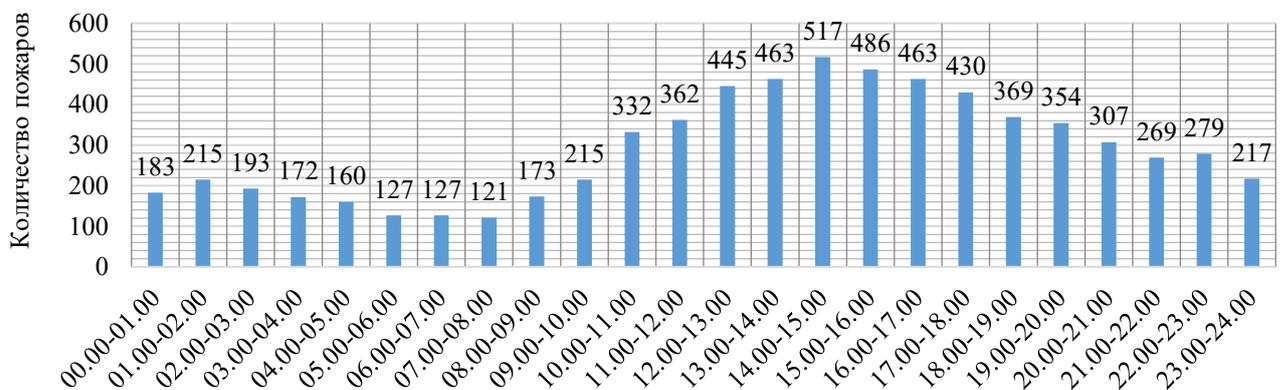


Рисунок 1.15 – Время возникновения пожара в жилом секторе в период с 2013 по 2017 годы

Как видно из рисунка 1.15, наибольшее число пожаров в жилом секторе в Монголии в период 2013-2016 гг. происходило во второй половине дня.

Наибольшее количество погибших при пожарах в жилом секторе приходится на ночное время (рисунок 1.16), и это естественно – если человек разбужен среди ночи пожаром, то его реакция замедленна, физические и умственные способности несколько притуплены. Вечером смертных случаев за рассматриваемый период значительно меньше. В это время люди, как правило, дома, никто не спит, в случае пожара всегда есть кому помочь детям, женщинам и старикам.

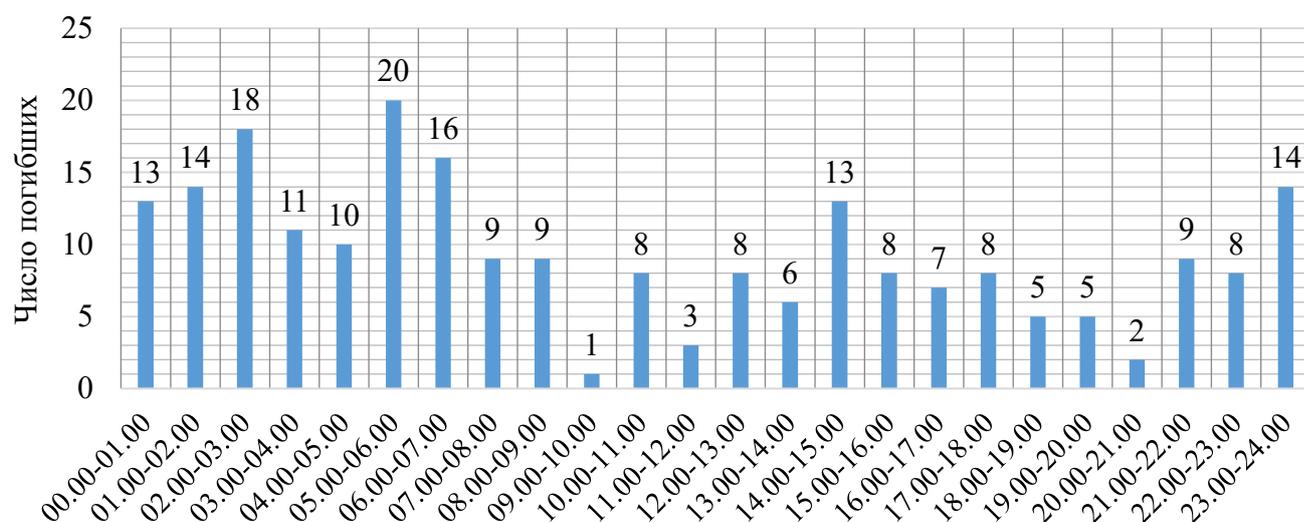


Рисунок 1.16 – Время гибели людей в жилом секторе по времени суток в период с 2013 по 2017 годы

На рисунке 1.17 показана смертность от пожаров в расчёте на один миллион населения для 31 страны. Из рисунка 1.17 видно, что в период с 2007 г. по 2016 г. Монголия занимала 6-е место по показателю гибели при пожарах среди 31 страны при средней смертности от пожаров на 1 млн населения 16,81 [9–12, 16–18]. Уровень смертности при пожарах в Монголии намного меньше, чем в Белоруссии – страны с самой высокой смертностью (85,49 погибших на миллион населения). Смертность в Монголии вдвое выше, чем в Швеции, Сербии, Норвегии (рисунок 1.17). Это может объясняться образом жизни, уровнем образования, различием в культуре, различием количества и качества противопожарной защиты и др.

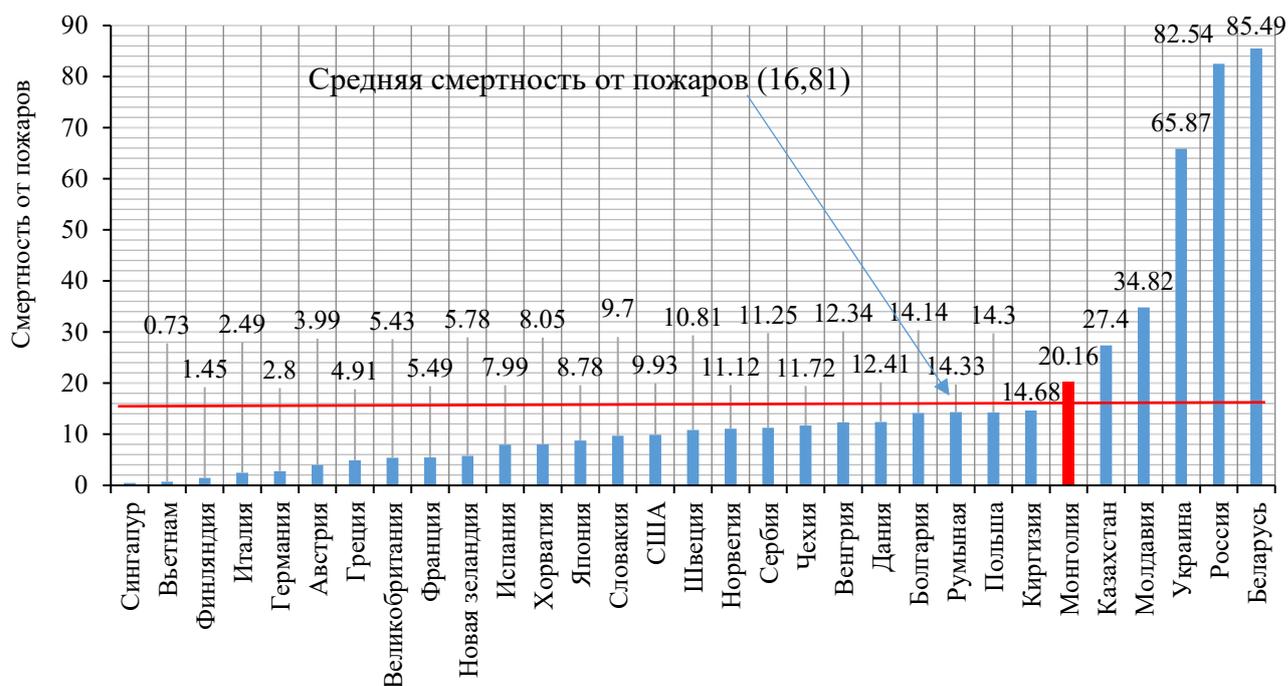


Рисунок 1.17 – Среднегодовая смертность от пожаров на 1 млн населения за период 2007-2016 гг. по ряду стран

В Монголии в течение последних 13 лет наблюдается тенденция к некоторому снижению количества пожаров. Однако при этом увеличивается материальный ущерб.

На рисунке 1.18 приведена динамика прямого материального ущерба от пожаров, произошедших в Монголии в 2005-2017 гг. Самый большой ущерб зафиксирован в 2006 г. от пожара, возникшего в результате перенапряжения электрической сети в торговом центре САПУ [9].

Анализ прямого материального ущерба от пожаров, произошедших в Монголии в 2005-2017 гг., описывается функцией в виде квадратичной аппроксимации (полинома) следующего вида:

$$y = 32,714x^2 + 246,63x + 3599,9; \quad R^2 = 0,5549. \quad (1.9)$$

В соответствии с проведённым анализом, в 2018 г. в Монголии ожидается материальный ущерб от пожаров, равный $15803,6 \pm 3581,17$ млн тугриков, в 2019 г. – $17553 \pm 4075,17$ млн тугриков. Расчётный коэффициент детерминации $R^2 = 0,5549$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0,73$ с достоверностью $P > 73\%$.

Выражение (1.9) означает, что функция относится к 73 % вероятности.

Расчётные значения статистического прогноза материального ущерба от пожаров в г. Улан-Баторе и в сельской местности Монголии, полученные аналогичным образом, представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Расчётные значения статистического прогноза материального ущерба от пожаров

Территории	Уравнения квадратичной аппроксимации	2018 г.	2019 г.	Коэффициент детерминации R^2	Коэффициент корреляции r_{xy}
г. Улан-Батор	$y = -18,795x^2 - 700,87x + 373,59$	$5754,77 \pm 2086,4$ млн туг.	$5910,59 \pm 2103,85$ млн туг.	0,6288	0,79 $P \geq 79 \%$
Сельская местность	$y = 51,509x^2 - 454,24x + 3973,5$	$10048,87 \pm 2275,97$ млн туг.	$11642,45 \pm 2684,36$ млн туг.	0,2714	0,52 $P \geq 52 \%$

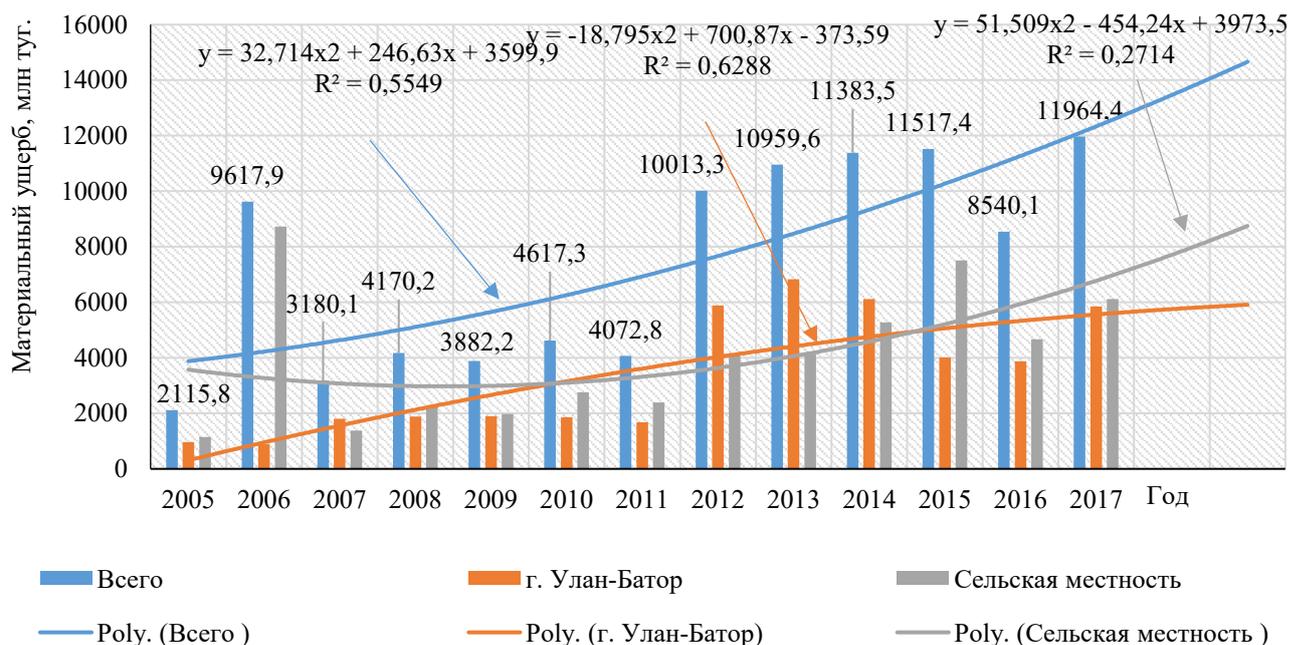


Рисунок 1.18 – Динамика прямого материального ущерба от пожаров, произошедших в Монголии в 2005-2017 гг.

Изучение динамики пожаров показывает, что 80-85 % пожаров происходят в городах Улан-Батор, Дархан-Уул и Орхон и аймаке Хувсгул. В таблице 1.10 показаны основные причины возникновения пожаров в Монголии. Причины пожаров классифицированы по трём основным группам: природные – N , техногенные – T , социальные – S .

Таблица 1.10 – Причины возникновения пожаров в Монголии с 2005 г. по 2017 г.

Причина	Количество пожаров	% от общего количества пожаров	Количество погибших	% от общего количества погибших	Факторы и причины пожаров
1	2	3	4	5	6
Неосторожное обращение с огнём	16487	40,39	204	25,03	<i>S</i>
Нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования	7012	17,17	172	21,10	<i>S, T</i>
Неправильная эксплуатация печей	4321	10,58	164	20,12	<i>S</i>
Неправильная эксплуатация электрооборудования	4051	9,92	92	11,28	<i>S, T</i>
Пожары от электро технических повреждений	3612	8,85	43	5,27	<i>T</i>
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	1258	3,08	31	3,803	<i>S, T</i>
Игра детей с огнём, в основном со спичками	899	2,2	16	1,96	<i>S</i>
Отогревание замёрзших труб паяльными лампами и факелами, нарушение правил проведения сварочных работ	841	2,06	19	2,33	<i>S, T</i>
Алкоголь	741	1,8	45	5,27	<i>S</i>
Поджоги	564	1,38	9	1,143	<i>S</i>
Неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса	369	0,97	8	0,98	<i>T</i>
Прямые удары молнии или их вторичные воздействия	81	0,19	2	0,24	<i>N</i>
Неправильная эксплуатация бытовых газовых и нефтяных устройств	69	0,16	8	0,98	<i>S</i>
Неустановленная причина	513	1,25	2	0,24	-
Итого	40,818	100	815	100	-

В городе пожары чаще всего происходят по причине неосторожного обращения с огнём – 16487 случаев (40,3 % от их общего количества). Другой причиной возникновения пожаров является нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования – 7012 случаев (17,17 %) [10–12].

Из таблицы 1.10 видно, что 40,39 % всех пожаров в Монголии (с 2005 г. по 2017 г.) произошло по причине неосторожного обращения с огнём (25,03 %). Все эти пожары произошли по причине "человеческого фактора", то есть они носят социальный характер.

Из рисунка 1.19 видно, что 64 % пожаров в Монголии приходится на здания жилого сектора, из них 78,3 % приходится на частный сектор. Основной причиной пожаров в частном секторе является "человеческий фактор".

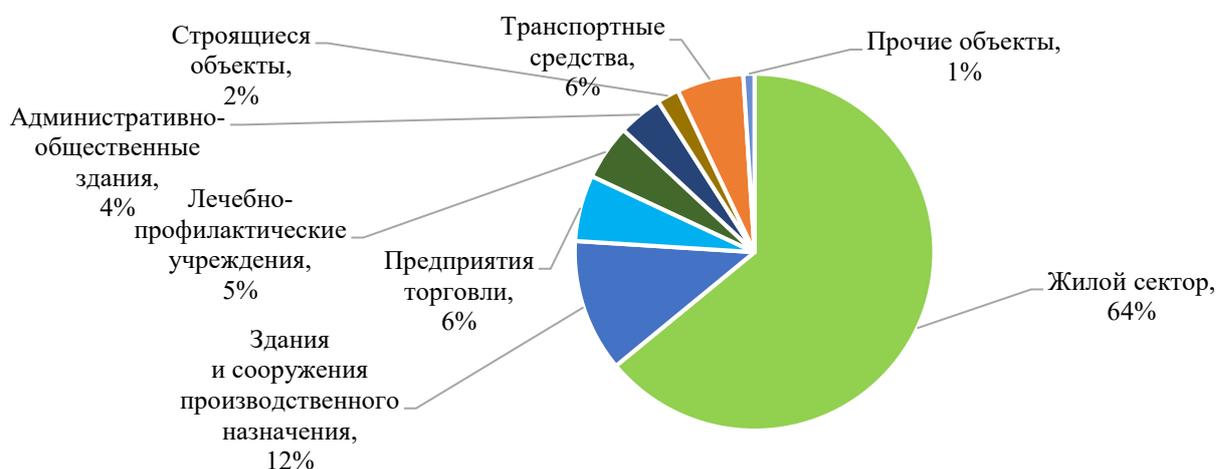


Рисунок 1.19 – Распределение пожаров с 2005 по 2017 годы по месту их возникновения

1.3 Анализ управления системой пожарной безопасности в Монголии

1.3.1 Анализ законодательства в области пожарных рисков

Проблемы обеспечения пожарной безопасности Монголии становятся с каждым днем все актуальнее. Приведенная в предыдущем параграфе статистическая информация показывает, что при повышении уровня благосостояния населения увеличивается необходимость повышения

защищённости от пожаров.

Поэтому необходимо выстраивать грамотную политику с администрацией городов и сельских местностей по снижению пожарного риска Монголии. Необходимо оценить риски и уязвимость существующих жилых районов, а также осуществить планирование и изучение рисков, устраняя риски при перепланировке существующих построек и объектов нового строительства.

Основные направления политики и способы ее реализации в Монголии на ближайшие 15 лет определены в следующих нормативно-правовых актах:

Постановление № 22 «Об утверждении государственной политики по защите от стихийных бедствий» (2015 г.); Резолюция № 22 «Национальная программа по борьбе со стихийными бедствиями» (2011 г.); «Утверждение Генерального плана развития города Улан-Батора до 2020 года и утверждение тенденций развития до 2030 года»;

Постановление № 23 «Государственная политика по защите от стихийных бедствий и утверждение плана реализации национальной программы» (2015 г.); Постановление № 30 «Национальная программа по уменьшению опасности бедствий и пожаров»(2015 г.).

Резолюция № 303 от 2015 года, Постановление № 26/08 «Об утверждении «Стратегии экономического развития Улан-Батора» на встрече представителей граждан столицы в 2015 году».

Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг [75].

Одним из значимых шагов, который был сделан парламентом Монголии в период с 2015 года по обеспечению пожарной безопасности граждан в рамках социальной политики, является введение «Закона о пожарной безопасности» от 2 июля 2015 года, статья 6 параграф 5 [19], и статьи 7 «Закона о борьбе со стихийными бедствиями», одобренной Государственным Большим Хуралом 2 февраля 2015 года [20] с целью осуществления порядка проведения оценки риска стихийных бедствий.

Принятие нормативных документов в области пожарной безопасности является одной из основных мер, направленных на снижение риска пожара в обществе. Это свидетельствует о том, что программа «Оценка пожарной опасности», одобренная заместителем премьер-министра Монголии 20 мая 2017 года, потребует дальнейшего снижения пожарных рисков, а также развития требований пожарной безопасности.

Однако на сегодняшний день по-прежнему требуют своего развития научные подходы по совершенствованию процесса управления пожарной безопасностью, а следовательно, и пожарными рисками Монголии.

1.3.2. Анализ сил и средств пожарной охраны Монголии

Пожарная охрана (ПО) является значимой подсистемой обслуживания государственной безопасности Монголии. Защищенность от пожаров, аварий, техногенных катастроф, стихийных бедствий является условием непрерывного развития научно-технического потенциала страны, отраслей индустрии, повышения качества жизни и устойчивого развития всего народнохозяйственного комплекса.

С 27 февраля 2004 года Государственная противопожарная служба Монголии входит в состав Государственного агентства чрезвычайных ситуаций (ГАЧС) Монголии, в структуре которого имеется Управление пожарной охраны (УПО).

Учитывая работу по региональной безопасности в других странах, Правительство Монголии с 2005 г. стало уделять особое внимание созданию законодательно-правовой основы для разработки государственной политики по региональной безопасности страны. Например, Парламент Монголии принял постановления «О концепции регионального развития Монголии», «Об установлении региональных центров-городов» и «О генеральных планах градостроительства развития региональных центров-городов до 2020 года», а также утвердил закон «О координации и управлении региональным развитием». В

соответствии с названными правовыми актами территория страны делится на 5 региональных центров [2, 117]:

- Западный региональный центр включает 5 аймаков: Баян-Улгий, Говь-Алтай, Завхан, Увс, Ховд;
- Северный региональный центр включает 7 аймаков: Орхон, Хувсгул, Булган, Дархан-Уул, Сэлэнгэ, Тув, Архангай;
- Южный региональный центр включает 6 аймаков: Говьсумбэр, Дорноговь, Дундговь, Умнуговь; Баянхонгор, Увурхангай;
- Восточный региональный центр включает 3 аймака: Дорнод, Сухэ-батор, Хэнтий;
- Улан-Баторский — является самостоятельным.

В 5 региональных центрах входят 22 административные единицы (провинции и столица), имеются департаменты по чрезвычайным ситуациям (ДЧС) в столице Улан-Баторе, в остальных провинциях созданы управления и отделы, которые подчиняются департаменту по чрезвычайным ситуациям (ДЧС).

Руководство пожарной охраны г. Улан-Батора осуществляет Управление государственной противопожарной службы (УГПС) Департамента по чрезвычайным ситуациям столицы Монголии.

Основными задачами УГПС Департамента по чрезвычайным ситуациям столицы являются [23]:

- разработка и осуществление мероприятий, направленных на укрепление пожарной безопасности объектов народного хозяйства и всего города;
- осуществление государственного пожарного надзора на объектах народного хозяйства и в населенных пунктах;
- организация тушения пожаров и ликвидация аварий на объектах народного хозяйства и в городе.

К 2017 году для оперативного обслуживания и своевременного прибытия подразделений пожарной охраны (ППО) на тушение пожаров и ликвидацию ЧС в Монголии функционирует 62 профессиональных пожарных депо. На рисунке 1.20 приведена схема общего размещения пожарных депо в Монголии.

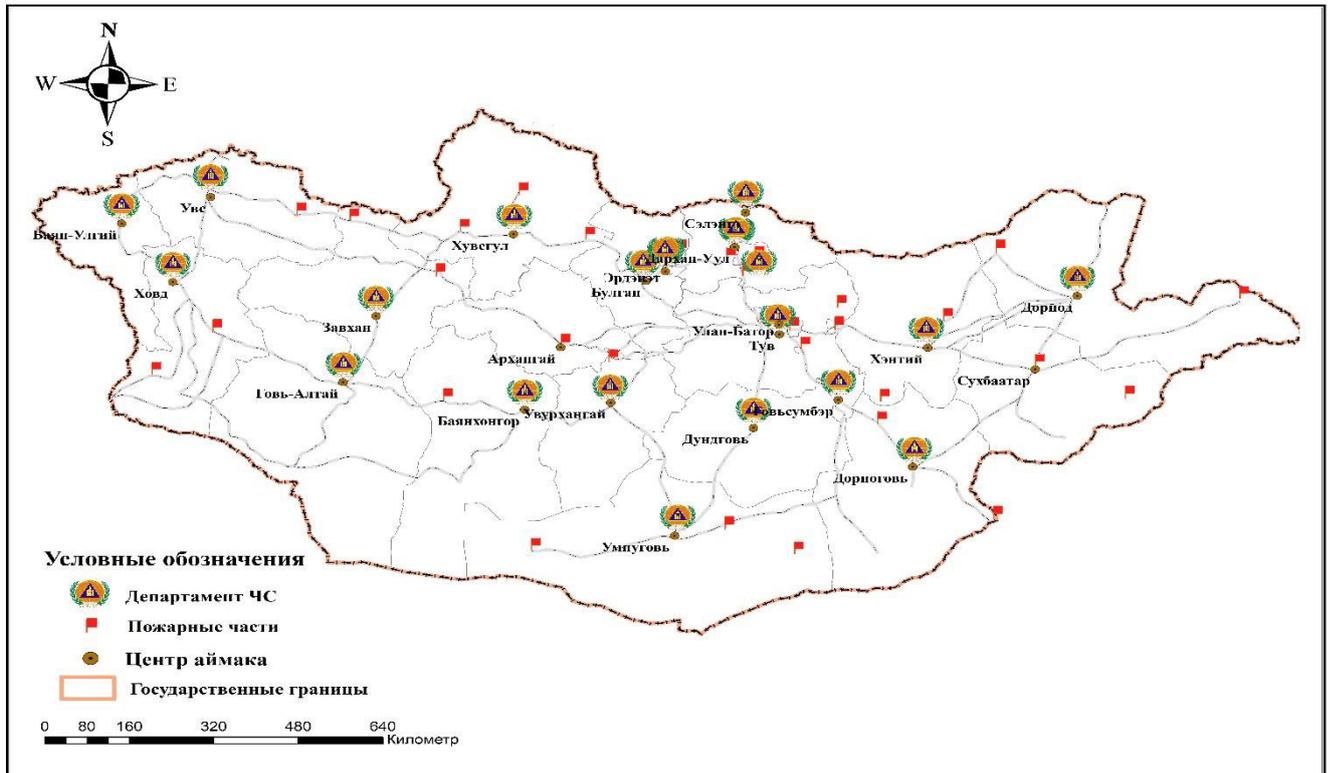


Рисунок 1.20 – Схема размещения существующих пожарных депо в Монголии в 2017 году

Кроме того, в главном социально-экономическом центре страны в городе Улан-Баторе располагается 14 пожарных депо, в том числе 10 пожарных депо защищают центральные районы города. Схема размещения существующих пожарных депо города Улан-Батор приведена на рисунке 1.21.

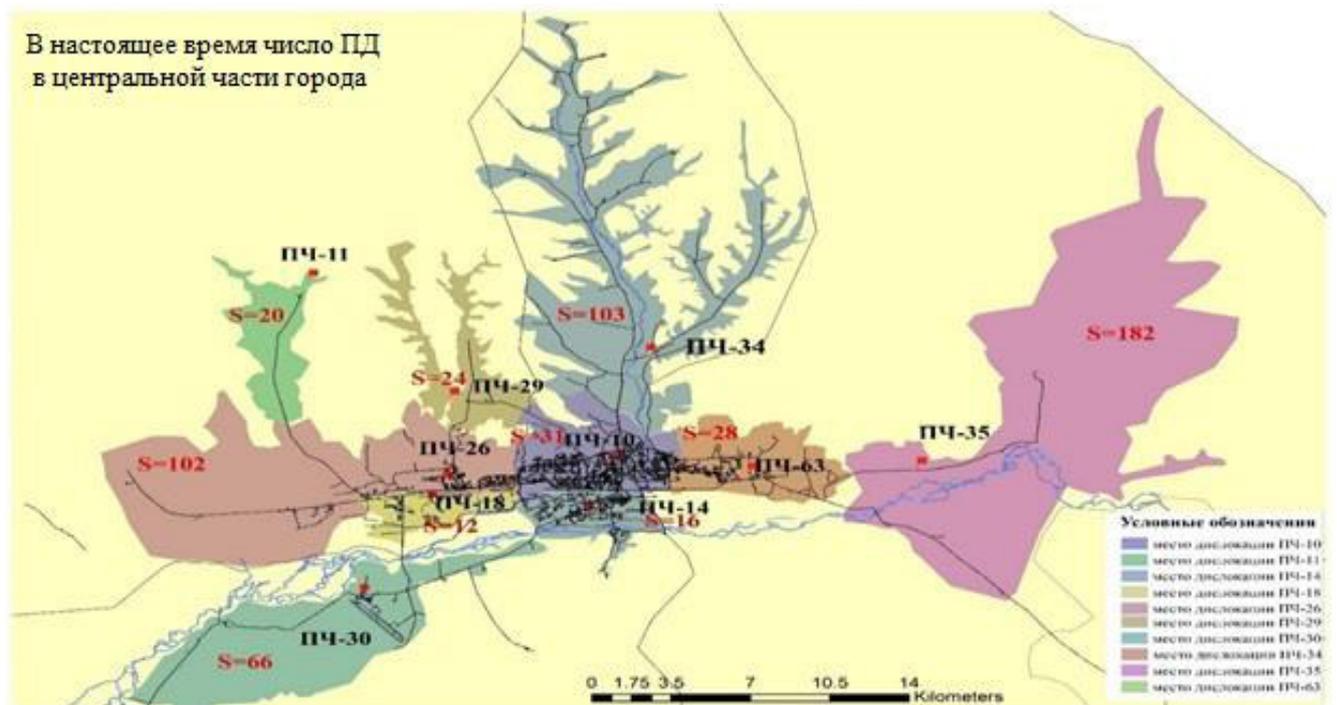


Рисунок 1.21 - Расположение пожарных частей в центральных районах города Улан-Батора

Сведения о местоположении ППО в аймаках и городе Улан-Баторе представлена в таблице 1.11.

Общая численность личного состава службы пожаротушения страны составляет 3300 человека, в том числе в пожарных частях 1900 человек. К 2017 году автомобильный парк ПСП Монголии составил 225 единиц. На сегодняшний день используется 76 или 33,8 % – российских технических средств, 48 или 21,4% – японских, 54 или 24 % – южно-корейских, 30 или 13,4% – КНР, 17 или 7,3% – австрийских автомобилей [104].

Общее количество ПА в стране - 225; из них 113 (50.2%) основных пожарных автомобилей, 5 (2,2%) автолестниц (АЛ), 35 (15,5%) специальных, 72 (32%) вспомогательных автомобилей [104].

Таблица 1.11 Основные показатели ресурсного оснащения пожарной охраны в аймаках в городе Улан-Баторе в 2017 г.

№ п/п	Наименование административно-территориальной единицы (АТЕ)	Пожарные депо	Обслуживаемая площадь территории, км ² (Общая площадь)	Кол-во. обслуживаемого населения, тыс. чел. на депо
1	2	3	4	5
г. Улан-Батор				
1	Чингэлтэй	ПЧ-10	89,3	159
2	Сухбатор	ПЧ-34	208,4	138
3	Баянгол	ПЧ-18	29,5	221,3
4	Хан-Уул	ПЧ-14	484,7	169,7
5		ПЧ-30		
6		ПЧ-65		
7	Сонгинохайрхан	ПЧ-11	1200,6	322,4
8		ПЧ-26		
9		ПЧ-29		
10	Баянзурх	ПЧ-63	1244,1	336,9
11		ПЧ-35		
12	Багахангай	ПЧ-80	140	4,1
13	Налайх	ПЧ-28	687,6	36,9
14	Багануур	ПЧ-64	620,2	28,7
Всего			4704,4	1417

Продолжение таблицы 1.11

1	2	3	4	5
Дархан-Уул аймак (провинция)				
15	Дархан-Уул	ПЧ-22	34,3	28,4
16		ПЧ-54		
17	Шарын гол	ПЧ-50		
Орхон аймак				
18	г. Эрдэнэт	ПЧ-56	104	49,8
19		ПЧ-81		

Из таблицы 1.11 следует, что на сегодняшний день в крупных городах Монголии одно пожарное депо обслуживает примерно 80,5 тыс. чел. на площади не менее 150-180 км².

Определение мест дислокации пожарных депо при проектировании ППО осуществляется в соответствии с требованиями закона «О пожарной безопасности» в соответствии с генеральным планом города или посёлка одно пожарное депо обслуживает территорию в радиусе 3 км. Если население составляет 4 тыс. чел., то необходимо построить 1 профессиональное пожарное депо. На каждые 2 тыс. чел. должно приходиться 1 добровольное пожарное депо.

Тем не менее, этот закон не применяется на практике, что видно из таблицы 1.11, где обслуживание пожарной охраны не соответствует нормативам.

В действительности в Монголии в городе Улан-Баторе функционирует 14 профессиональных пожарных депо, в городе Дархан и Эрдэнэт функционирует только 2 профессиональных пожарных депо, а другие небольшие населенные пункты обслуживаются только одним пожарным депо.

В настоящее время в городе Улан-Баторе одно пожарное депо в среднем обслуживает территорию 58,4 км²., на которой проживают примерно 104,5 тыс. человек, что является одним из самых высоких показателей среди крупных городов мира. Площади обслуживания одним пожарным депо в крупных городах мира представлены на рисунке 1.22.

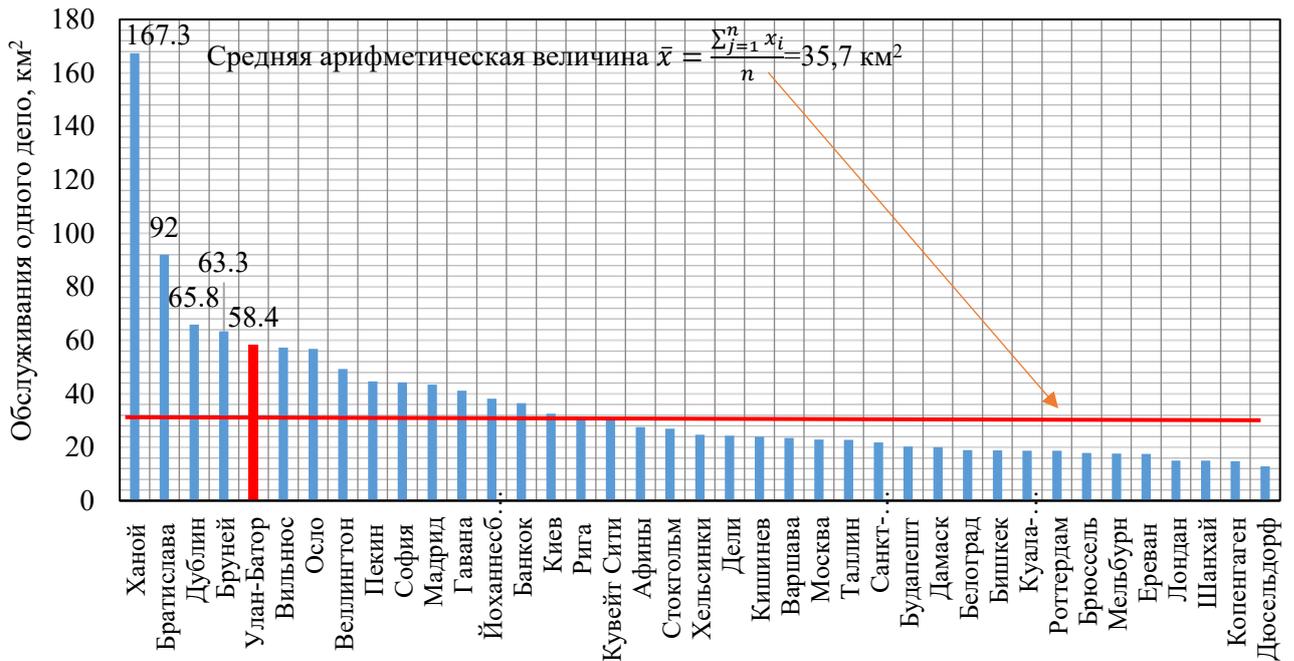


Рисунок 1.22 – Средняя площадь обслуживания 1 депо в городах мира, км²

Из рисунка 1.22 наглядно видно, что в среднем площадь обслуживания одним пожарным депо в городе Улан-Баторе в 2 раза выше, чем в других городах мира, что отрицательно влияет на уровень пожарной безопасности этого города.

Следовательно, необходимо определить реально существующий уровень пожарной опасности АТЕ Монголии с целью принятия решений по снижению пожарных рисков.

Понятие пожарной безопасности – это состояние защищённости личности, имущества, общества и государства от пожаров [19, 22] следует, что детально изучают, насколько быстро то или иное подразделение должно прибывать к месту экстренного вызова, чтобы обеспечить спасение жизни человека и снижение материального ущерба. В соответствии с законом о пожарной безопасности на каждые 3 км необходимо построить 1 пожарное депо, что с финансовой точки зрения неэффективно.

В научных работах Н.Н. Брушлинского и С.В. Соколова [24] в области проектирования оперативных служб, рассматриваются самые оптимальные варианты количества пожарных депо, математические модели функционирования ППС.

В работах [25, 26, 35, 36–39, 48] констатируют, что не имеет смысла жестко нормировать время прибытия ППО к месту вызова, вместо этого необходимо наблюдать за тем, чтобы зона обслуживания пожарного депо не превышала 12–15 км², в этой ситуации 90 % вызовов будут обеспечены 10 минутным временем прибытия первого пожарно-спасательного подразделения.

Выводы по главе 1

1. Приведённые статистические данные о пожарах на территории Монголии за период 2005-2017 гг. показали неудовлетворительную пожарную обстановку. Смертность в Монголии от пожаров вдвое выше, чем в Швеции, Сербии и Норвегии.

2. Количество погибших при пожарах зависит от времени года. В летний период происходит снижение количества пожаров, а в зимний период – увеличение.

3. Построены уравнения зависимости (тренды) основных показателей пожарной обстановки, а также исследованы их тенденции равномерности (неравномерности) распределения по времени.

4. Получены прогнозные оценки основных показателей, характеризующих пожарную обстановку в городской и сельской местности Монголии.

5. Полученные результаты исследования могут быть использованы специалистами пожарной охраны Монголии в управлении пожарными рисками и при совершенствовании систем обеспечения пожарной безопасности.

6. Проведен анализ законодательства в области снижения пожарных рисков, который показал недостаточный уровень государственного регулирования вопросов пожарной безопасности.

7. В городе Улан-Баторе одно пожарное депо обслуживает площадь 58,4 км², примерно 104,5 тыс. человек. В то же время для других крупных городов в мире это соотношение составляет 40 - 50 тыс. человек.

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА ПОЖАРНЫХ РИСКОВ АДМИНИСТРАТИВНО - ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ МОНГОЛИИ И УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Изучение статистики чрезвычайных ситуаций, произошедших в Монголии показывает, что за последние десять лет в стране произошло более 3000 чрезвычайных происшествий. Пожары составили 83% от общего количества чрезвычайных происшествий, в которых пострадали более 600 человек и нанесен экономический ущерб в сумме 9 миллиардов тугриков (204,5 млн. руб.) [9-12]. Техногенные аварии и стихийные бедствия составили 17%, а ежегодное количество погибших от пожаров более 60 человек, пострадавших более 30 человек. Экономический эквивалент ежегодной гибели людей на пожарах равен 93,17 миллиардам тугриков (2,34 млрд. руб., см. гл. 3). Все это свидетельствует о проблемах, связанных с высокими пожарными рисками в Монголии.

2.1. Оценка основных пожарных рисков административно – территориальных единиц Монголии за период с 2013 по 2018 гг

С конца XX века исследования пожарного риска стали усиливаться и детально изучаются на протяжении многих лет. Страны, которые интенсивно изучают пожарные риски, часто являются приоритетными странами в мировой экономике. К ним относятся США, Великобритания, Россия, Швеция, Канада и Австралия [94, 95, 100, 136, 138, 140, 143].

Первые научные исследования пожарных рисков в России относятся к началу 1970 -х годов [44]. Постепенно привычные понятия, например, индивидуальные и социальные риски, приобрели новые смысловые значения [27, 30, 31, 33, 34, 40, 43, 44, 45, 47], были введены понятия локальных и интегральных социально-экономических показателей пожарного риска [52, 53, 54].

При изучении ситуации с пожарами в административно-территориальных единицах Монголии в рамках настоящего исследования, использовалась теория интегральных (основных) пожарных рисков [28, 44, 45]. Основные интегральные пожарные риски определены по следующим формулам [44, 45, 113, 114]:

1. риск R_1 – для человека столкнуться с пожаром за единицу времени,

$$R_1 = \frac{N_{\text{пож.}}}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.год}} \right]; \quad (2.1)$$

2. риск R_2 – для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой),

$$R_2 = \frac{Q_{\text{жертв.}}}{N_{\text{пож.}}} \left[\frac{\text{жертва}}{10^2 \text{пожар}} \right]; \quad (2.2)$$

3. риск R_3 – для человека погибнуть при пожаре (обозначает, что индивидуальный пожарный риск) за единицу времени,

$$R_3 = \frac{Q_{\text{жертв.}}}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{жертва}}{10^5 \text{чел.год}} \right]; \quad (2.3)$$

4. риск R_4 – уничтожения строений в результате пожара,

$$R_4 = \frac{N_{\text{унич.}}}{N_{\text{пож.}}} \left[\frac{\text{унич.строение}}{\text{пожар}} \right]; \quad (2.4)$$

5. риск R_5 – прямого материального ущерба от пожара,

$$R_5 = \frac{C}{N_{\text{пож.}}} \left[\frac{\text{нац.денеж.ед.}}{\text{пожар}} \right]; \quad (2.5)$$

Очевидно, что риски R_1 , R_2 , R_3 связаны соотношением

$$R_3 = R_1 \cdot R_2 .$$

6. риск R_6 – число пострадавших от пожаров [113, 114],

$$R_6 = \frac{N_{\text{пост.}}}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{постр.}}{10^5 \text{чел.год}} \right]. \quad (2.6)$$

Поясним, что виды пожарных рисков R_1 , R_2 , R_3 , R_6 являются социальными рискам, то есть представляют опасность для людей, а риски R_4 , R_5 характеризуются как экономические риски, оценивают потенциальную опасность для материальных ценностей [44, 93].

Источником информации для данного исследования являлись статистические данные, представленные Главным управлением ГАЧС по Монголии за период с 2013 по 2018 гг., а также официальные статистические данные о пожарной обстановке Монголии, опубликованные в статистических

сборниках [9–12]. Такой подход позволил проследить и сравнить общую динамику и изменения количественных характеристик территориальных пожарных рисков. Расчет основных пожарных рисков выглядит следующим образом. Например, в Монголии в 2018 году зарегистрировано 3826 пожаров, на которых погибло 76 человек. Численность населения страны составляла 3 238479 человек. Основываясь на этих данных, расчет имеет вид:

$$R_1^{2018} = \frac{3826}{3238479} = 1,18 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.год}} \right];$$

$$R_2^{2018} = \frac{77}{3826} = 2,01 \cdot 10^{-2} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожар}} \right];$$

$$R_3^{2018} = \frac{77}{3238479} = 2,37 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right].$$

Результаты расчёта говорят о том, что в 2018 году на каждые 1000 человек приходился 1,2 пожара, каждые 100 пожаров уносили жизни 2 человек, на каждых 100 тыс. жителей Монголии приходится 2 погибших в год. Для получения более конкретной и полной информации по обстановке с пожарами в Монголии были определены показатели рисков и по административно-территориальным единицам страны.

На основе официальных статистических данных за 2013 – 2018 гг. произведены расчёты пожарных рисков по формулам 2.1 – 2.5 [44] и 2.6. [114] Расчётные значения показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Средние пожарные риски по провинциям (аймакам) и г. Улан-Батору в Монголии за период 2013-2018 гг.

№ п/п	Наименование АТЕ	R_1 $\left[\frac{\text{пож}}{10^3 \text{ чел.год}} \right]$	R_2 $\left[\frac{\text{жертв}}{10^2 \text{ пож}} \right]$	R_3 $\left[\frac{\text{жертв}}{10^5 \text{ чел.год}} \right]$	R_4 $\left[\frac{\text{уничт.строе}}{10^1 \text{ пож}} \right]$	R_5 $\left[\frac{\text{туг.}10^4}{\text{пож}} \right]$	R_6 $\left[\frac{\text{постр}}{10^5 \text{ чел.год}} \right]$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	г. Улан-Батор	1,71	1,23	2,11	7,02	216,20	1,85
2	Архангай	0,65	0,83	0,54	5,39	432,40	0,18
3	Баян-Улгий	0,40	1,27	0,50	6,40	88,15	0,00
4	Баянхонгор	0,67	2,68	1,78	6,67	285,79	0,79
5	Булган	0,55	3,03	1,67	9,85	930,36	1,95
6	Говь-Алтай	0,77	0,76	0,59	6,45	261,50	0,00

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Говьсумбэр	1,81	1,11	2,01	6,44	288,17	1,01
8	Дархан-Уул	1,47	2,00	2,94	9,16	165,95	0,65
9	Дорноговь	0,70	3,24	2,28	7,91	509,17	0,76
10	Дорнод	0,80	2,43	1,95	8,43	230,02	0,22
11	Дундговь	0,43	7,14	3,04	11,61	627,92	1,52
12	Завхан	0,96	0,75	0,72	6,67	313,24	0,24
13	Орхон	1,26	1,06	1,33	8,94	123,66	0,17
14	Увурхангай	0,42	3,17	1,34	7,08	439,07	0,45
15	Умнугувь	0,64	2,87	1,82	8,57	553,47	2,87
16	Сухбаатар	0,67	0,00	0,00	19,92	447,00	0,57
17	Сэлэнгэ	0,93	1,66	1,55	9,24	325,81	0,93
18	Тув	0,43	8,47	3,65	10,21	967,09	2,74
19	Увс	1,20	1,22	1,46	6,34	455,40	3,13
20	Ховд	0,81	1,95	1,59	8,85	208,67	0,20
21	Хувсгул	0,42	4,35	1,82	10,68	1797,63	1,56
22	Хэнтий	0,55	2,89	1,60	39,26	820,83	0,46
25	Среднее значения	0,83	2,46	1,65	10,05	476,70	1,01

Согласно значениям таблицы 2.1 и рисункам 2.1–2.6 в Монголии на каждых 1000 человек в среднем по аймакам приходится приблизительно 1 пожар. Наибольшее количество пожаров происходит в Говьсумбэрском (1,81), Дархан-Уулском (1,47) аймаках и г. Улан-Баторе (1,71) (рисунок 2.1).

При каждых 100 пожарах в среднем по аймакам погибает около (2,46) человека. Наибольшее количество жертв насчитывается в следующих аймаках: в Тувском (8,47), Дундговьском (7,14), Хувсгулском (4,35) Дорноговьском (3,24) (рисунок 2.2).

На каждые 100 тыс. человек в среднем по аймакам приходится приблизительно 2 погибших, но наибольшее число в следующих аймаках: Тувском (3,65), Дундговьском (3,04), Дархан-Уулском (3,37) (рисунок 2.3).

На каждые 10 пожаров в среднем по аймакам приходится 10 уничтоженных строений, а наибольшее количество в следующих аймаках: в Хэнтийском (39,26), Сухбаатарском (19,62) и Дундговьском (11,61) (рисунок 2.4).

На каждый пожар в среднем по аймакам риск ущерба (R_5) составляет 4,76 млн. туг. Наибольший экономический ущерб приходится на следующие аймаки: Хувсгульский (1797,93 млн. туг.), Тувский (967,09 млн. туг.) и Булганский (930 млн. туг.) (рисунок 2.5).

Ежегодно в Монголии из 100 тыс. чел. получают увечья 1 человек. Наибольшее число пострадавших в Увском (3,13), Умнуговьском (2,87) и Тувском (2,74) аймаке.

Для более наглядной картины динамика пожарных рисков показана на рисунках 2.1 – 2.6.

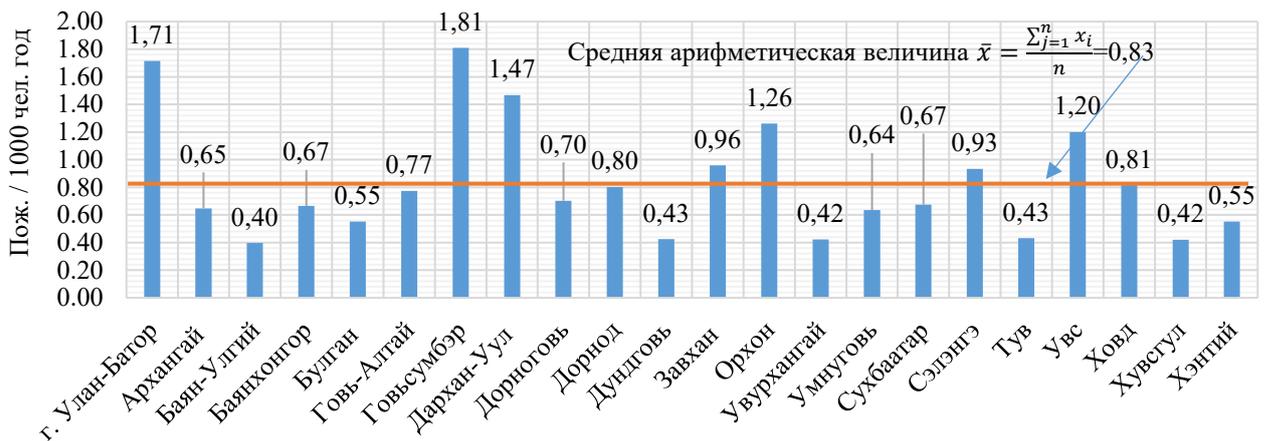


Рисунок 2.1 – Динамика пожарных рисков R_1 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

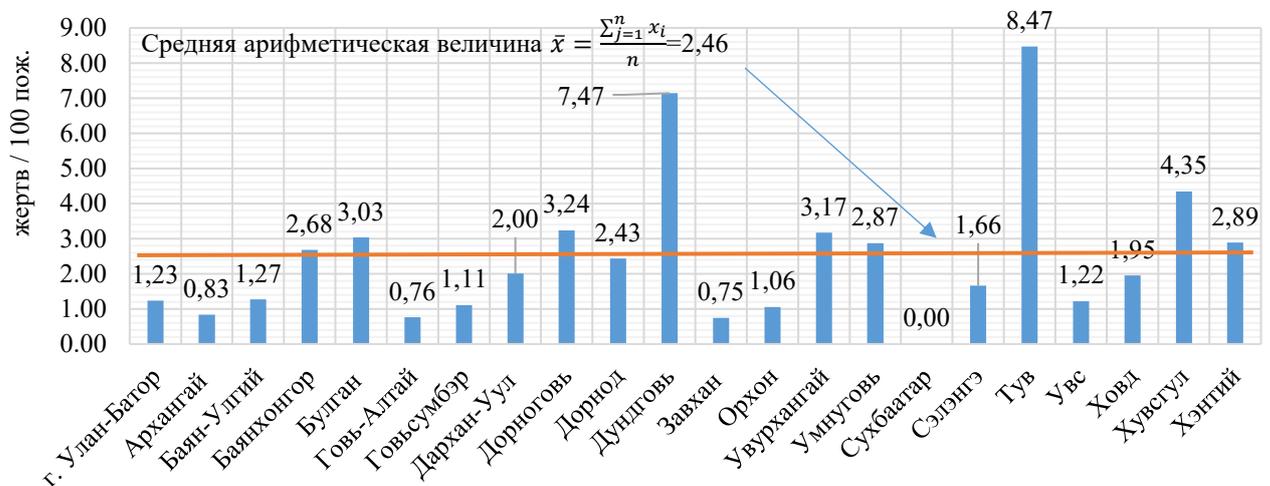


Рисунок 2.2 – Динамика пожарных рисков R_2 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

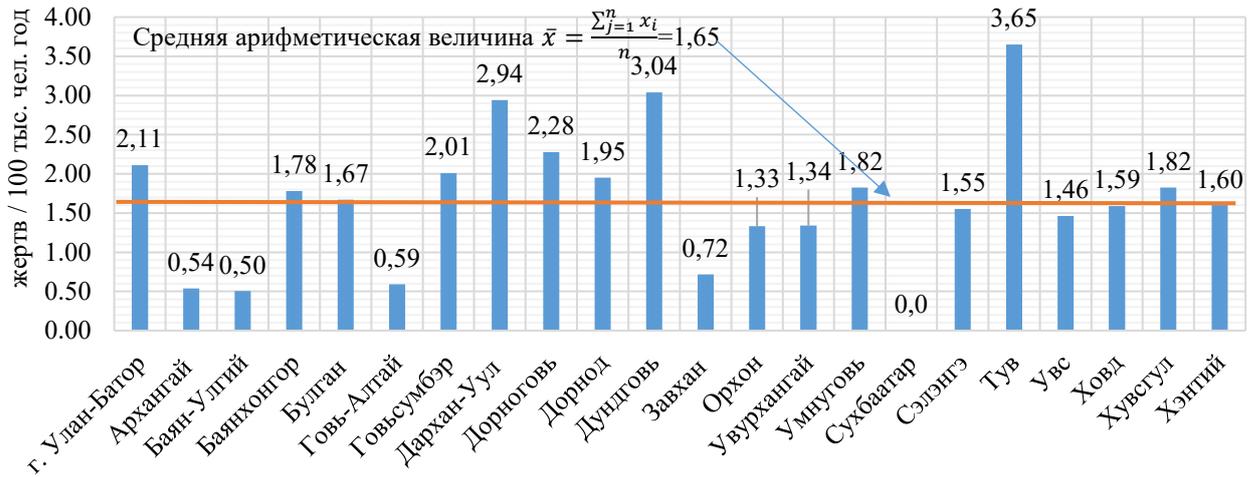


Рисунок 2.3 – Динамика пожарных рисков R_3 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

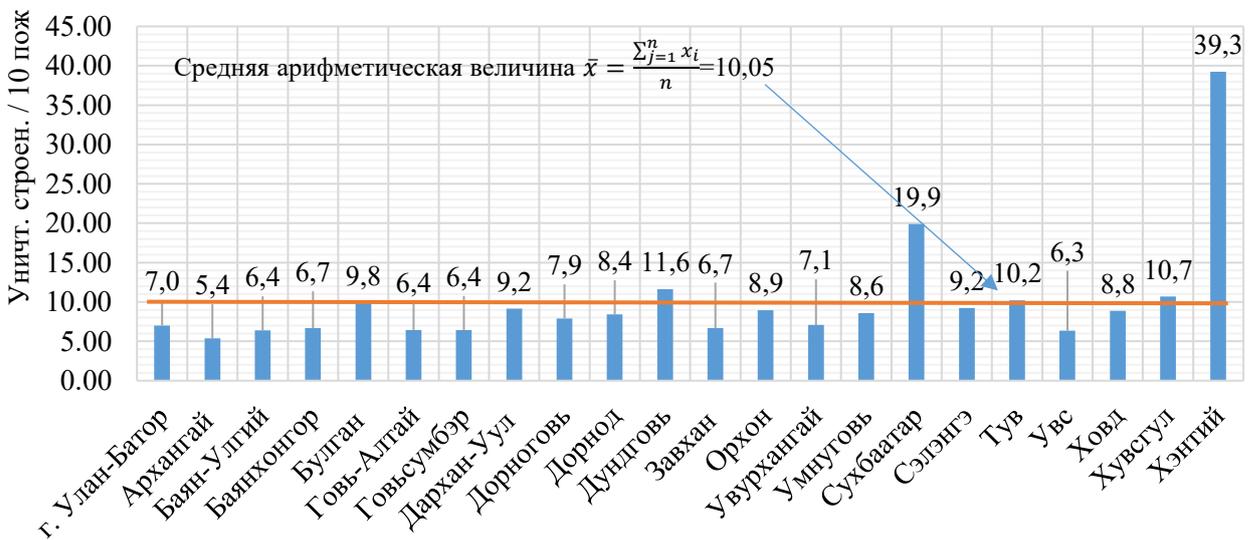


Рисунок 2.4 – Динамика пожарных рисков R_4 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

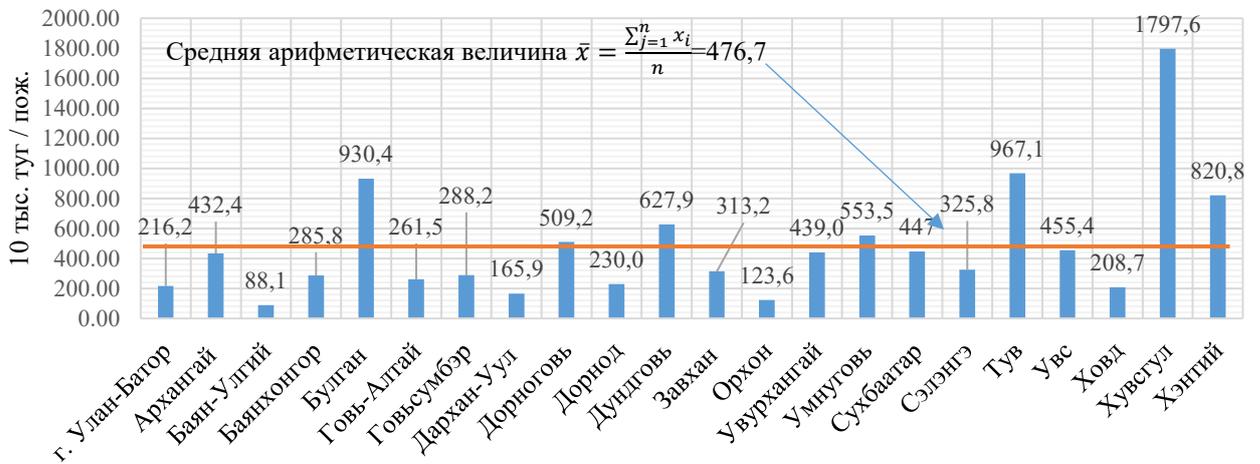


Рисунок 2.5 – Динамика пожарных рисков R_5 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

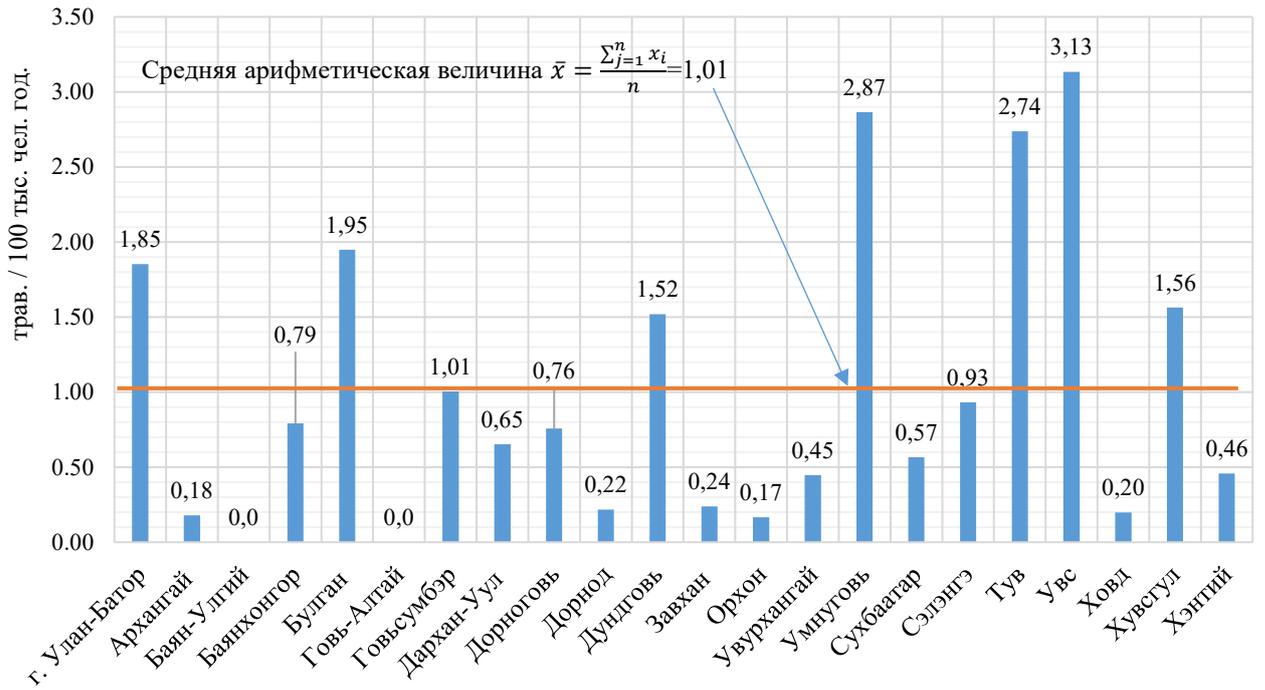


Рисунок 2.6 – Динамика пожарных рисков R_6 по аймакам Монголии и городу Улан-Батору за период 2013-2018 гг.

Для сравнения динамики пожарных рисков, была проанализирована пожарная ситуация за период 2013-2017 гг. для средних значений в мире по данным Центра пожарной статистики СТИФ [16, 17, 18].

За период 2013-2017 гг. в среднем на Земле насчитывалось 7,31 млрд. чел., из них в Монголии проживало 3,05 млн. чел. Центром пожарной статистики Международной ассоциации пожарно-спасательных служб ежегодно обобщаются статистические данные из 27-57 крупнейших стран мира, в которых проживают более 50% населения планеты (0,9-3,8 млрд. человек). За это время в обследованных странах ежегодно регистрировалось 2,5-4,5 млн. пожаров, при которых погибали 17-62 тыс. человек. Всего за последние 20 лет в этих странах жертвами пожаров стал почти 1 миллион человек [16, 17, 18].

В Монголии за период 2013-2017 гг. в среднем за год регистрируется 3969 пожаров и 54 чел. погибших. [10, 11, 12].

Согласно указанным статистическим показателям численности населения и обстановки с пожарами были определены значения основных пожарных рисков в мире и Монголии (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Основные пожарные риски за период 2013-2017 гг.

Объект защиты	Пожарные риски		
	R_1 , <i>пож. / 10³ чел.</i>	R_2 , <i>жертв / 10² пож.</i>	R_3 , <i>жертв / 10⁵ чел.</i>
В мире	2,4	1,18	1,40
В Монголии	1,3	1,4	1,76 ≈ 2

Для более наглядной картины было проведено сравнение динамики пожарных рисков в мире с основными пожарными рисками Монголии, которые показаны на рисунках 2.7 – 2.9

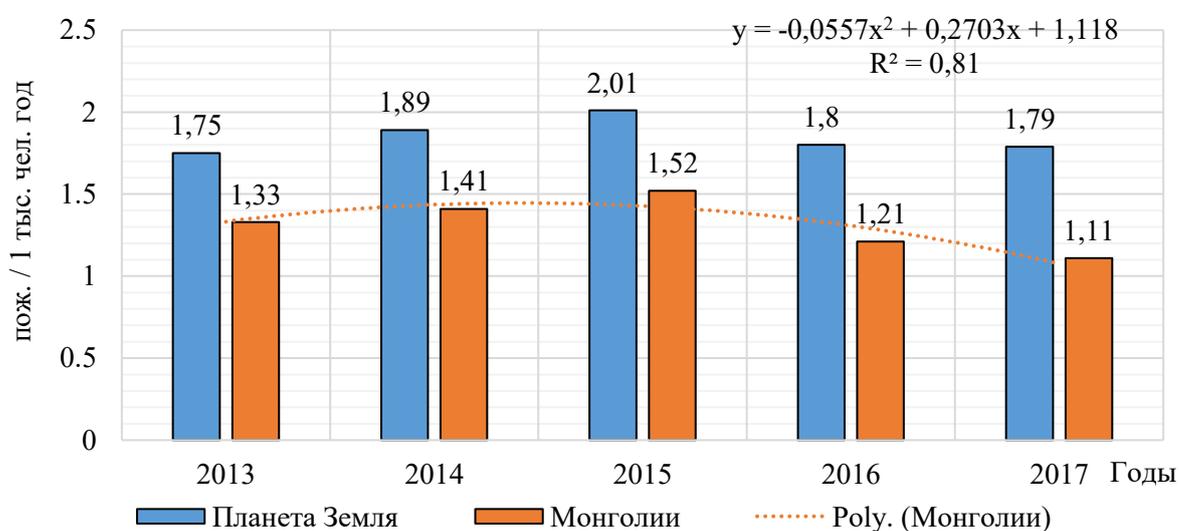


Рисунок 2.7 – Динамика риска R_1 в мире и Монголии в период 2013–2017 гг.

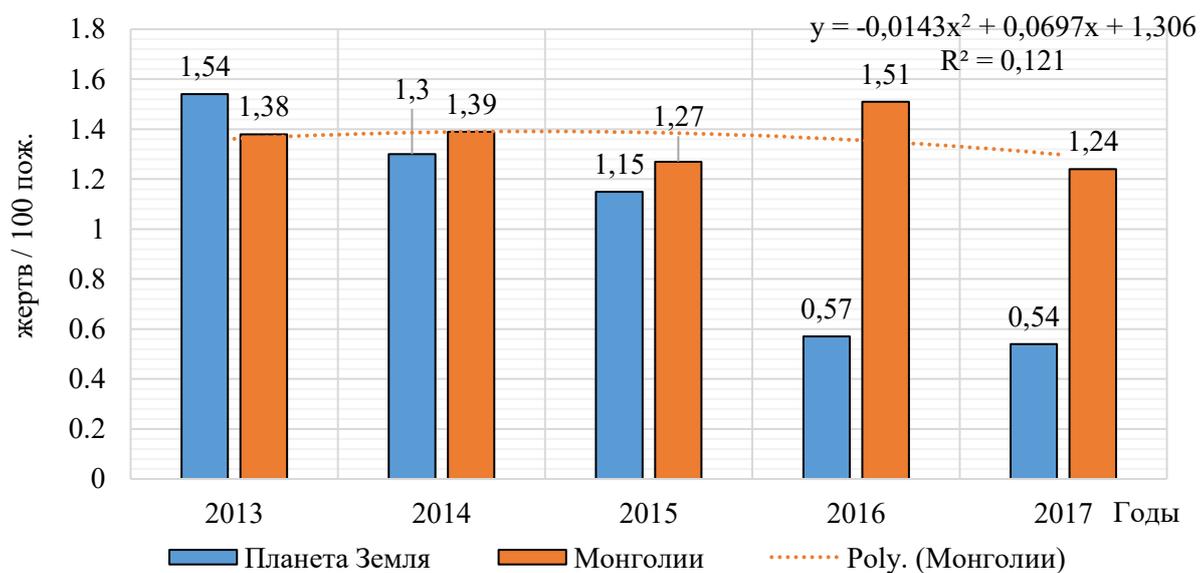


Рисунок 2.8 – Динамика риска R_2 в мире и Монголии в период 2013–2017 гг.

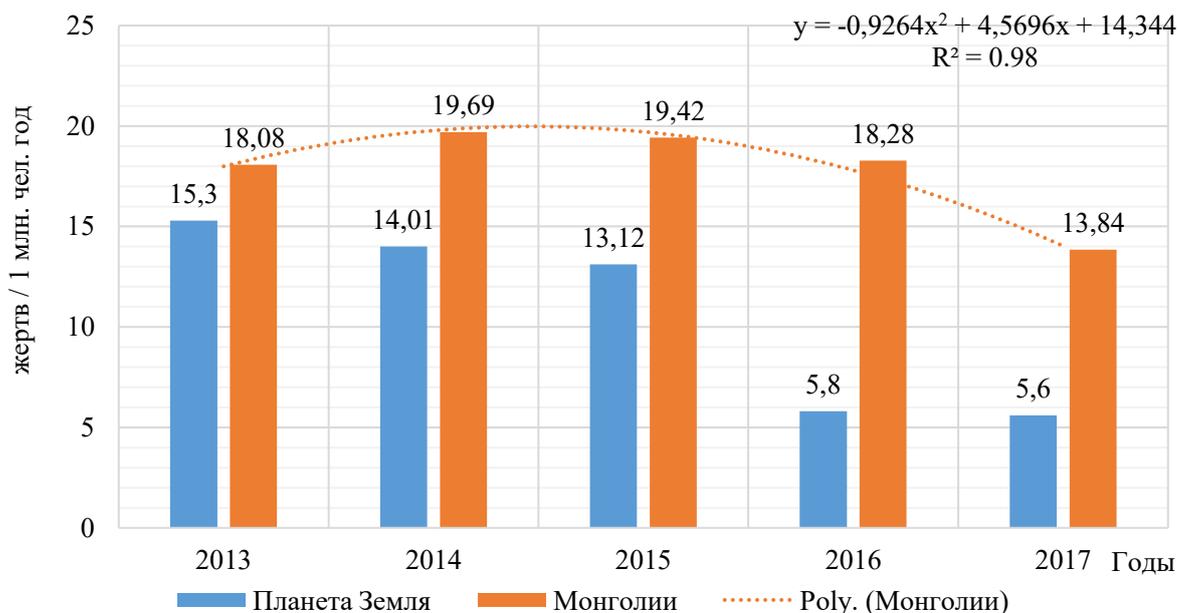


Рисунок 2.9 – Динамика риска R_3 в мире и Монголии
в период 2013–2017 гг

Из таблицы 2.2 следует, что за период 2013 - 2017 гг. в мире в среднем на тысячу землян приходится 2 пожара, на каждые 100 пожаров в среднем погибал 1 чел., соответственно, на каждые 100 тыс. землян ежегодно приходилась одна жертва пожара.

За последние десятилетия эти значения основных пожарных рисков на планете практически не меняются и могут служить хорошим ориентиром для оценки обстановки с пожарами в других регионах и странах мира [16, 30].

Поэтому, из таблицы 2.3 видно, что в Монголии за период 2013-2017 гг. риск для человека оказаться в условиях пожара только на 54,2 % меньше, чем среднемировой уровень, но значения рисков характеризующие возможность гибели людей на пожарах, больше на 18,6%, чем среднемировые значения и значения рисков, характеризующих возможность гибели, людей на каждые 100 тыс. чел. больше на 15,7%, чем среднемировые значения.

В работе показан анализ интегральных пожарных рисков, который даёт представление по отдельным (частным) показателям пожарной опасности (рискам), но установить, какие административные территориальные единицы Монголии представляют большую или меньшую пожарную опасность сложно.

Применение метода оценки интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков снимает указанную сложность.

2.2. Определение интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков административно - территориальных единиц Монголии

Для установления уровней пожарной опасности по административным территориальным единицам (аймакам) Монголии была использована методика, изложенная в работах [52, 53, 54], в которой рассматривается интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР). Методика определения ИСЭППР базируется на четырёх этапах [53].

На первом этапе определяются следующие частные (отдельные) пожарные риски: R_{Γ} – риск гибели на пожаре; R_{T} – риск травматизма на пожаре; R_{y} – риск материального ущерба от пожара:

$$R_{\Gamma} = \frac{N_{\text{погибших}}}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{жерт}}{10^3 \cdot \text{чел.год}} \right]; \quad (2.7)$$

$$R_{\text{T}} = \frac{N_{\text{травм}}}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{травм}}{10^3 \cdot \text{чел.год}} \right]; \quad (2.8)$$

$$R_{\text{y}} = \frac{C}{Q_{\text{насел.}}} \left[\frac{\text{денеж.ед.}}{\text{чел.год}} \right]. \quad (2.9)$$

На втором этапе производится стандартизация частных пожарных рисков по следующей формуле:

$$R_{ij}^* = \frac{R_{ij} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}}, 0 \leq R_i^* \leq 1, \quad (2.10)$$

где R_i^* – стандартизированный i -й пожарный риск по j -й анализируемой территории (в нашем случае $i=1,2,3$);

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 по правилу точечных оценок Фишберна (2.11):

$$k_i^N = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, \quad (2.11)$$

где k_i^N – вес i -го показателя;

N – число показателей в анализируемой совокупности (в нашем случае $N=3$);

i – порядковый номер в группе показателей.

Заметим, что ($\forall n \in N, n > 0$): $\sum_{i=1}^n k_i^n = 1$.

С помощью точечных оценок Фишберна определяются весовые коэффициенты k , которые в нашей задаче составили: для $R_{\Gamma}^* - k_1 = 0,5$, для $R_{\Gamma}^* - k_1 = 0,33$, а для $R_{\gamma}^* - k_1 = 0,17$ (*обозначает стандартизованный показатель).

На четвёртом этапе применяется формула (2.12) для определения интегрального социально-экономического показателя пожарного риска:

$$R_{сэ} = R_{\Gamma}^* \cdot k_1 + R_{\Gamma}^* \cdot k_2 + R_{\gamma}^* \cdot k_3; 0 \leq R_{сэ} \leq 1, \quad (2.12)$$

где $R_{сэ}$ – интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР).

Значение ИСЭППР может определяться по отдельным регионам за один год или как среднее значение за несколько лет. Также можно определять темпы снижения или роста рассматриваемого показателя. При этом необходимо учитывать коэффициенты приведения материального ущерба к расчетному году [53, 131]. По ИСЭППР можно оценивать отдельно сельскую и городскую территорию, отдельные группы населения (дети, пожилые и т.п.) и др. [52].

После определения ИСЭППР территории можно ранжировать регионы по уровню пожарной опасности. Вводятся следующие уровни пожарной опасности по убыванию [52, 53, 54] (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – 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 показатель
(0; 0,25]	Низкий

Территория Монголии разделена на пять регионов (г. Улан-Батор, Западный регион, Северный регион, Восточный регион, Южный регион), а 4 последние включают в себя провинции (аймаки) и все они по отдельности представляют собой административно-территориальную единицу (АТЕ) [117]. Для оценки пожарной опасности регионов Монголии и выявления уровней этой опасности проведем по ним расчеты интегрального социально-экономического показателя пожарного риска.

Для более точных расчетов расширим исследуемый период до 6 лет (с 2013 по 2018 гг.). Исходные статистические данные, характеризующие пожарную опасность регионов Монголии [9–12] представлены в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Основные показатели пожарной опасности регионов Монголии за 2013-2018 гг.

Наименование региона	Население, чел.	Погибло людей при пожарах, чел.	Травмировано людей при пожарах, чел.	Прямой ущерб от пожаров, туг.
г. Улан-Батор	1 421 017	29	26	5 265 871 181
Западный регион	389 257	4	3	936 986 689
Северный регион	681 215	13	8	2 643 063 470
Восточный регион	208 626	3	1	650 221 138
Южный регион	386 605	7	5	1 032 528 722

Из таблицы 2.4 видим, что в городе Улан-Баторе за 2013- 2018 гг. в результате пожаров погибло 29 человек, травмировано 26 человек, а ущерб от пожаров составил 5,26 млрд. туг. В таком случае, используя формулы (2.7)–(2.12), имеем:

$$R_{\Gamma} = \frac{N_{\text{погибших}}}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{29}{1\,421\,017} = 2,04 \left[\frac{\text{жерт}}{10^5 \cdot \text{чел.год}} \right];$$

$$R_T = \frac{N_{\text{травм}}}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{26}{1\,421\,017} = 1,83 \left[\frac{\text{травм}}{10^5 \cdot \text{чел.год}} \right];$$

$$R_y = \frac{C}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{5,26 \cdot 10^9}{1\,421\,017} = 3,71 \left[\frac{10^3 \cdot \text{туг.,ед.}}{\text{чел.год}} \right].$$

А стандартизированные значения имеют вид:

$$R_{\Gamma}^* = \frac{R_{\Gamma(\text{УБ})} - R_{\Gamma(\text{западный})}}{R_{\Gamma(\text{УБ})} - R_{\Gamma(\text{западный})}} = \frac{2,04 - 1,03}{2,04 - 1,03} = 1,0;$$

$$R_T^* = \frac{R_T(\text{УБ}) - R_T(\text{восточный})}{R_T(\text{УБ}) - R_T(\text{восточный})} = \frac{1,83 - 0,48}{1,83 - 0,48} = 1,0;$$

$$R_y^* = \frac{R_y(\text{УБ}) - R_y(\text{западный})}{R_y(\text{северный}) - R_y(\text{западный})} = \frac{3,71 - 2,41}{3,88 - 2,41} = 0,88.$$

Используя формулу (2.12) получим ИСЭППР для г. Улан-Батор:

$$R_{\text{УБ}}^{\text{СЭ}} = 1,0 \cdot 0,5 + 1,0 \cdot 0,33 + 0,88 \cdot 0,17 = 0,98.$$

Аналогичные расчеты проводим для каждого региона, а полученные результаты заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчёта средних интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков в регионах Монголии за 2013-2018 гг.

№	Наименование региона	R_{Γ}	R_T	R_y	R_{Γ}^*	R_T^*	R_y^*	$R_{\text{СЭ}}$
1	г. Улан-Батор	2,04	1,83	3,71	1,00	1,00	0,88	0,98
2	Западный регион	1,03	0,77	2,41	0,00	0,21	0,00	0,07
3	Северный регион	1,91	1,17	3,88	0,87	0,51	1,00	0,77
4	Восточный регион	1,44	0,48	3,12	0,40	0,00	0,48	0,28
5	Южный регион	1,81	1,29	2,67	0,72	0,60	0,19	0,60

По полученным результатам (таблица 2.5) построен график (рисунок 2.10), на котором регионы ранжированы (распределены) по уровню убывания пожарной опасности.

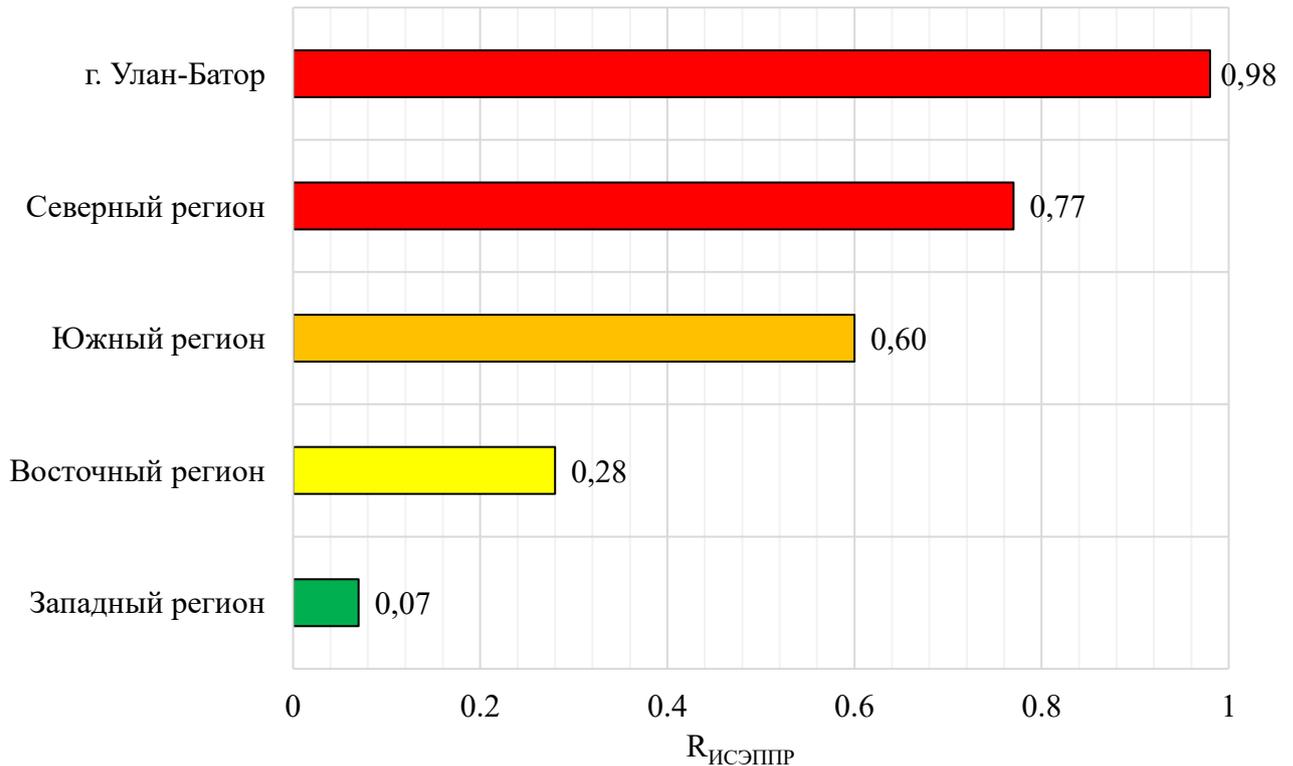


Рисунок 2.10 – График распределения регионов по пожарной опасности в порядке их убывания (за период 2013-2018 гг.)

По результатам расчета видим (рисунок 2.10), что за 2013-2018 гг. исключительно высокий уровень пожарной опасности наблюдался в городе Улан-Батор и в Северном регионе. Южный регион характеризуется высоким уровнем пожарной опасности. Восточный регион относится к среднему уровню пожарной опасности, а Западный регион имеет низкое значение уровня пожарной опасности. Уровни пожарной опасности АТЕ Монголии, вычисленные за период с 2013 по 2018 годы по интегральному социально-экономическому показателю пожарного риска, представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Уровни пожарной опасности АТЕ Монголии (средние показатели за период с 2013 по 2018 годы)

Численное значение	Уровень пожарной опасности	АТЕ (регионы)	АТЕ (город, аймаки)	Доля территории, %	Доля населения, %
(0,75; 1]	Исключительно высокий	г. Улан-Батор и Северный регион	г. Улан-Батор, Хувсгул, Архангай, Булган, Тув, Дархан-Уул, Сэлэнгэ, Орхон	21,01	68,12

(0,5; 0,75]	Высокий	Южный регион	Баянхонгор, Увурхангай, Умнуговь, Дундговь, Дорноговь, Говьсумбэр	34,14	12,52
(0,25; 0,5]	Средний	Восточный регион	Хэнтий, Дорнод, Сухбаатар	18,29	6,74
(0; 0,25]	Низкий	Западный регион	Завхан, Ховд, Увс, Говь-Алтай, Баян-Улгий	26,56	12,62

На рисунке 2.11 уровни пожарной опасности регионов Монголии представлены на разработанной геоинформационной карте.

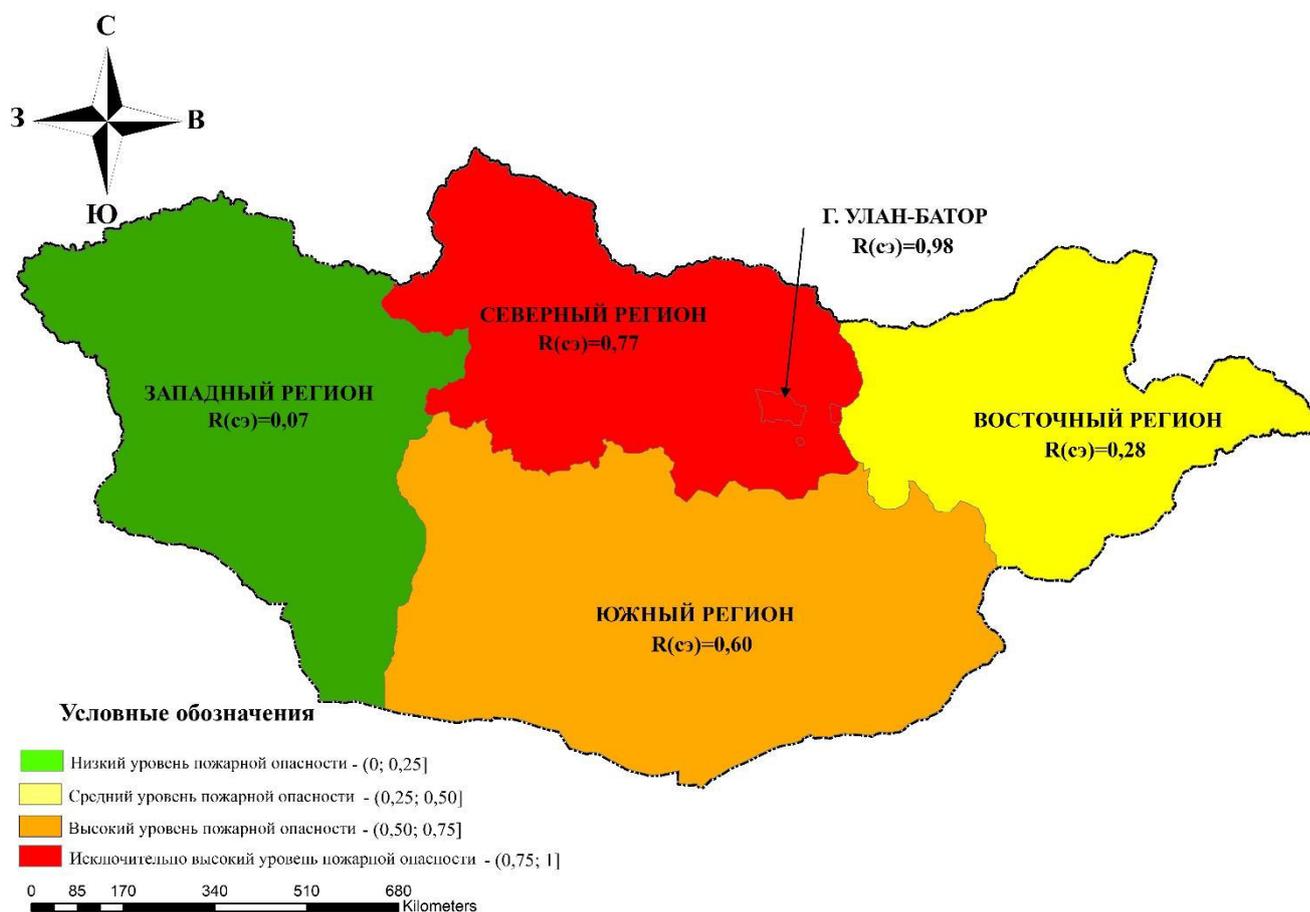


Рисунок 2.11 – Геоинформационная карта уровней пожарной опасности регионов Монголии

Далее для анализа пожарной опасности на уровне административно-территориальной единицы (АТЕ) Монголии (провинций (аймаков), города) по ним рассчитывались ИСЭППР.

На основании официальных статистических данных [10–12] за период 2013-2018 гг. определены основные среднестатистические показатели пожарной опасности АТЕ Монголии и сведены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Среднестатистические основные показатели пожарной опасности по административно-территориальным единицам (аймакам) Монголии и городу Улан-Батору за 2013-2018 гг.

Наименование АТЕ	Население, чел.	Погибло людей при пожарах, чел.	Травмировано людей при пожарах, чел.	Прямой ущерб от пожаров, туг.
г. Улан-Батор	1 421 017	29	26	5 265 871 181
Архангай	92 627	0,5	0,2	259 439 279
Баян-Улгий	99 277	0,5	0,0	34 672 600
Баянхонгор	84 195	1,5	0,7	160 043 000
Булган	59 856	1,0	1,2	307 019 450
Говь-Алтай	56 469	0,3	0,0	114 189 833
Говьсумбэр	16 581	0,3	0,2	86 452 338
Дархан-Уул	101 955	3,0	0,7	248 367 459
Дорноговь	65 919	1,5	0,5	235 914 000
Дорнод	76 868	1,5	0,2	141 843 000
Дундговь	43 882	1,3	0,7	117 212 042
Завхан	69 849	0,5	0,2	209 868 567
Орхон	100 145	1,3	0,2	156 225 072
Увурхангай	112 056	1,5	0,5	207 827 671
Умнуговь	63 974	1,2	1,8	225 079 672
Сухбаатар	58 811	0,0	0,3	177 311 609
Сэлэнгэ	107 369	1,7	1,0	326 894 412
Тув	91 298	3,3	2,5	380 387 326
Увс	79 800	1,2	2,5	435 666 492
Ховд	83 862	1,3	0,2	142 589 197
Хувсгул	127 965	2,3	2,0	964 730 470
Хэнтий	72 947	1,2	0,3	331 066 529

Расчетные значения ИСЭППР с использованием формул (2.7) – (2.12) по АТЕ Монголии по средним показателям за 2013-2018 гг. представлены в таблице. 2.8 [56].

Таблица 2.8 – Результаты расчёта средних интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков АТЕ Монголии за 2013-2018 гг.

№	Наименование АТЕ	Население, чел.	R_r	R_T	R_y	R_r^*	R_T^*	R_y^*	$R_{сэ}$
1	г. Улан-Батор	1 421 017	2,04	1,85	3,71	0,60	0,59	0,47	0,574
2	Архангай	92 627	0,54	0,18	2,80	0,15	0,06	0,34	0,151
3	Баян-Улгий	99 277	0,50	0,00	0,35	0,14	0,00	0,00	0,069
4	Баянхонгор	84 195	1,78	0,79	1,90	0,49	0,25	0,22	0,364
5	Булган	59 856	1,67	1,95	5,13	0,46	0,62	0,66	0,547
6	Говь-Алтай	56 469	0,59	0,00	2,02	0,16	0,00	0,23	0,120
7	Говьсумбэр	16 581	2,01	1,01	5,21	0,55	0,32	0,68	0,496
8	Дархан-Уул	101 955	2,94	0,65	2,44	0,81	0,21	0,29	0,521
9	Дорноговь	65 919	2,28	0,76	3,58	0,62	0,24	0,45	0,468
10	Дорнод	76 868	1,95	0,22	1,85	0,53	0,07	0,21	0,326
11	Дундговь	43 882	3,04	1,52	2,67	0,83	0,49	0,32	0,631
12	Завхан	69 849	0,72	0,24	3,00	0,20	0,08	0,37	0,186
13	Орхон	100 145	1,33	0,17	1,56	0,36	0,05	0,17	0,229
14	Увурхангай	112 056	1,34	0,45	1,85	0,37	0,14	0,21	0,266
15	Умнуговь	63 974	1,82	2,87	3,52	0,50	0,92	0,44	0,627
16	Сухбаатар	58 811	0,00	0,57	3,01	0,00	0,18	0,37	0,123
17	Сэлэнгэ	107 369	1,55	0,93	3,04	0,43	0,30	0,37	0,375
18	Тув	91 298	3,65	2,74	4,17	1,00	0,87	0,53	0,879
19	Увс	79 800	1,46	3,13	5,46	0,40	1,00	0,71	0,651
20	Ховд	83 862	1,59	0,20	1,70	0,44	0,06	0,19	0,271
21	Хувсгул	127 965	1,82	1,56	7,54	0,50	0,50	1,00	0,585
22	Хэнтий	72 947	1,60	0,46	4,54	0,44	0,15	0,58	0,366
23	max	1 406 945	3,65	3,13	7,54	1,00	1,00	1,00	0,88
24	min	16 338	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,07

Используя данные таблицы 2.3, АТЕ Монголии можно разделить на уровни пожарной опасности (пожарных рисков), расчетные значения которых представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Уровни пожарной опасности АТЕ Монголии по интегральному социально-экономическому показателю пожарного риска

Наименование уровня пожарной опасности	Численное значение	АТЕ Монголии по уровням пожарной опасности
Исключительно высокий уровень	(0,75; 1]	Тув
Высокий уровень	(0,5; 0,75]	Увс, Дундговь, Умнуговь, Хувсгул, г. Улан-Батор, Булган, Дархан-Уул
Средний уровень	(0,25; 0,5]	Говьсумбэр, Дорноговь, Сэлэнгэ, Хэнтий, Баянхонгор, Дорнод, Ховд, Увурхангай
Низкий уровень	(0; 0,25]	Орхон, Завхан, Архангай, Сухбаатар, Говь-Алтай, Баян-Улгий

По результатам расчетов построен график ранжирования (распределения) АТЕ Монголии по уровням пожарной опасности, определенным по ИСЭППР (рисунок. 2.12).

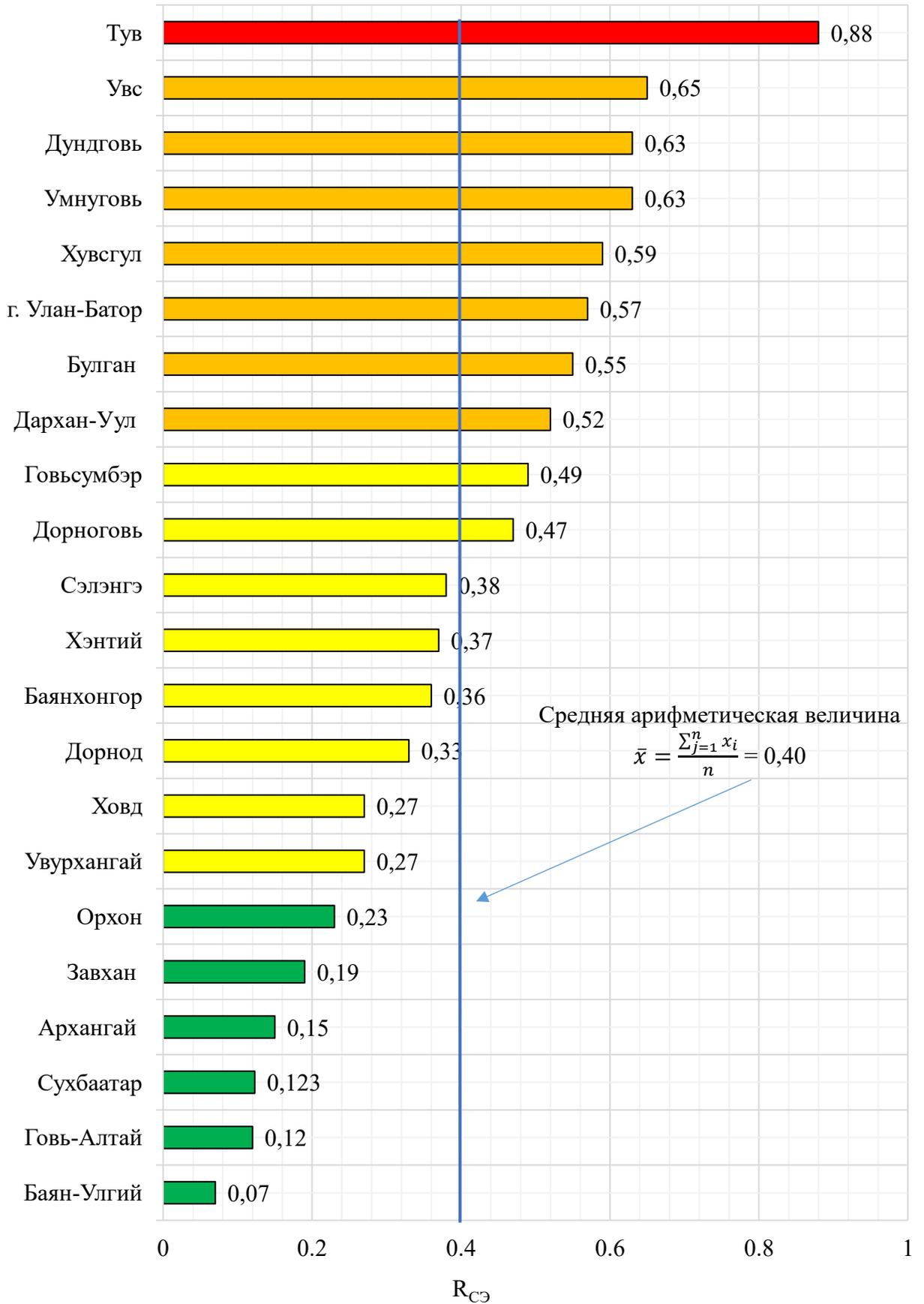


Рисунок 2.12 – График распределения АТЕ Монголии по уровням пожарной опасности в порядке их убывания

Из рисунка 2.12 следует, что в административно-территориальных единицах (АТЕ) Монголии, таких как: Тувинский аймак отнесен к исключительно высокому уровню пожарной опасности; Увс, Дундговь, Умнуговь, Хувсгул, г.Улан-Батор, Булган, Дархан-Уул отнесены к высокому уровню пожарной опасности, а остальные аймаки включены в средний и низкий уровни пожарной опасности.

Заметим, что среди регионов г. Улан-Батор представлен как регион с исключительно высоким уровнем пожарной опасности (таблица 2.5, рисунок 2.10), а таблице 2.8 и рисунке 2.12 он представлен в группе высокого уровня пожарной опасности. Это объясняется тем, что с изменением количества сопоставляемых АТЕ изменяются и ранги соответствующим образом, так как уровни пожарной опасности (высокий, низкий и др.) различных АТЕ относительны.

На разработанной геоинформационной карте, представленной на рисунке 2.13, отображены уровни пожарной опасности за период наблюдения 2013-2018 гг. для АТЕ Монголии.

Уровни пожарной опасности определяются с учетом значений таблиц 2.3, 2.8 и представлены в таблице 2.10:

Таблица 2.10 – Уровни пожарной опасности по интегральному социально – экономическому показателю пожарного риска в АТЕ Монголии

Численное значение	Уровень пожарной опасности	АТЕ (город, аймак) Монголии	Доля территории, %	Доля население, %
(0,75; 1]	Исключительно высокий	Тув	4,73%	2,95%
(0,5; 0,75]	Высокий	Увс, Дундговь, Умнуговь, Хувсгул, г.Улан-Батор, Булган, Дархан-Уул	30,21	62,04
(0,25; 0,5]	Средний	Говьсумбэр, Дорноговь, Сэлэнгэ, Хэнтий, Баянхонгор, Дорнод, Ховд, Увурхангай	38,96	19,52
(0; 0,25]	Низкий	Орхон, Завхан, Архангай, Сухбаатар, Говь-Алтай, Баян-Улгий	26,1	15,49

риска, а затем установление конкретного (точечного) значения индивидуального пожарного риска. Реализация принципа ALARP с установлением показателей верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска для Монголии представлена в следующем разделе.

2.3.1. Показатели верхнего и нижнего предельного уровня индивидуального пожарного риска для Монголии

Для управления пожарными рисками важное значение имеет нормативная величина индивидуального пожарного риска (ИПР), которая служит некоторым ориентиром для сравнения с фактическими (расчетными) значениями риска. На сегодняшний день в Монголии отсутствует нормативная величина индивидуального пожарного риска, что затрудняет управленческую деятельность в области обеспечения пожарной безопасности.

В России законодательно установлено численное значение ИПР, которое не должно превышать одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания и сооружения точке ($1 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$ [22]). При этом, индивидуальный пожарный риск трактуется как риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара. Если рассматривать среднефоновое значение индивидуального риска, то нормативная величина $1 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$ означает, что в России число погибших на пожарах не должно превышать 146 человек в год¹. Реально погибает гораздо больше, так, например, число погибших за 2017 год составило 7782 человека. Это означает, что указанный норматив меньше реальной действительности в 53 раза [21]. В работах [15, 47, 70, 71] показано, что для России установленный норматив пожарного риска является не обоснованным и носит декларативный характер.

¹ Население России принимается 146 миллионов чел.

Для оценки нормативной величины индивидуального пожарного риска (НВИПР) в работе использовался широко известный принцип ALARP [61, 62, 63, 65, 66, 67], который подразумевает управление риском за счет реально имеющихся ресурсов. Отмеченный принцип ALARP базируется на изначальном определении нижнего и верхнего предельных уровней индивидуального пожарного риска с последующим определением конкретного значения (целевого уровня) НВИПР.

Для последовательной оценки верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска разработан линейный алгоритм, который представлен на рисунке 2.14.

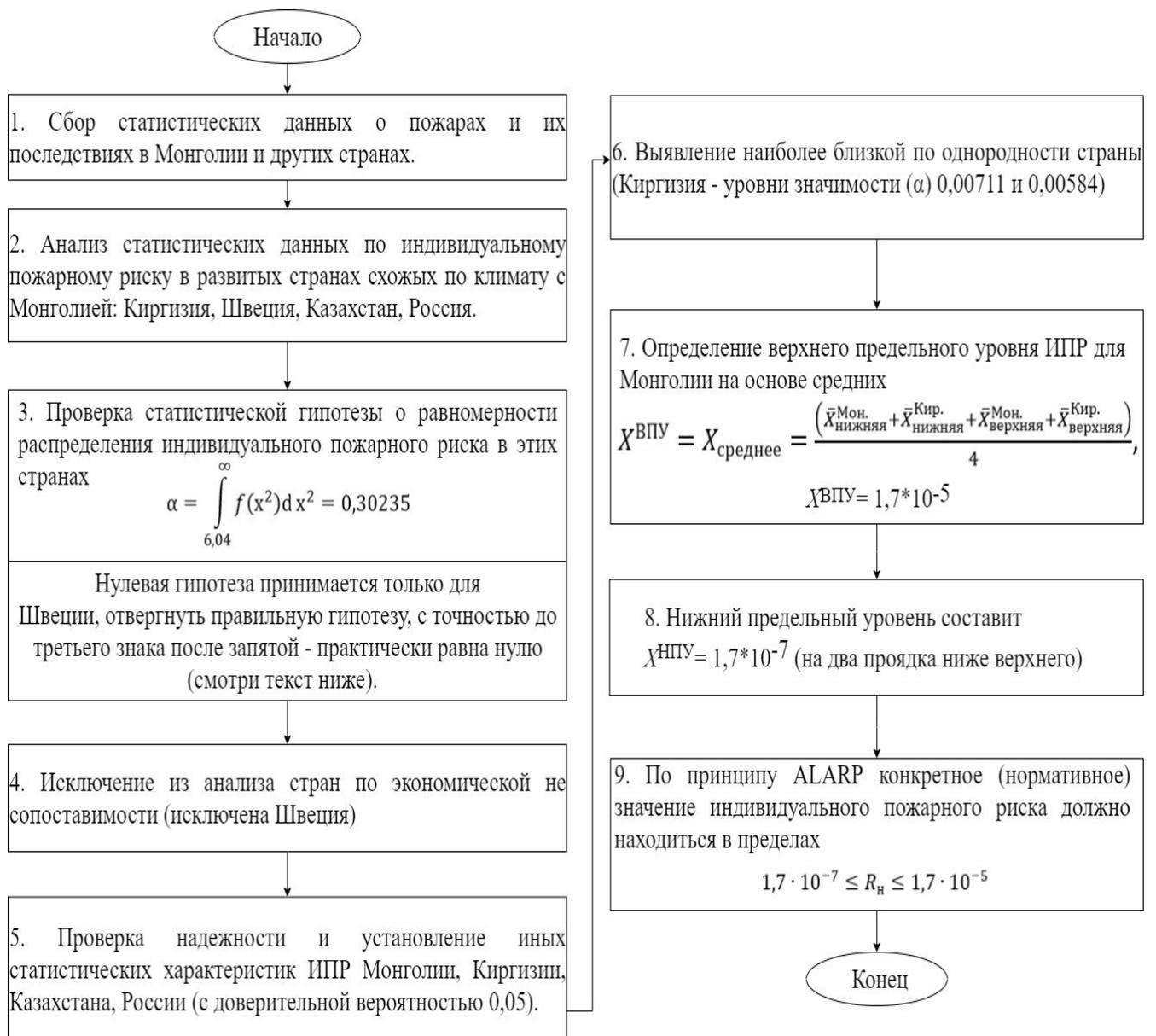


Рисунок 2.14 – Блок-схема линейного алгоритма определения верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска для Монголии

Анализом статистических данных Монголии [10, 11, 12] за последние шесть лет установлены следующие численные значения индивидуальных пожарных рисков: в 2012 г. – $23,0 \cdot 10^{-6}$; в 2013 г. – $17,7 \cdot 10^{-6}$; в 2014 г. – $19,7 \cdot 10^{-6}$; в 2015 г. – $19,0 \cdot 10^{-6}$; в 2016 г. – $17,9 \cdot 10^{-6}$, в 2017 г. – $13,8 \cdot 10^{-6}$. Это реальные индивидуальные пожарные риски (их среднефоновые значения). Для определения нормативного значения индивидуального пожарного риска для Монголии изначально необходимо установить верхний и нижний предельные значения уровней индивидуального пожарного риска.

Исходя из сути принципа ALARP величина риска должна находиться между двумя линиями предельных уровней: верхнего предельного уровня (ВПУ) и нижнего предельного уровня (НПУ) [67] (рисунок 2.15). При этом, конкретное значение риска должно быть разумным с социально-экономической точки зрения.

Далее, придерживаясь принципа ALARP осуществляется деление риска на три основных уровня (рисунок 2.15):

- недопустимый (чрезмерный) риск – красная область.
- приемлемый (допустимый) риск – желтая область
- пренебрежимый риск – зеленая область.

Таким образом, конкретное, а в перспективе, нормативное значение индивидуального пожарного риска должно находиться в зоне «пределы допустимого индивидуального пожарного риска» (рисунок 2.15).

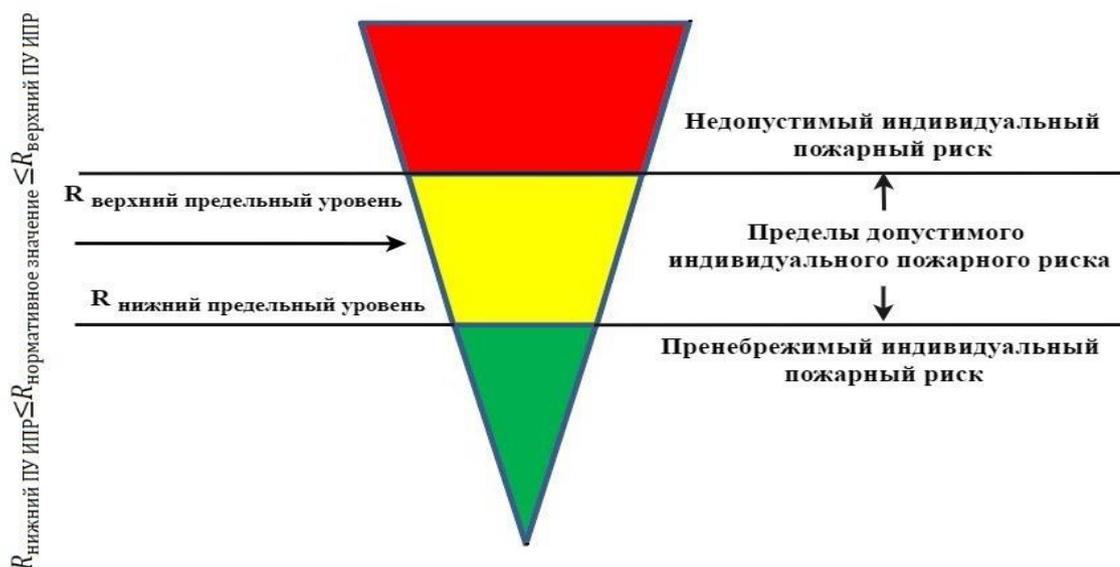


Рисунок 2.15 – Пределы допустимого индивидуального пожарного риска, составленные по принципу ALARP

Число погибших людей на пожарах в большой степени зависит от климатических условий страны [15, 88]. В Монголии в зимний период количество пожаров на 70% выше, чем в летний, весенний и осенний периоды. Для решения задачи по установлению верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска для Монголии проанализируем статистические показатели ряда стран.

В таблице 2.11 приведены данные о числе жертв в странах, схожих по климату с Монголией.

Таблица 2.11 – Число погибших на пожарах за 2010-2016 [10, 11, 12, 17, 18]

Страна	Население, млн. чел.	Число погибших							Среднее число	
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	в год	на 100 тыс. чел.
Монголия	3,1	84 (2011 г.)	66 (2012 г.)	52 (2013 г.)	59 (2014 г.)	58 (2015 г.)	56 (2016 г.)	44 (2017 г.)	59,85	2,0
Киргизия	5,52	64	84	90	80	80	48	80	75,14	1,36
Швеция	9,8	96 (2007 г.)	115 (2008 г.)	124 (2009 г.)	102 (2011 г.)	103 (2012 г.)	96 (2013 г.)	110 (2015 г.)	≈ 107	2,5
Казахстан	17,5	528	488	518	455	401	386	371	449,57	2,4
Россия	146,8	13061	12 019	11 652	10 601	10 138	9 405	8749	10803	7,35

Из табл. 2.11 следует, что в Монголии наблюдается тенденция к снижению числа погибших. А насколько устойчива или неустойчива эта тенденция можно проверить по критерию согласия Пирсона (χ^2) [15, 88].

Сформулируем нулевую гипотезу H_0 о том, что ряд чисел погибших на пожарах в Монголии (таблица 2.11) распределен равномерно, расхождение между числами объясняется случайными, несущественными причинами. В качестве альтернативной гипотезы H_1 принимается гипотеза о неравномерном распределении указанных чисел, они имеют устойчивую тенденцию к снижению (повышению), которая объясняется неслучайной, существенной причиной.

Расчеты проверки нулевой гипотезы H_0 для Монголии, а также для Киргизии, Швеции, Казахстана и России представлены ниже. В качестве проверки расчетов

использовали ошибку первого рода. Вероятность ошибки первого рода обозначается α , которая называется уровнем значимости критерия. По ней определяем справедливость нулевой гипотезы H_0 .

Среднее количество людей, которые гибнут в пожарах в Монголии $\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} = \frac{84+66+52+59+58+56+44}{7} = 59,85$ человек. Есть некоторое расхождение указанных выше чисел от среднего числа 59,85. Это может объясняться случайными, несущественными причинами (в одном году было больше праздничных дней, чем в других годах; зима в каком-то году была более суровой, чем в другие годы и т.д.).

В таблицах 2.12-2.17 показаны результаты расчетов проверки равномерности (неравномерности) распределения чисел по Монголии, Киргизии, Швеции, Казахстану и России.

Таблица 2.12 – Процедура проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к Монголии при помощи критерия хи-квадрат

№ п/п	Эмпирические частоты (Э)	Теоретические частоты (Т)*	(э-т)	(э-т) ²	(э-т) ² /Т	Э ²	Э ² /Т	
1	84	59,85	24,14	582,87	9,73	7056	117,8	
2	66	59,85	6,14	37,73	0,63	4356	72,77	
3	52	59,85	-7,85	61,73	1,03	2704	45,17	
4	59	59,85	-0,85	0,73	0,012	3481	58,15	
5	58	59,85	-1,85	3,44	0,057	3364	56,20	
6	56	59,85	-3,85	14,87	0,24	3136	52,39	
7	44	59,85	-15,85	251,44	4,2	1936	32,34	
Σ	419	419	Хи-квадрат = 15,91				434,91	

$$* T = \bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} = \frac{84+66+52+59+58+56+44}{7} = 59,85$$

Контроль вычислений: 434,91 – 419=15,91

Хи – квадрат = 15,91

Таблица 2.13 – Процедура проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к Киргизии при помощи критерия хи-квадрат

№ п/п	Эмпирические частоты (Э)	Теоретические частоты (Т)*	(э-т)	(э-т) ²	(э-т) ² /Т	Э ²	Э ² /Т
1	64	75,14	-11,14	124,1	1,65	4096	54,509
2	84	75,14	8,85	78,44	1,04	7056	93,901
3	90	75,14	14,85	220,73	2,93	8100	107,79
4	80	75,14	4,85	23,59	0,31	6400	85,17
5	80	75,14	4,85	23,59	0,31	6400	85,17
6	48	75,14	-27,14	736,73	9,804	2304	30,66
7	80	75,14	4,85	23,59	0,313	6400	85,17
Σ	526	526	Хи-квадрат = 16,38				542,38

$$* T = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{64 + 84 + 90 + 80 + 80 + 48 + 80}{7} = 75,14$$

Контроль вычислений: 542,38 – 526 = 16,38

Хи – квадрат = 16,38

Таблица 2.14 – Процедура проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к Швеции при помощи критерия хи-квадрат

№ п/п	Эмпирические частоты (Э)	Теоретические частоты (Т)*	(э-т)	(э-т) ²	(э-т) ² /Т	Э ²	Э ² /Т
1	96	106,57	-10,57	111,75	1,04	9216	86,47
2	115	106,57	8,42	71,04	0,66	13225	124,09
3	124	106,57	17,42	303,7	2,85	15376	144,27
4	102	106,57	-4,57	20,89	0,19	10404	97,62
5	103	106,57	-3,57	12,75	0,11	10609	99,54
6	96	106,57	-10,57	111,75	1,04	9216	86,47
7	110	106,57	3,42	11,75	0,11	12100	113,53
Σ	746	746	Хи-квадрат = 6,04				752,04

$$* T = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{96 + 115 + 124 + 102 + 103 + 96 + 110}{7} = 106,57$$

Контроль вычислений: 752,0402 – 746 = 6,04

Хи – квадрат = 6,04.

Таблица 2.15 – Процедура проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к Казахстану при помощи критерия хи-квадрат

№ п/п	Эмпирические частоты (Э)	Теоретические частоты (Т)*	(э-т)	(э-т) ²	(э-т) ² /Т	Э ²	Э ² /Т
1	528	449,57	78,42	6151,04	13,68	278784	620,11
2	488	449,57	38,42	1476,75	3,28	238144	529,71
3	518	449,57	68,42	4682,46	10,41	268324	596,84
4	455	449,57	5,42	29,46	0,065	207025	460,49
5	401	449,57	-48,57	2359,18	5,24	160801	357,67
6	386	449,57	-63,57	4041,32	8,98	148996	331,41
7	371	449,57	-78,57	6173,46	13,73	137641	306,16
Σ	3147	3147	Хи-квадрат = 55,41				3202,41

$$* T = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{528 + 488 + 518 + 455 + 401 + 386 + 371}{7} = 449,57$$

Контроль вычислений: 3202,41 – 3147 = 55,41

Хи – квадрат = 55,41.

Таблица 2.16 – Процедура проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к России при помощи критерия хи-квадрат

№ п/п	Эмпирические частоты (Э)	Теоретические частоты (Т)*	(э-т)	(э-т) ²	(э-т) ² /Т	Э ²	Э ² /Т
1	13061	10803,57	2257,42	5095984	471,69	1.71E+08	15790,12
2	12019	10803,57	1215,42	1477267	136,73	1.44E+08	13371,17
3	11652	10803,57	848,42	719831	66,62	1.36E+08	12567,06
4	10601	10803,57	-202,57	41035.18	3,79	1.12E+08	10402,23
5	10138	10803,57	-665,57	442985.3	41,003	1.03E+08	9513,43
6	9405	10803,57	-1398,57	1956002	181,05	88454025	8187,48
7	8749	10803,57	-2054,57	4221264	390,72	76545001	7085,15
Σ	75625	75625					76916,64

$$* T = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{13061 + 12019 + 11652 + 10601 + 10138 + 9405 + 8749}{7} = 10803,57$$

Контроль вычислений: 76916,64 – 75625 = 1291,64

Хи – квадрат = 1291,64.

Таблица 2.17 – Результаты проверки равномерности распределения чисел таблица 2.11, относящихся к Монголии, Киргизии, Швеции, Казахстану, России при помощи критерия хи – квадрат (таблицы 2.12 – 2.16)

Страна	Наблюдаемая квантиль распределения хи – квадрат χ^2_H	Число степеней свободы K^*	Уровень значимости α^{**}	Нулевая гипотеза:
Монголия	15,91	5	0,00711	Отвергается
Киргизия	16,38	5	0,00584	Отвергается
Швеция	6,04	5	0,30235	Принимается
Казахстан	55,41	5	0,00000	Отвергается
Россия	1291,64	5	0,00000	Отвергается

Примечания: * $K = s - 1 - r$, где s - число групп выборки (все выборки содержат по 7 групп), r – число параметров, которые оценены по данным выборки (в каждой выборке оценивался один параметр – теоретическая частота).

**Ошибка первого рода – вероятность отвергнуть нулевую гипотезу, когда она верна.

Из таблицы 2.17 следует, что нулевая гипотеза принимается для Швеции, а для других стран отвергается, при этом вероятность совершить ошибку первого рода – отвергнуть правильную гипотезу, с точностью до третьего знака после запятой – практически равна нулю [15, 72, 88].

На рисунке 2.16 представлен график проверки нулевых гипотез.

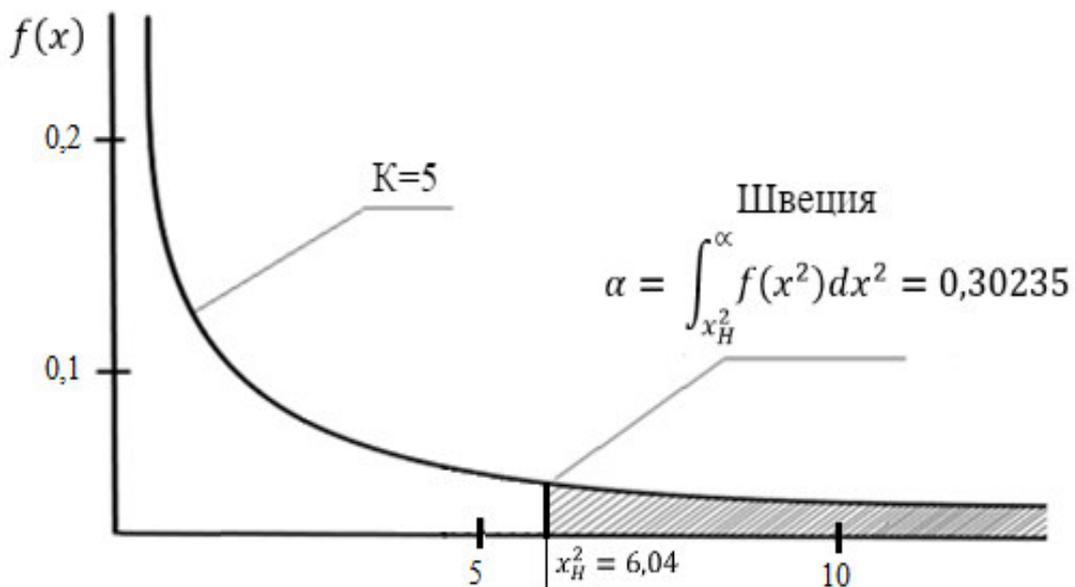


Рисунок 2.16 – График проверки нулевых гипотез (к таблице 2.17)

Число людей погибших при пожарах в Швеции за 2007-2015 годы стабилизировалось и составляло около 107 чел.

Стабильное число погибших, а, следовательно, и стабильный индивидуальный пожарный риск в Швеции, говорит нам о том, что общество такой уровень риска считает допустимым и приемлемым. Этот вывод важен, но напрямую такой вывод связывать с индивидуальным риском или его допустимыми пределами для Монголии не представляется целесообразным из-за экономической несопоставимости этих стран.

Не вдаваясь в глубокий экономический анализ, отметим только тот факт, что ВВП на душу населения в Швеции превышает этот же показатель в Монголии в 14 раз. Поэтому в дальнейшем исключим Швецию из сравнительного анализа индивидуальных пожарных рисков.

Что касается других стран, то принимается гипотеза о неравномерном распределении индивидуального риска и установлена тенденция к снижению, которая объясняется неслучайной, существенной причиной.

Для проверки надежности и установления иных статистических характеристик исследуемых индивидуальных пожарных рисков выбранного ряда стран, определим их доверительные интервалы с определенной доверительной вероятностью (0,05), используя статистические данные которые приведены в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Число погибших при пожарах в ряде стран в расчёте на 1 млн. жителей за 2010-2016 [10–12, 17, 18]

Страна	Насел. , млн. чел.	Число погибших людей в расчёте на 1 млн. жителей (2010-2016 гг.) Индивидуальный пожарный риск ($\cdot 10^{-6}$)						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Монголия	3,1	29,9 (2011 г.)	23,0 (2012 г.)	17,7 (2013 г.)	19,7 (2014 г.)	19,0 (2015 г.)	17,9 (2016 г.)	13,8 (2017 г.)
Киргизия	5,52	11,59	15,21	16,3	14,49	14,49	8,69	14,49
Казахстан	17,5	30,17	27,88	29,6	26	22,9	22,05	21,2
Россия	146,8	88,87	81,87	79,37	72,21	69,05	64,06	59,59

Для линейного распределения, которое очевидно из данных таблицы 2.18, найдем параметры уравнения регрессии (a, b). При этом используем расчетные значения, приведенные в таблице 2.19

Таблица 2.19 – Расчетные данные для нахождения параметров уравнения регрессии индивидуального пожарного риска для Монголии

№	Номера ряда (x)	ИПР ($\cdot 10^{-6}$) (y)	x·y	x ²	y ²	y(x)	e ²	(x- x _{ср}) ²	(y- y _{ср}) ²	(y- y(x))/y
2011	1,0	29,9	29,9	1,0	894,01	26,27	13,16	9,0	95,2	12,1%
2012	2,0	23,0	46	4,0	529,0	24,22	1,509	4,0	8,16	5,3%
2013	3,0	17,7	53,1	9,0	313,29	22,18	20,12	1,0	5,96	25,3%
2014	4,0	19,7	78,8	16,0	388,09	20,14	0,19	0,0	0,196	2,2%
2015	5,0	19,0	95	25,0	361,0	18,10	0,81	1,0	1,306	4,7%
2016	6,0	17,9	107,4	36,0	320,41	16,057	3,396	4,0	5,03	10,3%
2017	7,0	13,8	96,6	49,0	190,4	14,014	0,045	9,0	40,23	1,6%
Σ	28	141	506,8	140	2996,24	141	39,2	28	156,09	0,61
Сред нее	4,0	20,14	72,4	20,0	428,034	20,14	5,6	4,0	22,3	0,08

Следовательно, имеем:

$$b = \frac{\bar{y}\bar{x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{x^2 - (\bar{x})^2} = \frac{72,4 - 20,14 \cdot 4}{20 - 4^2} = \frac{-8,16}{4} = -2,04;$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 20,14 - (-2,04) \cdot 4 = 28,3.$$

Уравнение регрессии по экспериментальным значениям («экспериментальная» регрессия): $y = 28,3 - 2,04x$.

Стандартные ошибки x и y:

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \sqrt{20 - 4^2} = 2;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2} = \sqrt{428,034 - 20,14^2} = 4,73.$$

Коэффициенты корреляции и детерминации:

$$r_{xy} = \frac{\overline{yx} - \bar{y} * \bar{x}}{\sigma_x^2} * \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{72,4 - 20,14 * 4}{20 - 4^2} * \frac{2}{4,73} = -0,865;$$

$$R^2 = r_{xy}^2 = 0,7482 \text{ или } 74,82\%.$$

Корреляция -086 говорит о высокой и обратной зависимости между показателями, коэффициент детерминации 0,7396 – показывает, что X на 73,96% объясняет Y.

Надежность коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента:

$$S_b = \sqrt{\frac{\Sigma(y - \hat{y}_x)^2}{\Sigma(x - x_{cp})^2 * (n-2)}} = \sqrt{\frac{39,24}{28 * 5}} = 0,53;$$

$$S_a = \sqrt{\frac{\overline{x^2} * \Sigma(y - \hat{y}_x)^2}{\Sigma(x - x_{cp})^2 * (n-2)}} = \sqrt{\frac{20 * 39,24}{28 * 5}} = 2,36;$$

$$t_b = \frac{b}{S_b} = \frac{-2,04}{0,53} = -3,84;$$

$$t_a = \frac{a}{S_a} = \frac{28,3}{2,36} = 11,99.$$

Фактическое значение критерия: 2,44.

Доверительные интервалы для коэффициентов регрессии:

$$b: (b - t_{кр} * S_b \quad b + t_{кр} * S_b) \rightarrow (-2,04 - 2,44 * 0,53 \quad -2,04 + 2,44 * 0,53);$$

$$b: (-3,33 \quad -0,75);$$

$$a: (a - t_{кр} * S_a \quad a + t_{кр} * S_a) \rightarrow (28,3 - 2,44 * 2,36 \quad 28,3 + 2,44 * 2,36);$$

$$a: (22,54 \quad 34,05).$$

«Нижняя» регрессия: $y = 22,54 - 3,33x$.

«Верхняя» регрессия: $y = 34,05 - 0,75x$.

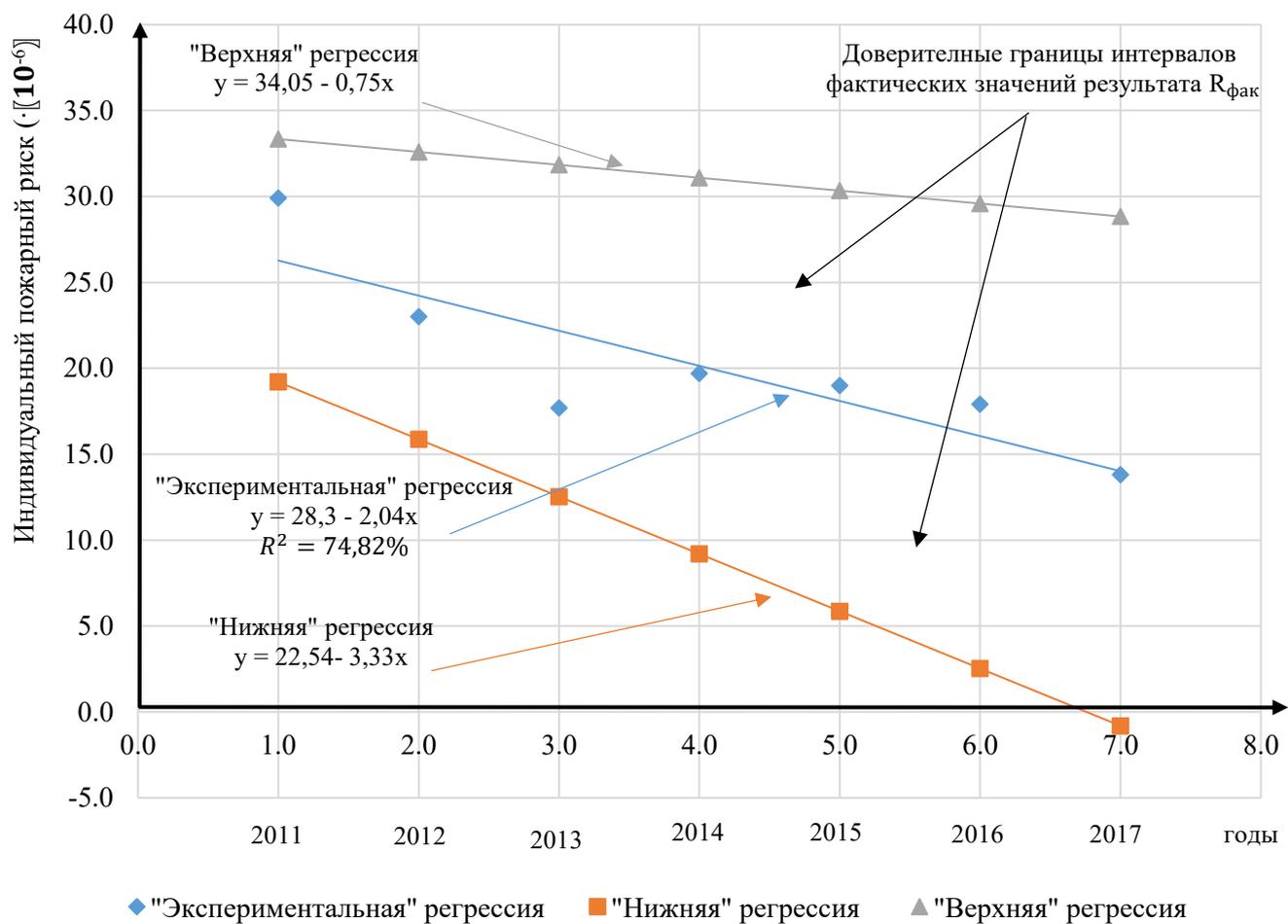


Рисунок 2.17 – Эмпирическая линия регрессия и границы 95% - ной доверительной области ИПР для Монголии в период с 2011 по 2017 гг.

Расчетные значения статистических характеристик индивидуального пожарного риска ряда стран, полученных аналогичным образом, представлены в таблице 2.20 [76].

Таблица 2.20 – Результаты расчетов статистических характеристик индивидуального пожарного риска по Монголии, Киргизии, Казахстану и России

Страна	Средний темп индивидуального пожарного риска	Коэф. детерминации	Уравнения регрессии для доверительных интервалов	Тенденции и тренда	Средние значения доверительных интервалов в ($\cdot 10^{-6}$)
1	2	3	4	5	6

1	2	3	4	5	6
Монголия (2011-2017 гг.)	Средний темп снижения 12%	$R^2 =$ 74,82%	«Вехрняя» регрессия $y = 34,05 - 0,75x$ «Экспериментальна я» регрессия $y = 28,3 - 2,04x$ «Нижняя» регрессия $y = 22,53 - 3,33x$	снижение	$\bar{X}_{\text{нижний}}$ = 9,19 $\leq \bar{X}_{\text{экс}}$ = 20,1 $\leq \bar{X}_{\text{верхний}}$ = 31,08
	Средний темп снижения 4,76% (2010-2016 гг.)	$R^2 =$ 44,86% (2010-2016 гг.)			
Киргизия (2010-2016 гг.)	Средний темп снижения 1,14%	$R^2 =$ = 3,22%	Вехрняя регрессия $y = 20,267 + 1,076x$ «Экспериментальна я» регрессия $y = 14,487 - 0,216x$ Нижняя регрессия $y = 8,707 - 1,509x$	низкое снижение	$\bar{X}_{\text{нижний}} =$ 2,67 \leq $\bar{X}_{\text{экс}} =$ 13,6 \leq $\bar{X}_{\text{верхний}} =$ 24,57
Казахстан (2010-2016 гг.)	Средний темп снижения 6,2%	$R^2 =$ 89,87%	Вехрняя регрессия $y = 34,802 - 1,024x$ «Экспериментальна я» регрессия $y = 32,153 - 1,617x$ Нижняя регрессия $y = 29,504 - 2,209x$	снижение	$\bar{X}_{\text{нижний}}$ = 20,66 $\leq \bar{X}_{\text{экс}}$ = 25,7 $\leq \bar{X}_{\text{верхний}}$ = 30,7
Россия (2010-2016 гг.)	Средний темп снижения 6,7%	$R^2 =$ 99,11%	Вехрняя регрессия $y = 94,963 - 4,292x$ «Экспериментальна я» регрессия $y = 92,743 - 4,789x$ Нижняя регрессия $y = 90,523 - 5,285x$	снижение	$\bar{X}_{\text{нижний}}$ = 69,38 $\leq \bar{X}_{\text{экс}}$ = 73,6 $\leq \bar{X}_{\text{верхний}}$ = 77,7

Анализ полученных результатов индивидуальных пожарных рисков ряда стран показал, что:

- во-первых, стационарное значение индивидуального риска (с доверительной вероятностью 0,05) наблюдается только в Швеции, которое общество считает допустимым и приемлемым (таблица 2.17), но его значение, исходя из экономических соображений, не может служить каким-либо ориентиром для Монголии;

- во-вторых, в Монголии и в странах, близких по климатическим условиям с ней, (Киргизия, Казахстан, Россия) наблюдается неравномерное распределение (с

доверительной вероятностью 0,05) индивидуального риска (таблица 2.17), с незначительной тенденцией к снижению. Наименьший среднегодовой темп снижения (таблица 2.20) наблюдается в Киргизии (1,14%), а наибольший – в Монголии (12%). При таких незначительных (кроме Монголии) темпах снижения индивидуального пожарного риска можно, в определенной степени, говорить, что и в этих странах он признается обществом допустимым;

- в-третьих, полученные характеристики статистических показателей индивидуальных пожарных рисков по ряду стран (уравнения регрессии, коэффициенты детерминации, доверительные границы (интервалы) (таблица 2.20) свидетельствуют о достаточно высоких, надежных значениях исследуемой величины и могут быть использованы для достижения поставленной цели – определения верхнего и нижнего пределов (уровней) индивидуального пожарного риска для Монголии.

Заметим, что по равномерности распределения чисел индивидуального пожарного риска в Монголии и Киргизии они наиболее близки с уровнями значимости (α) 0,00711 и 0,00584 соответственно (таблица 2.17). При этом если из числового ряда индивидуального пожарного риска Монголии исключить данные за 2017 год (в этом году было самое высокое неслучайное влияние), то и по темпу снижения риска они будут наиболее близкими и будут составлять для Монголии – 4,76%, а для Киргизии - 1,14% (Казахстан - 6,2%. Россия - 6,7%), а коэффициенты детерминации составят 45,06% и 3,22% соответственно (Казахстан - 89,87%. Россия - 99,11%). Из этого следует, что по индивидуальному пожарному риску Монголия и Киргизия являются наиболее близкими.

Учитывая это, предлагается в качестве верхнего предельного уровня индивидуального пожарного риска ($x^{впу}$) для Монголии принять среднее значение, определяемое как:

$$x^{впу} = x_{\text{среднее}} = \frac{(\bar{x}_{\text{нижняя}}^M + \bar{x}_{\text{нижняя}}^K + \bar{x}_{\text{верхняя}}^M + \bar{x}_{\text{верхняя}}^K)}{4},$$

где, $x^{впу} = x_{\text{среднее}}$ – верхний предельный уровень индивидуального пожарного риска для Монголии;

$\bar{x}_{\text{нижняя}}^M + \bar{x}_{\text{нижняя}}^K$ - нижний средний доверительный интервал индивидуального пожарного риска Монголии и Киргизии соответственно (таблица 2.20);

$\bar{x}_{\text{верхняя}}^M + \bar{x}_{\text{верхняя}}^K$ - верхний средний доверительный интервал индивидуального пожарного риска Монголии и Киргизии соответственно (табл. 2.20).

$$\text{Тогда } x^{\text{впу}} = \frac{(9,19 \cdot 10^{-6} + 2,67 \cdot 10^{-6} + 31,08 \cdot 10^{-6} + 24,57 \cdot 10^{-6})}{4} = 16,88 \cdot 10^{-6} \approx 1,7 \cdot 10^{-5}.$$

Нижний предельный уровень индивидуального пожарного риска рекомендуется устанавливать на два порядка ниже верхнего [66, 67, 74]. Тогда нижний предельный уровень индивидуального пожарного риска для Монголии должен быть $1,7 \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$.

Следовательно, придерживаясь принципа ALARP конкретное (нормативное) значение индивидуального пожарного риска R_H должно находиться в пределах [76]:

$$1,7 \cdot 10^{-7} \leq R_H \leq 1,7 \cdot 10^{-5}.$$

Конкретное значение R_H может быть определено после комплексного социально-экономического анализа Монголии и ряда других стран, что будет рассмотрено в следующем разделе. Установленные уровни индивидуального пожарного риска для Монголии приведены на рисунке 2.18.

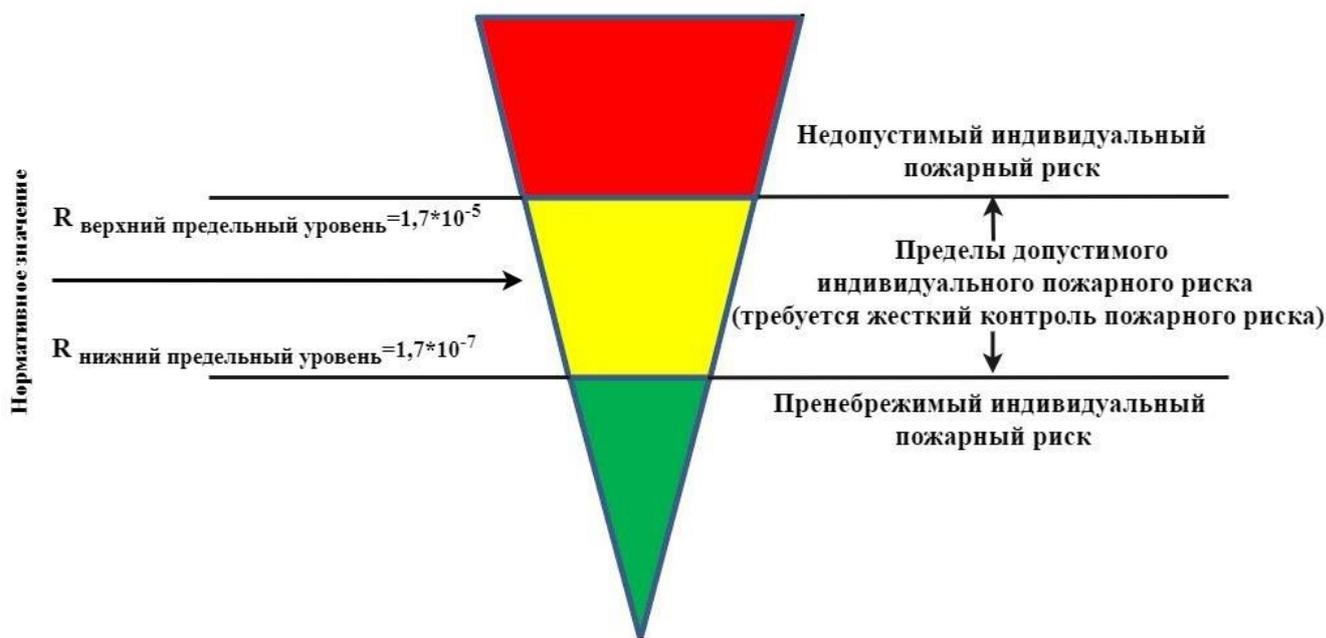


Рисунок 2.18 – Верхний и нижний предельные уровни индивидуального пожарного риска

2.3.2. Обоснование нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии

Глобальные проблемы управления чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера находятся в центре внимания государств и международных организаций. Так, под эгидой ООН в марте 2015 года была разработана Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015-2030 гг. [75], в основе которой поставлена задача к 2030 году добиться значительного снижения уровня смертности в результате бедствий, чтобы в период 2020–2030 годов среднее количество таких смертей в расчёте на 100 000 человек было меньше, чем в 2005–2015 годах [75].

При снижении различных рисков часто опираются на их нормативные значения как на ориентир, к которому необходимо стремиться для обеспечения приемлемого уровня безопасности объектов и территорий [115].

В ряде стран с устойчивой экономикой определены нормативные величины индивидуального пожарного риска (НВИПР), но в Монголии до сих пор такая величина не установлена. Установление нормативной величины индивидуального пожарного риска является важным шагом по совершенствованию управления пожарными рисками, а следовательно, и пожарной безопасностью Монголии, что и определяет актуальность рассматриваемого материала в данной диссертации.

Для проведения расчётов НВИПР в данной работе использовался принцип ALARP, согласно которому любой риск должен быть уменьшен настолько (или до столь низкого уровня), насколько это практически осуществимо (последняя фраза на английском языке «as low as reasonably practicable» и образует аббревиатуру ALARP), исходя из социально-экономического уровня развития [62].

Как было показано выше, если придерживаться принципа ALARP, то конкретное (нормативное) значение индивидуального пожарного риска R_n должно находиться в пределах $1,7 \cdot 10^{-5} \div 1,7 \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.}\cdot\text{год}} \right]$ [76].

Достигнутый социально-экономический уровень развития страны во многом зависит и от уровня обеспечения пожарной безопасности, который имеет непосредственное отношение к нормативному значению индивидуального пожарного риска [61].

Согласно [22] «допустимый пожарный риск – это риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из социально-экономических условий».

В работе [64] отмечается, что чем выше уровень экономического развития страны, тем более жесткие нормативные уровни риска принимаются государством. Другими словами, чем ниже уровень социально-экономического развития страны, тем мягче² нормативные уровни риска. Следовательно, при нормировании рисков многое зависит от уровня социально-экономического развития той или иной страны. Так, в Нидерландах, где уровень социально-экономического развития достаточно высокий, применены наиболее жесткие³ нормативные значения рисков.

Уровень социально-экономического развития стран может оцениваться разными показателями, но наиболее предпочтительными считаются такие показатели, которые являются многофакторными и отражают характерные черты социально-экономического развития общества той или иной страны. С целью учета такой многофакторности часто используют показатели, так называемые, индексы.

В диссертации установлено, что чем выше уровень социально-экономического развития страны, тем более жесткие принимаются нормативные значения индивидуального риска. Исходя из этого, был разработан алгоритм анализа и определения нормативной величины индивидуального пожарного риска (целевого уровня), который представлен на рисунке 2.19.

Одним из таких показателей, используемых для оценки социально-экономического развития стран, является Индекс развития человеческого потенциала – ИРЧП.

² Мягче означает, что нормативное значение уровня риска выше (легче, менее затратно достигается)

³ Жесткое нормативное значение риска означает, что уровень риска должен быть невысокий (сложнее, более затратно достигается)

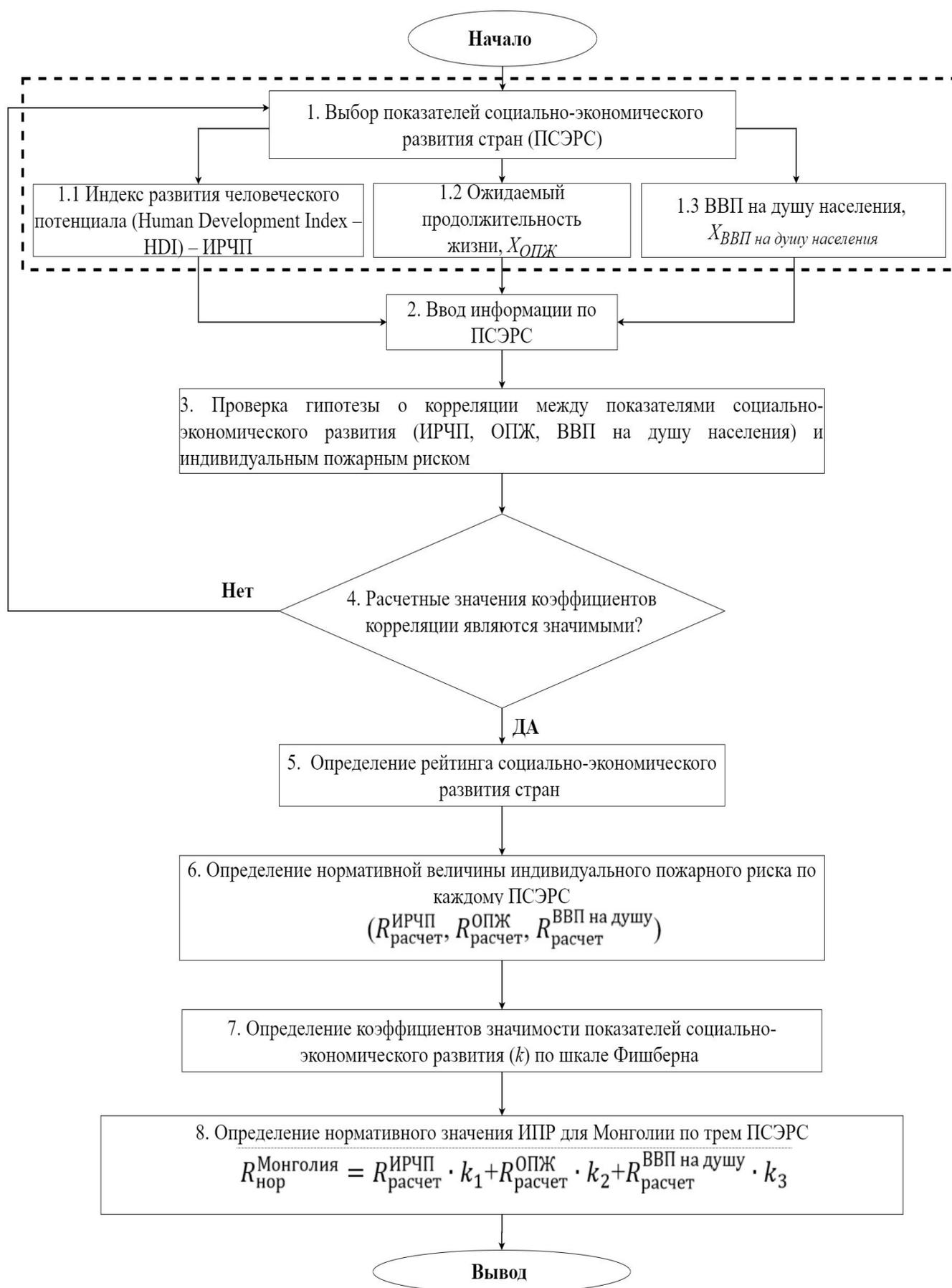


Рисунок 2.19 – Блок-схема алгоритма определения нормативной величины индивидуального пожарного риска

Отметим следующие моменты: во-первых, ИРЧП отличается от таких показателей, как «экономический рост», «достижение человеческого благосостояния» и ряда других; во-вторых, ИРЧП ориентирован в большей степени на оценку конечной цели развития и прогресса общества, чем на его средства [77].

Часто используются следующие показатели ИРЧП для измерения достигнутого страной социально-экономического уровня развития [78, 79, 80]:

- ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ);
- достижения в области образования;
- внутренний валовой продукт (ВВП) на душу населения (уровень благосостояния населения).

Согласно методологии Программы развития Организации Объединённых Наций, при расчете ИРЧП принимаются конкретно выявленные минимальные и максимальные значения показателя из общей совокупности анализируемых стран (объектов), с которыми сравниваются реальные значения показателя конкретной страны. Для перевода любого показателя x в индекс, значение которого заключено от 0 до 1, применяется формула (2.13 – 2.17):

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}}, 0 \leq x_{ij}^* \leq 1, \quad (2.13)$$

где x_{ij}^* – индекс, стандартизуемый (безразмерный) i – i показатель j – j страны; $x_{i \min}$ и $x_{i \max}$ минимальные и максимальные значения показателя из j стран; x_{ij} – показатель для всех исследуемых стран.

Для перевода трёх выше отмеченных показателей в индексы используются следующие выражения измерения социально-экономического уровня страны [78, 79, 80]:

1. Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ):

$$x_{\text{жизни},j}^* = \frac{x_j - x_{j \min}}{x_{j \max} - x_{j \min}}, \quad (2.14)$$

где x_j – фактическая средняя продолжительность предстоящей жизни при рождении;

$x_{j \min}$ – соответственно минимальные значения – 25 лет;

$x_{j \max}$ – соответственно максимальные значения – 85 лет.

2. Достижения в области образования:

– показатель грамотности населения ($I_{\text{гр.1},j}^*$):

$$I_{\text{гр.1},j}^* = \frac{x_{\text{гр.взр.}j}}{100};$$

– показатель числа поступивших в учебные заведения первого, второго и третьего уровней ($I_{\text{гр.2},j}^*$):

$$I_{\text{гр.2},j}^* = \frac{x_{\text{до 24 воз}j}}{100}.$$

Учитывая эти показатели, получаем значение уровня образования для стран:

$$x_{\text{образования},j}^* = \frac{2}{3} \cdot I_{\text{гр.1},j}^* + \frac{1}{3} \cdot I_{\text{гр.2},j}^*, \quad (2.15)$$

где $I_{\text{гр.1},j}^*$ – доля грамотности среди всего населения в возрасте старше 15 лет;

$I_{\text{гр.2},j}^*$ – доля учащихся, посещающих все ступени обучения в возрасте от 6 до 24 лет.

3. ВВП на душу населения:

$$x_{\text{ВВП на душу населения},j}^* = \frac{\ln \text{ВВП}_j - \ln \text{ВВП}_{j \min}}{\ln \text{ВВП}_{j \max} - \ln \text{ВВП}_{j \min}}, \quad (2.16)$$

где ВВП_j – фактический в стране среднедушевой доход на душу населения населения- ВВП, долл. тыс., $\text{ВВП}_{j \max}$ и $\text{ВВП}_{j \min}$ – максимальный и минимальный размер среднедушевого населения ВВП по мировым стандартам.

Таким образом, показатель ИРЧП будет определяться по формуле [78, 79, 80]:

$$\text{ИРЧП} = \frac{(x_{\text{жизни},j}^* + x_{\text{образования},j}^* + x_{\text{ВВП на душу населения},j}^*)}{3}. \quad (2.17)$$

Эксперты Программы развития Организации Объединенных Наций осуществляют ежегодный анализ ИРЧП населения всех стран мира с ранжированием их по определенным группам.

В работах [16, 17, 18] представлены данные пожарной статистики 42 страны мира, поэтому в настоящей работе определены значения ИРЧП [81], а также другие показатели социально-экономических характеристик (ВВП на душу населения, продолжительность жизни) по этим же странам.

Ранжированные результаты расчетов (рейтинг) ИРЧП 42 стран по средним значениям за 2012-2016 гг. представлены на рисунке 2.20.

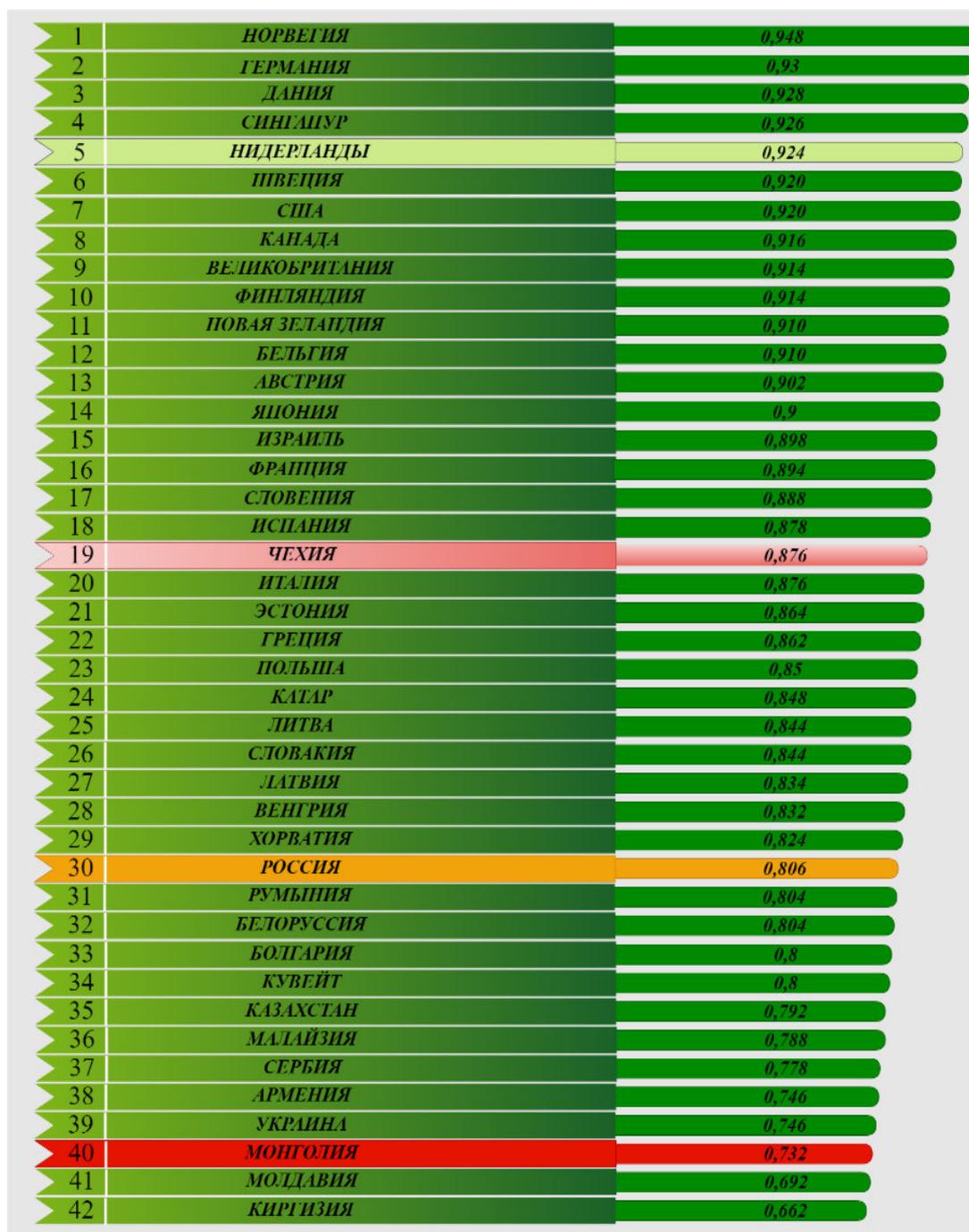


Рисунок 2.20 – Рейтинг стран по индексу развития человеческого потенциала (ИРЧП) по средним значениям за 2012 – 2016 гг.

Таблица 2.21 – Исходные данные для расчёта коэффициента корреляции между ИРЧП и индивидуальным пожарным риском за 2012–2016 гг.

№	Рейтинг стран по ИРЧП	Показатели социально-экономического развития по средней величине, ИРЧП (x)	Средний фактический индивидуальный пожарный риск, $R \cdot 10^{-5}$, (y)	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	2	3	4	5	6	7
1	Норвегия	0,948	1	0,899	1	0,95
2	Германия	0,93	0,5	0,865	0,25	0,47
3	Дания	0,928	1,2	0,861	1,44	1,11
4	Сингапур	0,926	0,03	0,857	0,0009	0,03
5	Нидерланды	0,924	0,4	0,854	0,16	0,37
6	Швеция	0,92	1	0,846	1	0,92
7	США	0,92	1	0,846	1	0,92
8	Канада	0,916	0,4	0,839	0,16	0,37
9	Великобритания	0,914	0,5	0,835	0,25	0,46
10	Финляндия	0,914	1,4	0,835	1,96	1,28
11	Новая Зеландия	0,91	0,3	0,828	0,09	0,27
12	Бельгия	0,91	0,6	0,828	0,36	0,55
13	Австрия	0,902	0,3	0,814	0,09	0,27
14	Япония	0,9	1,3	0,810	1,69	1,17
15	Израиль	0,898	0,2	0,806	0,04	0,18
16	Франция	0,894	0,5	0,799	0,25	0,45
17	Словения	0,888	0,1	0,789	0,01	0,09
18	Испания	0,878	0,3	0,771	0,09	0,26
19	Чехия	0,876	1,1	0,767	1,21	0,96
20	Италия	0,876	0,4	0,767	0,16	0,35
21	Эстония	0,864	3,7	0,746	13,69	3,20
22	Греция	0,862	0,4	0,743	0,16	0,34
23	Польша	0,85	1,4	0,723	1,96	1,19
24	Катар	0,848	0,6	0,719	0,36	0,51

Продолжение таблицы 2.21

1	2	3	4	5	6	7
25	Литва	0,844	4,6	0,712	21,16	3,88
26	Словакия	0,844	0,8	0,712	0,64	0,68
27	Латвия	0,834	4,9	0,696	24,01	4,09
28	Венгрия	0,832	1,2	0,692	1,44	1,00
29	Хорватия	0,824	0,6	0,679	0,36	0,49
30	Россия	0,806	6,9	0,650	47,61	5,56
31	Румыния	0,804	1,9	0,646	3,61	1,53
32	Белоруссия	0,804	7,5	0,646	56,25	6,03
33	Болгария	0,8	1,3	0,640	1,69	1,04
34	Кувейт	0,8	0,8	0,640	0,64	0,64
35	Казахстан	0,792	2,4	0,627	5,76	1,90
36	Малайзия	0,788	0,4	0,621	0,16	0,32
37	Сербия	0,778	0,9	0,605	0,81	0,70
38	Армения	0,746	1,1	0,557	1,21	0,82
39	Украина	0,746	5,3	0,557	28,09	3,95
40	Монголия	0,732	1,9	0,536	3,61	1,39
41	Молдавия	0,692	3,5	0,479	12,25	2,42
42	Киргизия	0,662	1,4	0,438	1,96	0,93

Коэффициент корреляции r между значениями, приведёнными в графах 3 и 4 в таблицы 2.21, составляет:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\delta_x \cdot \delta_y} = \frac{1,286 - 0,851 \cdot 1,572}{0,0685 \cdot 1,792} = -0,415 \approx -41,5\% .$$

Получаем среднеквадратическое отклонение:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{30,58}{42} - 0,851^2} = 0,0685 ;$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2} = \sqrt{\frac{238,64}{42} - 1,572^2} = 1,792 .$$

Значимость коэффициента корреляции:

$$t_{\text{наблю}} = 0,415 \frac{\sqrt{42-2}}{\sqrt{1-0,415^2}} = 2,882 .$$

По таблице Стьюдента с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ и степенями свободы $k=40$ находим $t_{\text{крит}}(n - m - 1; \alpha/2) = (40; 0,025) = 2,021$.

Так как $|t_{\text{набл}}| > t_{\text{крит}}$, то отклоняем нулевую гипотезу о незначимости коэффициента корреляции. Другими словами, коэффициент корреляции – значим.

Полученное значение ($r \approx -42\%$)⁴ указывает на то, что индивидуальный пожарный риск и ИРЧП имеют обратную зависимость, то есть чем выше ИРЧП страны, тем меньше индивидуальный пожарный риск в этой стране.

На данном этапе необходимо определить нормативное значение по индивидуальному пожарному риску в Монголии с помощью социально-экономического анализа. Конечно, 42 страны, которые имеют интегральный социально-экономический показатель, должны быть стандартизированы от 0 до 1.

На рисунке 2.21 видно что, сегодняшний подход к уровню риска интегрального социально-экономического показателя Нидерландов на 20% превышает интегральный социально-экономический показатель Монголии. Другими словами, Монгольское нормативное значение индивидуального пожарного риска на 20% превышает Нидерландскую нормативную величину индивидуального риска.

Расчетное значение нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ИРЧП, ОПЖ и ВВП на душу населения получено относительно имеющихся нормативных значений индивидуального пожарного риска ряда стран (Нидерланды, Великобритания, Чехия, Россия). При этом используется метод обратно пропорционального пересчёта. Все значения, характеризующие социально-экономический уровень стран (ИРЧП, ОПЖ и ВВП на душу населения) и их фактические индивидуальные пожарные риски принимались как средние за 2012-2016 годы.

⁴ Принято считать, что при $r > 30$ уже имеет место умеренная корреляционная связь [132]

Полученные расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ИРЧП представлены в таблице 2.22.

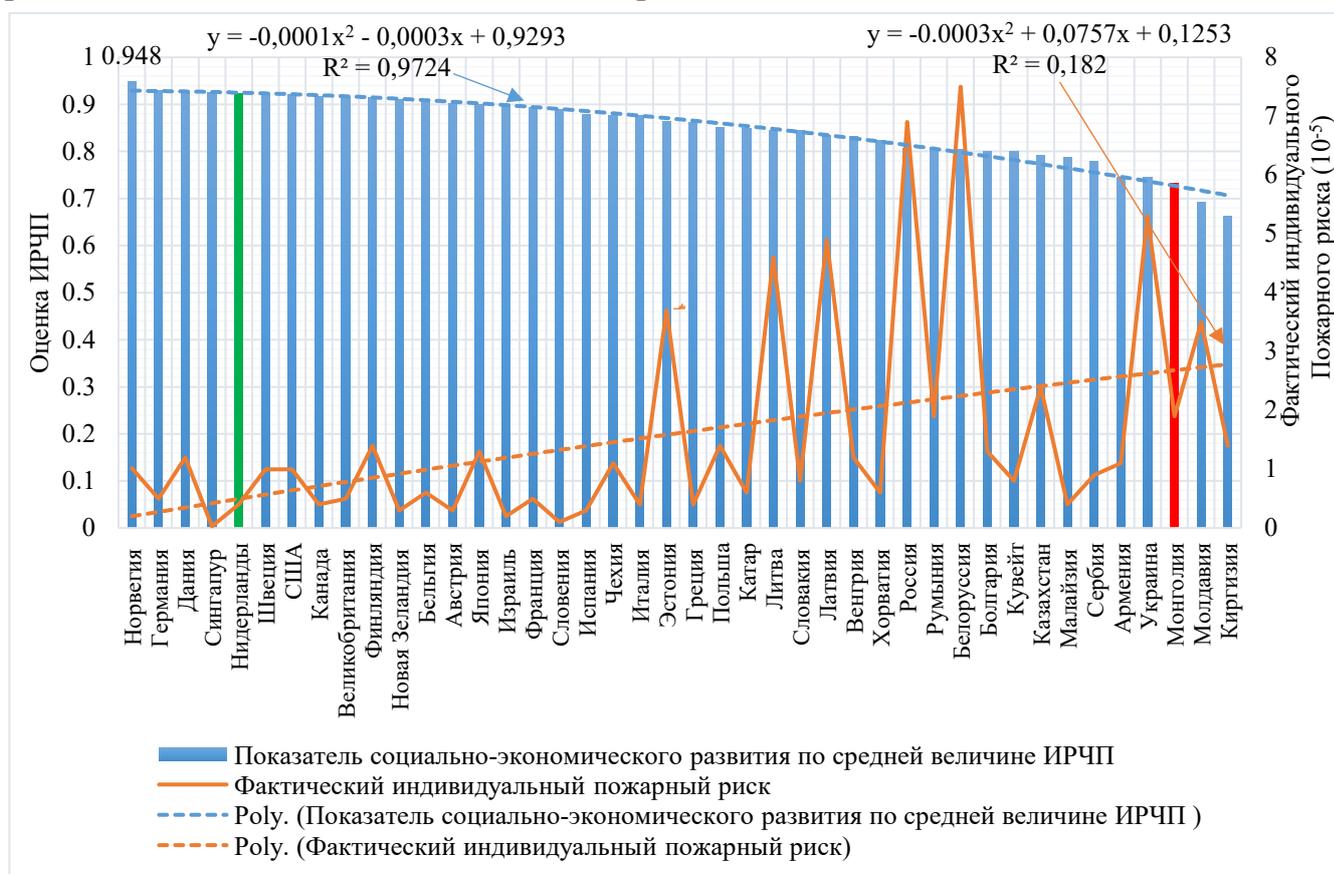


Рисунок 2.21 – Зависимость фактических индивидуальных пожарных рисков от ИРЧП по 42-м странам мира

Таблица 2.22 – Расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ИРЧП

№	Страны	Показатели ИРЧП в стране	Нормативное и расчетное значение индивидуального пожарного риска $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$;
1	2	3	4
1	Нидерланды	0,92	нормативное 10^{-6}
	Монголия	0,73	расчетное $(x_{\text{ИРЧП}}^{\text{Нидер-Мон}} = 1,26 \cdot 10^{-6})$
2	Великобритания	0,91	нормативное 10^{-6}
	Монголия	0,73	расчетное $(x_{\text{ИРЧП}}^{\text{Великоб-Мон}} = 1,24 \cdot 10^{-6})$
3	Чешская Республика	0,88	нормативное 10^{-6}
	Монголия	0,73	расчетное $(x_{\text{ИРЧП}}^{\text{Чешская-Мон}} = 1,2 \cdot 10^{-6})$

1	2	3	4
4	Россия	0,81	нормативное 10^{-6}
	Монголия	0,73	расчетное ($x_{ИРЧП}^{РФ-Мон} = 1,1 \cdot 10^{-6}$)
5	Среднее (ИРЧП)	$\bar{x}_{ИРЧП} = \frac{(x_{ИРЧП}^{Нидер-Мон} + x_{ИРЧП}^{Великоб-Мон} + x_{ИРЧП}^{Чешская-Мон} + x_{ИРЧП}^{РФ-Мон})}{4} =$ $\frac{(1,26 \cdot 10^{-6} + 1,24 \cdot 10^{-6} + 1,2 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-6})}{4} = 1,2 \cdot 10^{-6}$	

В таблице 2.23 представлены данные, которые необходимы для расчета коэффициента корреляции между продолжительностью жизни в странах мира и индивидуальным пожарным риском.

Таблица 2.23 – Данные для расчета коэффициента корреляции между ожидаемой продолжительностью жизни и индивидуальным пожарным риском

№ п/п	Страны по продолжительности жизни	Ожидаемая продолжительность жизни, лет (x)	ИПР, $R \cdot 10^{-5}$ (y)	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	2	2	3	4	5	6
1	Япония	83,56	1,3	6982,27	1,69	108,63
2	Испания	82,86	0,3	6865,78	0,09	24,86
3	Италия	82,60	0,4	6822,76	0,16	33,04
4	Сингапур	82,44	0,03	6796,35	0,0009	2,47
5	Франция	82,30	0,5	6773,29	0,25	41,15
6	Израиль	82,10	0,2	6740,41	0,04	16,42
7	Швеция	82,08	1	6737,13	1	82,08
8	Норвегия	82,04	1	6730,56	1	82,04
9	Канада	81,96	0,4	6717,44	0,16	32,78
10	Нидерланды	81,42	0,4	6629,22	0,16	32,57
11	Новая Зеландия	81,42	0,3	6629,22	0,09	24,43
12	Финляндия	81,22	1,4	6596,69	1,96	113,71
13	Австрия	81,12	0,3	6580,45	0,09	24,34

1	2	3	4	5	6	7
14	Греция	81,06	0,4	6570,72	0,16	32,42
15	Великобритания	81,04	0,5	6567,48	0,25	40,52
16	Бельгия	81,00	0,6	6561,00	0,36	48,60
17	Германия	80,66	0,5	6506,04	0,25	40,33
18	Словения	80,62	0,1	6499,58	0,01	8,06
19	Дания	80,50	1,2	6480,25	1,44	96,60
20	США	78,72	1	6196,84	1	78,72
21	Чехия	78,40	1,1	6146,56	1,21	86,24
22	Катар	77,88	0,6	6065,29	0,36	46,73
23	Хорватия	77,36	0,6	5984,57	0,36	46,42
24	Польша	77,26	1,4	5969,11	1,96	108,16
25	Эстония	77,14	3,7	5950,58	13,69	285,42
26	Словакия	76,50	0,8	5852,25	0,64	61,20
27	Венгрия	75,54	1,2	5706,29	1,44	90,65
28	Сербия	75,16	0,9	5649,03	0,81	67,64
29	Малайзия	74,96	0,4	5619,00	0,16	29,98
30	Румыния	74,90	1,9	5610,01	3,61	142,31
31	Болгария	74,58	1,3	5562,18	1,69	96,95
32	Кувейт	74,46	0,8	5544,29	0,64	59,57
33	Армения	74,22	1,1	5508,61	1,21	81,64
34	Литва	74,18	4,6	5502,67	21,16	341,23
35	Латвия	74,18	4,9	5502,67	24,01	363,48
36	Белоруссия	72,98	7,5	5326,08	56,25	547,35
37	Россия	72,00	6,9	5184,00	47,61	496,80
38	Украина	71,20	5,3	5069,44	28,09	377,36
39	Молдавия	71,20	3,5	5069,44	12,25	249,20

1	2	3	4	5	6	7
40	Казахстан	70,20	2,4	4928,04	5,76	168,48
41	Киргизия	69,46	1,4	4824,69	1,96	97,24
42	Монголия	68,84	1,9	4738,95	3,61	130,80
Итого		3263,32	66,03	254297,2	238,64	4938,62

Коэффициент корреляции r между значениями, приведенными в графах 3 и 4 в таблице 2.23, составляет:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\delta_x \cdot \delta_y} = \frac{117,586 - 77,69 \cdot 1,57}{4,207 \cdot 1,792} = -0,606 \approx -61\% .$$

Получаем среднеквадратическое отклонение:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{254297,23}{42} - 77,69^2} = 4,207 ;$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2} = \sqrt{\frac{238,64}{42} - 1,572^2} = 1,792 .$$

Значимость коэффициента корреляции:

$$t_{\text{набл}} = 0,606 \frac{\sqrt{42-2}}{\sqrt{1-0,606^2}} = 4,815 .$$

По таблице Стьюдента с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ и степенями свободы $\kappa=40$ находим $t_{\text{крит}}(n - m - 1; \alpha/2) = (40; 0,025) = 2,021$.

Так как $|t_{\text{набл}}| > t_{\text{крит}}$, то отклоняем нулевую гипотезу о не значимости коэффициента корреляции. Другими словами, коэффициент корреляции – значим.

Зависимость фактического индивидуального пожарного риска от ОПЖ по 42-м странам мира представлена на рисунке 2.22, а расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ОПЖ представлены в таблице 2.24.

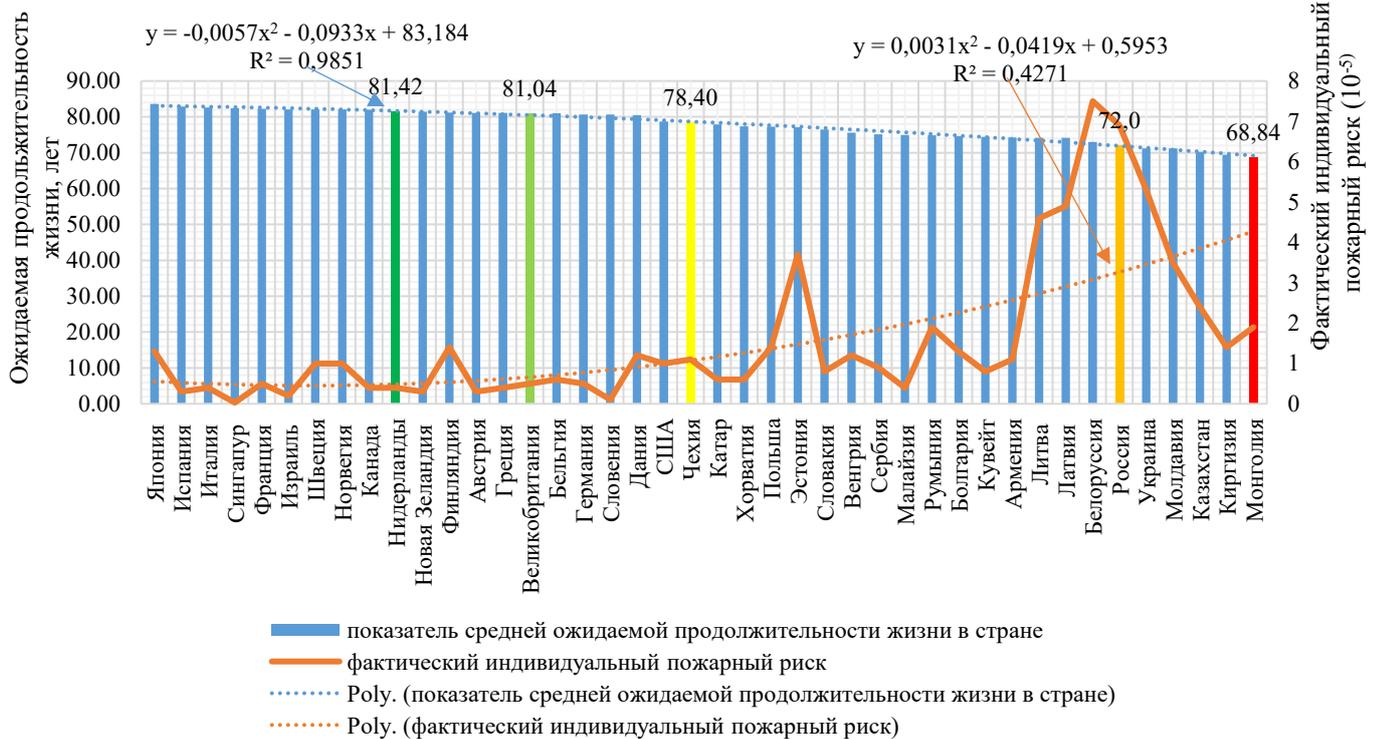


Рисунок 2.22 – Зависимость фактического индивидуального пожарного риска от ОПЖ по 42-м странам мира

Таблица 2.24 – Расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ОПЖ

№ п/п	Страна	Показатели ожидаемой продолжительности жизни в стране, лет	Нормативное и расчетное значение индивидуального пожарного риска $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$;
1	Нидерланды	81,42	нормативное 10^{-6}
	Монголия	68,84	расчетное $(x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Нидер-Мон}} = 1,18 \cdot 10^{-6})$
2	Великобритания	81,04	нормативное 10^{-6}
	Монголия	68,84	расчетное $(x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Великоб-Мон}} = 1,17 \cdot 10^{-6})$
3	Чехия	78,4	нормативное 10^{-6}
	Монголия	68,04	расчетное $(x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Чех-Мон}} = 1,15 \cdot 10^{-6})$
4	Россия	72	нормативное 10^{-6}
	Монголия	68,04	расчетное $(x_{\text{ОПЖ}}^{\text{РФ-Мон}} = 1,06 \cdot 10^{-6})$
5	Среднее (ОПЖ)	$\bar{x}_{\text{ОПЖ}} = \frac{(x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Нидер-Мон}} + x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Великоб-Мон}} + x_{\text{ОПЖ}}^{\text{Чех-Мон}} + x_{\text{ОПЖ}}^{\text{РФ-Мон}})}{4} = \frac{(1,18 + 1,17 + 1,15 + 1,06)}{4} =$	$1,14 \cdot 10^{-6}$

В таблице 2.25 представлены данные, которые необходимы для расчета коэффициента корреляции по 42-м странам мира между ВВП на душу населения и индивидуальными пожарным риском.

Таблица 2.25 – Данные для расчета коэффициента корреляции между ВВП на душу населения и индивидуальным пожарным риском

№ п/п	Страны	ВВП на душу населения, долл., (x)	ИПР, $R \cdot 10^{-5}$ (y)	x^2	y^2	$x \cdot y$
1	2	3	4	5	6	7
1	Норвегия	89463	1	8003628369	1	89463
2	Катар	77588,8	0,6	6020021885	0,36	46553,28
3	Дания	57768	1,2	3337141824	1,44	69321,6
4	Швеция	55850,8	1	3119311861	1	55850,8
5	Сингапур	55649,2	0,03	3096833461	0,0009	1669,476
6	США	54592,6	1	2980351975	1	54592,6
7	Нидерланды	48718	0,4	2373443524	0,16	19487,2
8	Канада	48284,4	0,4	2331383283	0,16	19313,76
9	Австрия	47985,6	0,3	2302617807	0,09	14395,68
10	Финляндия	46565,2	1,4	2168317851	1,96	65191,28
11	Германия	44439,2	0,5	1974842497	0,25	22219,6
12	Бельгия	44059,6	0,6	1941248352	0,36	26435,76
13	Великобритания	43203,17	0,5	1866513898	0,25	21601,585
14	Новая Зеландия	41292,2	0,3	1705045781	0,09	12387,66
15	Япония	40141,2	1,3	1611315937	1,69	52183,56
16	Франция	39992	0,5	1599360064	0,25	19996
17	Кувейт	39827,4	0,8	1586221791	0,64	31861,92
18	Израиль	35845,8	0,2	1284921378	0,04	7169,16
19	Италия	33286	0,4	1107957796	0,16	13314,4

1	2	3	4	5	6	7
20	Испания	27961,2	0,3	781828705,4	0,09	8388,36
21	Словения	22523	0,1	507285529	0,01	2252,3
22	Греция	20366,4	0,4	414790249	0,16	8146,56
23	Чехия	19118,2	1,1	365505571,2	1,21	21030,02
24	Эстония	18267,4	3,7	333697902,8	13,69	67589,38
25	Словакия	17352	0,8	301091904	0,64	13881,6
26	Литва	15156,4	4,6	229716461	21,16	69719,44
27	Латвия	14456,2	4,9	208981718,4	24,01	70835,38
28	Польша	13251,2	1,4	175594301,4	1,96	18551,68
29	Венгрия	13212,2	1,2	174562228,8	1,44	15854,64
30	Хорватия	12933,2	0,6	167267662,2	0,36	7759,92
31	Россия	12734,8	6,9	162175131	47,61	87870,12
32	Казахстан	11462,2	2,4	131382028,8	5,76	27509,28
33	Малайзия	10403,2	0,4	108226570,2	0,16	4161,28
34	Румыния	9332,2	1,9	87089956,84	3,61	17731,18
35	Болгария	7470,6	1,3	55809864,36	1,69	9711,78
36	Белоруссия	6842,4	7,5	46818437,76	56,25	51318
37	Сербия	5775,2	0,9	33352935,04	0,81	5197,68
38	Монголия	4115,4	1,9	16936517,16	3,61	7819,26
39	Армения	3749,6	1,1	14059500,16	1,21	4124,56
40	Украина	3060,2	5,3	9364824,04	28,09	16219,06
41	Молдавия	2056,2	3,5	4227958,44	12,25	7196,7
42	Киргизия	1196,4	1,4	1431372,96	1,96	1674,96
	Итого	1217348	66,03	54741676664	238,64	1187551,4

Коэффициент корреляции r между значениями, приведенными в графах 3 и 4 в таблице 2.25, составляет:

$$r = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\cdot\bar{y}}{\delta_x \cdot \delta_y} = \frac{28275,035 - 28984,475 \cdot 1,57}{21523,78 \cdot 1,792} = -0,448 \approx -45\% .$$

Получим среднеквадратическое отклонение:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{54741676663,97}{42} - 28984,475^2} = 21523,78 ;$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2} = \sqrt{\frac{238,64}{42} - 1,572^2} = 1,792 .$$

Значимость коэффициента корреляции:

$$t_{\text{наблю}} = 0,448 \frac{\sqrt{42-2}}{\sqrt{1-0,448^2}} = 3,173 .$$

По таблице Стьюдента с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ и степенями свободы $\kappa=40$ находим $t_{\text{крит}}(n - m - 1; \alpha/2) = (40; 0,025) = 2,021$.

Так как $|t_{\text{набл}}| > t_{\text{крит}}$, то отклоняем нулевую гипотезу о не значимости коэффициента корреляции. Другими словами, коэффициент корреляции – значим.

Зависимость фактического индивидуального пожарного риска от ВВП на душу населения по 42-м странам мира представлена на рисунке 2.23, а расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ВВП на душу населения представлены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Расчетные значения нормативного индивидуального пожарного риска для Монголии на основе ВВП на душу населения в стране

№ п/п	Страны	Показатели ВВП на душу населения в стране, \$	Нормативное и расчетное значение индивидуального пожарного риска $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.}\cdot\text{год}} \right]$;
1	2	3	4
1	Нидерланды	48718	нормативное 10^{-6}
	Монголия	4115,4	расчетное $(x_{\text{ВВП}}^{\text{Нидер-Мон}} = 11,83 \cdot 10^{-6})$

1	2	3	4
2	Великобритания	43203,17	нормативное 10^{-6}
	Монголия	4115,4	расчетное $(x_{\text{ВВП}}^{\text{Великоб-Мон}} = 10,5 \cdot 10^{-6})$
3	Чехия	19118,2	нормативное 10^{-6}
	Монголия	4115,4	расчетное $(x_{\text{ВВП}}^{\text{Чех-Мон}} = 4,6 \cdot 10^{-6})$
4	Россия	12734,8	нормативное 10^{-6}
	Монголия	4115,4	расчетное $(x_{\text{ВВП}}^{\text{РФ-Мон}} = 3,09 \cdot 10^{-6})$
5	Среднее (ВВП на душу населения)	$\bar{x}_{\text{ВВП}} = \frac{(x_{\text{ВВП}}^{\text{Нидер-Мон}} + x_{\text{ВВП}}^{\text{Великоб-Мон}} + x_{\text{ВВП}}^{\text{Чех-Мон}} + x_{\text{ВВП}}^{\text{РФ-Мон}})}{4}$ $= \frac{(11,83 + 10,5 + 4,6 + 3,09)}{4} = 7,5 \cdot 10^{-6}$	

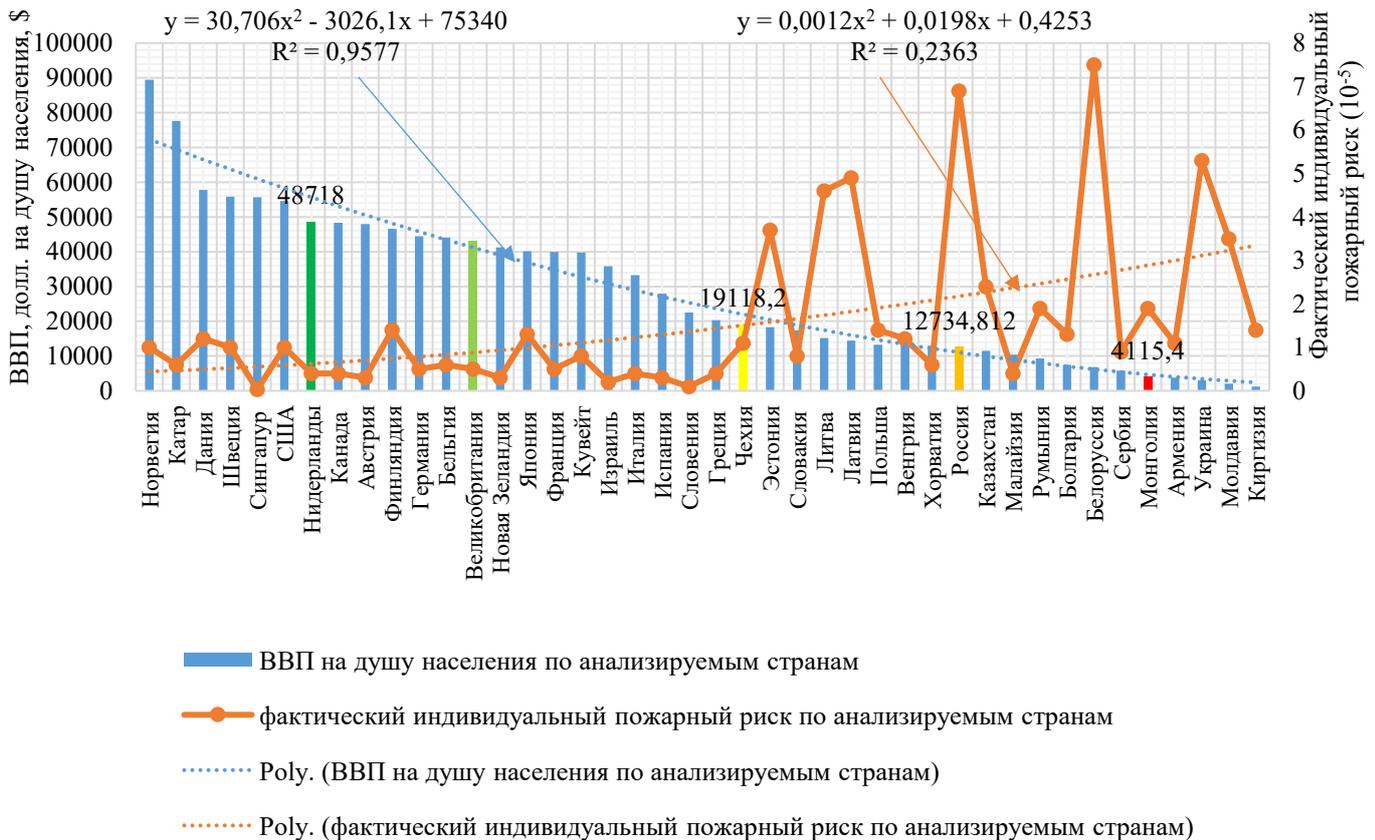


Рисунок 2.23 – Зависимость показателей уровня жизни населения (ВВП на душу населения) от фактического индивидуального пожарного риска

Для определения конкретного (точечного) значения нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии с использованием полученных результатов по трем показателям социально-экономического развития страны используется их средневзвешенное значение [53, 82]. Коэффициенты значимости определяются по шкале Фишберна [83]:

$$k_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, \quad (2.18)$$

где k_i – вес i -го показателя;

N – число показателей в анализируемой совокупности ($N=3$);

i – порядковый номер в группе показателей ($i=1,2,3$).

Полученные показатели риска упорядочиваются по мере их значимости в рассматриваемой анализируемой совокупности, аналогично работе [82]. Тогда будем иметь следующую упорядоченность: 1 - $R_{\text{расчёт}}^{\text{ИРЧП}}$; 2 - $R_{\text{расчёт}}^{\text{ОПЖ}}$; 3 - $R_{\text{расчёт}}^{\text{ВВП на душу}}$.

В этом случае весовые коэффициенты (k_i) будут иметь следующие значения:

$$R_{\text{расчёт}}^{\text{ИРЧП}} - k_1 = 0,5; R_{\text{расчёт}}^{\text{ОПЖ}} - k_2 = 0,33; R_{\text{расчёт}}^{\text{ВВП на душу}} - k_3 = 0,17.$$

Следовательно, окончательное расчётное значение индивидуального пожарного риска для Монголии ($R_{\text{нор}}^{\text{Монголия}}$) определится как:

$$R_{\text{нор}}^{\text{Монголия}} = R_{\text{расчёт}}^{\text{ИРЧП}} \cdot k_1 + R_{\text{расчёт}}^{\text{ОПЖ}} \cdot k_2 + R_{\text{расчёт}}^{\text{ВВП на душу}} \cdot k_3 = 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot (0,5 + 1,14 \cdot 10^{-6} \cdot 0,33 + 7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,17) = 2,26 \approx 2,3 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]. \quad (2.19)$$

Таким образом, если использовать нидерландский подход [61, 62, 63, 64], основанный на социально-экономическом развитии стран, расчётные результаты показывают, что нормативная величина индивидуального пожарного риска для Монголии, учитывая её социально-экономический уровень развития, не должна превышать $2,3 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$. Эта величина может использоваться при разработке и принятии управленческих решений по организационно-техническим мероприятиям совершенствования пожарной безопасности Монголии.

Различные уровни индивидуального пожарного риска для Монголии с учётом работы [76], представлены на рисунке 2.24.

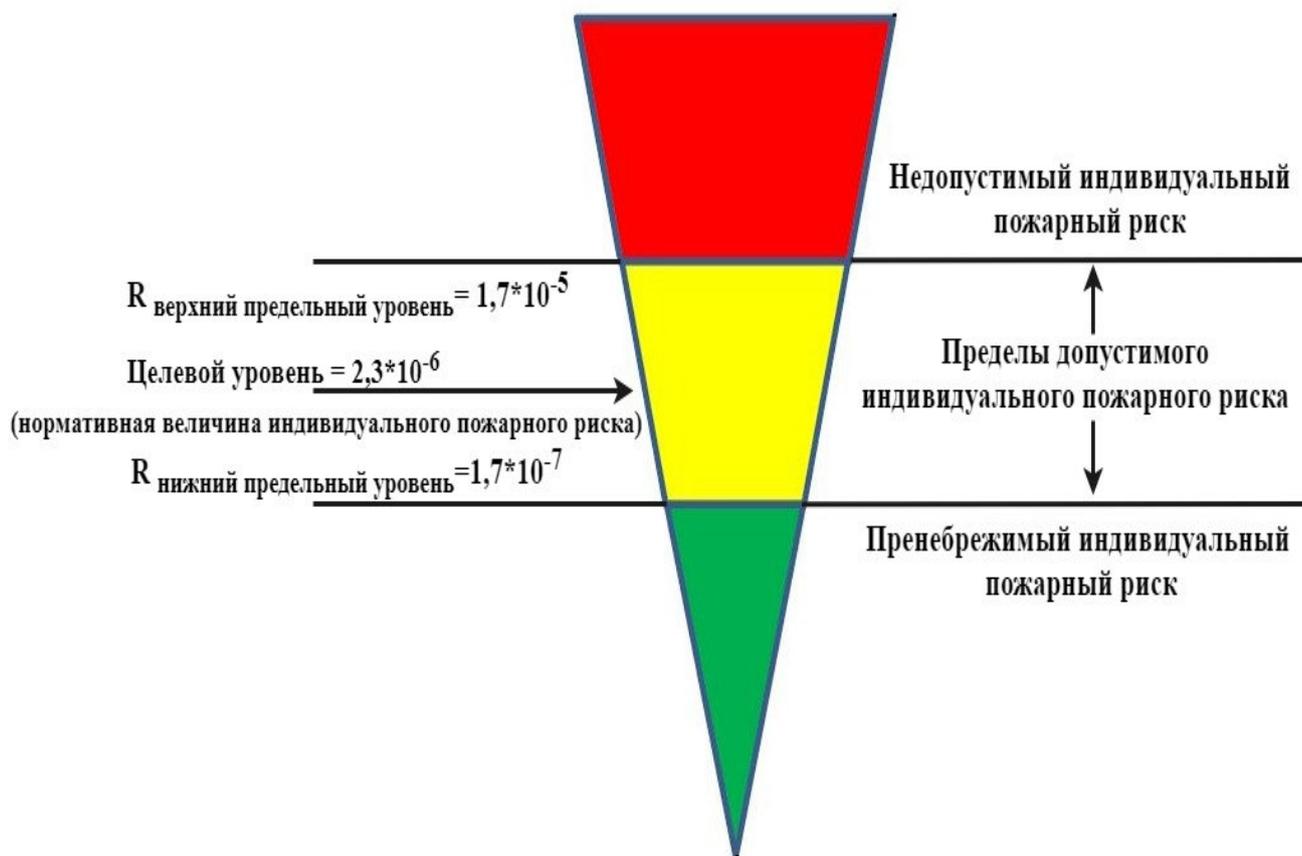


Рисунок 2.24 – Уровни индивидуального пожарного риска Монголии

После расчетов отдельные части территории Монголии (административно-территориальные единицы) могут быть отнесены к одному из трех уровней риска (красный, желтый или зеленый). То есть:

- условно оптимальный, если соответствующее значение средней величины индивидуального пожарного риска более чем $1,7 \cdot 10^{-7}$ и менее значения средней величины индивидуального пожарного риска по стране (на картах обозначается зеленым цветом);
- условно допустимый, если соответствующее значение средней величины индивидуального пожарного риска отличается не более чем на $1,7 \cdot 10^{-7} \leq R_n \leq 1,7 \cdot 10^{-5}$ от значения средней величины индивидуального пожарного риска по стране (на картах обозначается желтым цветом);
- условно неприемлемым, если соответствующее значение средней величины индивидуального пожарного риска отличается меньше чем $1,7 \cdot 10^{-5}$

значения средней величины индивидуального пожарного риска по стране (на картах обозначается красным цветом).

Международный опыт показывает, что при неприемлемом уровне ИПР требуется проведение комплекса организационно-технических мероприятий по пожарной безопасности объектов (территорий), либо исключать нахождение людей на них. А на объектах (территориях) с приемлемым уровнем ИПР следует проводить жесткий контроль и управление пожарными рисками.

Сравнительная оценка уровней пожарной опасности осуществляется путем сопоставления интегрального социально-экономического показателя пожарного риска по стране и в АТЕ Монголии.

По результатам исследования получено распределение административно-территориальных единиц Монголии по уровням пожарной опасности за 2013-2018 гг. (таблица 2.27) и построена геоинформационная карта (рисунок 2.25). Распределение уровней пожарной опасности АТЕ Монголии по нормативному значению ИПР представлено в таблице 2.28 и на рисунке 2.26.

Таблица 2.27 – Распределение административно-территориальных единиц Монголии по уровням пожарной опасности за 2013-2018 гг.

Численное значение уровней пожарной опасности	Наименование уровня пожарной опасности	АТЕ (город, аймак) Монголии	Доля территории, %	Доля населения, %
$R_{\text{пренеб}} < 1,7 \cdot 10^{-7}$	пренебрежимо низкий ИПР	Сухбаатар	5,26	1,9
$1,7 \cdot 10^{-5} \leq R_{\text{прием}} \leq 1,7 \cdot 10^{-7}$	приемлемый ИПР	Баян-Улгий, Увс, Увурхангай, Говь-Алтай, Архангай, Завхан, Ховд, Сэлэнгэ, Орхон, Булган, Хэнтий	45,04	30,3
$R_{\text{чрезм}} > 1,7 \cdot 10^{-5}$	Чрезмерно высокий ИПР	г. Улан-Батор, Баянхонгор, Говьсумбэр, Дархан-Уул, Дорноговь, Дорнод, Дундговь, Умнугувь, Тув, Хувсгул	49,7	67,8

Таблица 2.28 – Распределение уровней пожарной опасности АТЕ Монголии по нормативному значению ИПР за 2013-2018 гг.

Численное значение уровней пожарной опасности	Наименование уровня пожарной опасности	АТЕ (город, аймак) Монголии	Доля территории, %	Доля населения, %
$R_{\text{норм}} > 2,3 \cdot 10^{-6}$	Не превышает нормативную величину ИПР	Сухбаатар	5,26	1,9
$R_{\text{норм}} \leq 2,3 \cdot 10^{-6}$	Превышает нормативную величину ИПР	Баян-Улгий, Увс, Увурхангай, Говь-Алтай, Архангай, Завхан, Ховд, Баянхонгор, Сэлэнгэ, Орхон, Булган, Умнуговь, Хэнтий, г. Улан-Батор, Дархан-Уул, Хувсгул, Тув, Дорнод, Дорноговь, Дундговь, Говьсумбэр	94,74	98,1

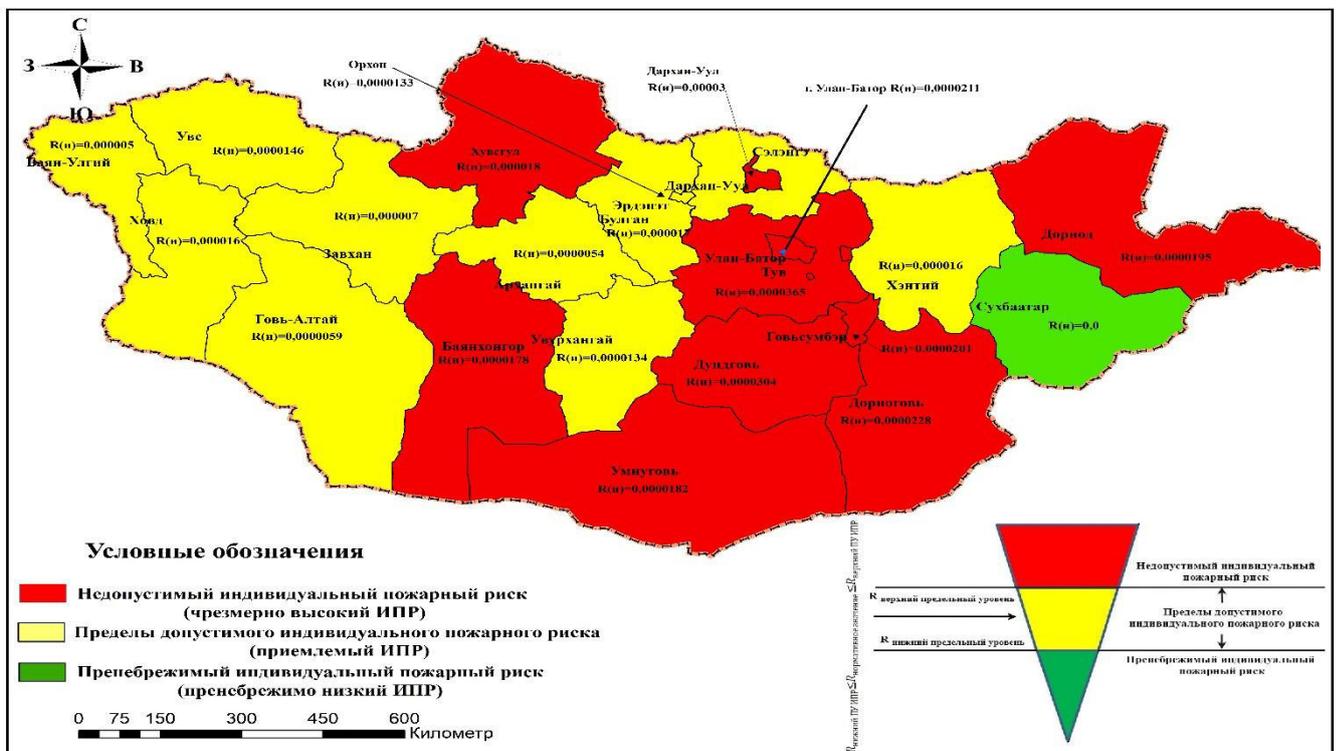


Рисунок 2.25 – Геоинформационная карта уровней пожарной опасности по верхнему и нижнему предельным значениям ИПР для Монголии

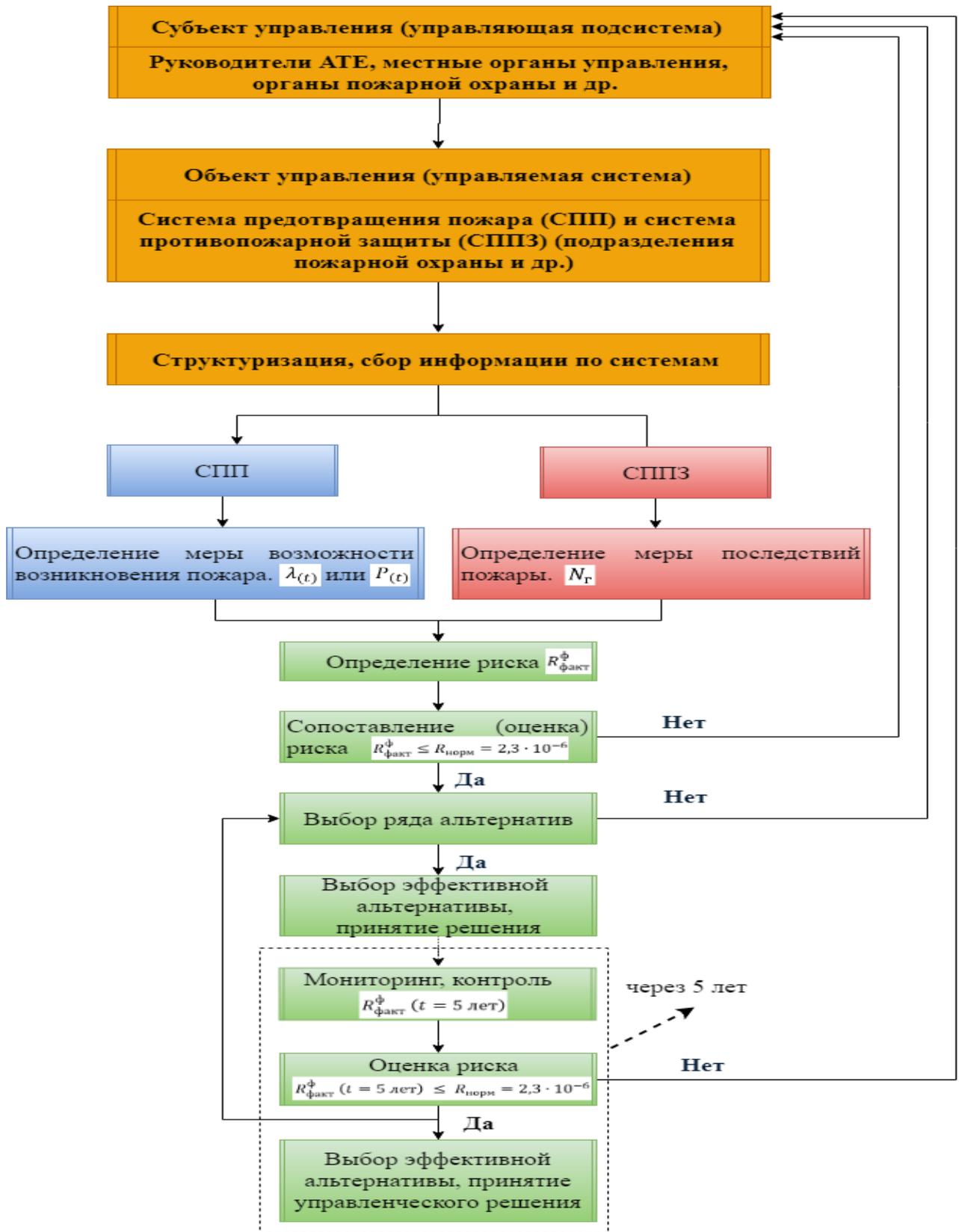


Рисунок 2.27 – Блок-схема модели управления пожарными рисками АТЕ Монголии

Сегодняшняя система управления пожарной безопасностью впервые определена в монографии [46] "Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства".

Основной целью создания и функционирования системы обеспечения пожарной безопасности (СОПБ) объектов является защита жизни и здоровья людей от опасных факторов пожаров и предупреждение возникновения пожаров и их ликвидации в случае возникновения [118].

К основным подсистемам СОПБ можно отнести [46]: 1. подсистему борьбы с пожарами 2. подсистему научно-технического обеспечения борьбы с пожарами 3. подсистему подготовки кадров и работу с общественностью и др.

В рамках данного исследования осуществляется анализ подсистемы борьбы с пожарами в Монголии. Подсистема борьбы с пожарами состоит прежде всего из органов функционирования деятельности пожарной охраны в стране, государственной и добровольной пожарной охраны и т.д.

Относительно объекта защиты [91] система предотвращения пожара (СПП) – это совокупность координационных мероприятий и технических средств, направленных на ограничение условий возникновения пожара. А система противопожарной защиты (СППЗ) – это комплекс координационных мероприятий и технических средств, нацеленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и снижения материального ущерба от него. Эту систему можно поделить на активные и пассивные элементы [92, 118]. Структурная схема системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты представлена на рисунке 2.28.



Рисунок 2.28 – Структурная схема системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

Отметим, что управление пожарным риском является непростой, комплексной задачей, особенно относительно защиты сложных систем. Кроме того, сам процесс управления пожарным риском рассматривается не как самоцель, а как составная часть более важной стратегической задачи: обеспечение экономической безопасности хозяйствующих субъектов для выполнения ими своих целевых функций.

Полученные характеристики пожарных рисков могут представлять научный интерес и иметь практическое значение для принятия управленческих, организационно-технических решений по совершенствованию пожарной безопасности Монголии.

Выводы по главе 2

1. Установлено, что показатель верхнего предельного уровня индивидуального пожарного риска Монголии должен составлять не более $1,7 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$, а его нижний предельный уровень должен составлять не менее $1,7 \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$.

2. На основе принципа ALARP показано, что нормативное значение индивидуального пожарного риска для Монголии не должно превышать $2,3 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$.

3. Показано, что средний индивидуальный пожарный риск в Монголии за период 2013-2018 гг. составляет более $18 \cdot 10^{-6}$.

4. Получены численные значения частных пожарных рисков, представлены графики их динамики, а также получены значения интегральных социально-экономических показателей пожарных рисков по аймакам Монголии.

5. По результатам установлено, что за 2013-2018 гг. исключительно высокий уровень пожарной опасности наблюдался в городе Улан-Батор. Северный и Южный регионы характеризуются высоким уровнем пожарной опасности.

Восточный регион относится к среднему уровню пожарной опасности, а Западный регион имеет низкое значение уровня пожарной опасности.

6. Построен график распределения аймаков по уровням пожарной опасности. Установлено, что за 2013-2018 гг. исключительно высокий уровень пожарной опасности наблюдался в Тувинском аймаке. В аймаках Увс, Дундговь, Умнуговь, Хувсгул, г. Улан-Батор, Булган, Дархан-Уул наблюдался высокий уровень пожарной опасности, а остальные аймаки имеют средний и низкий уровни пожарной опасности.

7. Построены геоинформационные карты уровней пожарной опасности Монголии.

ГЛАВА 3. РЕОРГАНИЗАЦИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В ГОРОДЕ УЛАН-БАТОРЕ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

В предыдущей главе были проведены расчёты интегрального социально-экономического пожарного риска по ряду административно-территориальных единиц Монголии за период с 2013 по 2018 гг. Также были оценены по ИСЭППР административно-территориальные единицы Монголии за период с 2013 по 2018 гг. Результаты расчётов позволили определить уровень пожарной опасности административно-территориальных единиц Монголии. Город Улан-Батор отнесен к чрезмерно высокому уровню пожарной опасности (см. таблицу 2.27 и рисунок 2.25).

Город Улан-Батор – столица Монголии, главный политический, экономический и культурный центр страны. В административном отношении г. Улан-Батор состоит из 9 районов; районы разделены на кварталы-микрорайоны [73]. За последние 10 лет население Улан-Батора увеличилось почти на 50 процентов и в 2018 г составило 1491375 чел., при общей площади города в 4704,4 км².

Для снижения интегрального социально-экономического показателя пожарного риска, а следовательно, и уровней пожарной опасности территорий Монголии вносятся предложения по реорганизации (усовершенствованию) пожарной охраны на исследуемых территориях. Как организация, так и реорганизация функционирования пожарной охраны любой административно-территориальной единицы осуществляется посредством организационного проектирования. Основной принцип организационного проектирования детально изложен в работе [35, 37] и заключается в своевременном реагировании на любое деструктивное событие (ДС), возникшее в населенном пункте (НП) и наличии достаточного набора сил и средств для ликвидации пожара. При этом важно выполнение двух условий:

- 1) должно быть обеспечено своевременное прибытие сил и средств к месту вызова;

2) количество сил и средств той или иной территории должно быть экономически обоснованным.

Для выполнения указанных условий процесс оргпроектирования должен быть четко спланирован и разделен на несколько этапов:

1) проведение детального анализа сложившейся оперативной обстановки г. Улан-Батора (под оперативной обстановкой в работе понимаются все выезды пожарных подразделений (ПП) на пожары);

2) проведение моделирования условий, в которых функционируют ПП (моделирование возникновения ДС, моделирование временных параметров процесса функционирования ПП);

3) применение полученных результатов моделирования при формировании предложений по реорганизации ПП исследуемых территорий.

Придерживаясь такой последовательности действий, было проведено организационное проектирование г. Улан-Батор, где чрезмерно высокий уровень пожарной опасности.

Под оперативной (пожарной) обстановкой в городе (районе) понимают сложившийся в нем в тот или иной период (момент) времени комплекс условий, способствующих или препятствующих возникновению, развитию и ликвидации пожаров (и иных деструктивных ситуаций, в ликвидации последствий которых должна принимать участие пожарная охрана) и определяющих возможные масштабы их социально-экономических последствий [35, 48].

В течение последних десятилетий концепция оперативной обстановки с пожарами, вопросы ее анализа и моделирования подробно изучались с позиций системного подхода. Откуда следует, что пожарную охрану можно рассматривать как сложную динамическую систему, призванную выполнять вполне определенные функции, связанные с предупреждением и тушением пожаров, а также с проведением аварийно-спасательных работ.

Для выполнения этих функций пожарная охрана располагает соответствующими материальными и трудовыми ресурсами (силами и средствами).

Пожарная охрана функционирует в некоторой окружающей ее среде, где возникают те или иные пожароопасные ситуации. Ликвидируя эти ситуации, пожарная охрана вступает во взаимодействие с соответствующими элементами окружающей среды. Оно может быть более или менее успешным в зависимости от ряда факторов как случайного, так и неслучайного характера (управляемых или неуправляемых). Отсюда, в частности, следует принципиальная возможность оценки эффективности функционирования пожарной охраны, т.е. степени ее приспособленности к выполнению поставленных перед ней задач [49].

Рассматриваемая концепция позволяет выделить основные элементы понятия оперативной обстановки, определить факторы, относящиеся к каждому элементу, наметить параметры, характеризующие оперативную обстановку в целом и ее элементы, а также найти пути их количественной оценки (математического описания).

Основными элементами понятия оперативной обстановки являются:

- возможности гарнизона пожарной охраны (характеристики системы);
- уровень пожарной опасности территорий (характеристики среды);
- динамика оперативного реагирования территориальных подразделений гарнизона пожарной охраны на пожароопасные ситуации (взаимодействия системы и среды).

Таким образом, понятие оперативной обстановки является сложным и многогранным, зависящим от большого числа различных по характеру факторов. Все эти многочисленные факторы оказывают влияние на общую оценку оперативной обстановки в городе (районе), на уровень его пожарной опасности и на разработку планов мероприятий по дальнейшему совершенствованию системы противопожарной защиты города (района) и обеспечению его пожарной безопасности.

При этом вся совокупность факторов находит достаточно объективное отражение в нескольких весьма емких по содержанию параметрах, поддающихся количественной оценке и позволяющих найти количественные закономерности оперативной деятельности пожарной охраны. Такими параметрами являются: 1)

частота боевых выездов подразделений пожарной охраны; 2) продолжительность выездов; 3) число оперативных отделений, выезжающих по вызову. Эти параметры являются основными. К ним можно добавить много других, например число пожарных рукавов, использованных при тушении пожара, расходы различных огнетушащих средств и т.д. Эти объективные показатели необходимо учитывать при обосновании штатной численности и технической оснащённости пожарной охраны [35, 48].

Изучение и анализ элементов, факторов и параметров оперативной обстановки помогают определить конкретные пути воздействия на нее с помощью разрядки и уменьшения степени ее напряженности, значений пожарных рисков.

Результаты исследований оперативной обстановки, ее параметров интересны не только сами по себе. Они дают те исходные закономерности, на основе которых можно конструировать математические модели процесса функционирования пожарной охраны, причем параметры оперативной обстановки для этих моделей являются входными параметрами.

С целью снижения пожарных рисков можно использовать ряд способов и методов, например таких, как совершенствование оперативной деятельности ПП. Совершенствованию оперативной деятельности ПП с целью снижения пожарных рисков посвящена данная глава диссертационной работы.

3.1 Анализ оперативной деятельности подразделений пожарной охраны в центральной части городе Улан-Баторе и моделирование их потока ВЫЗОВОВ

Как отмечалось выше, в главе 2, снижение пожарного риска определяется административным управлением и включает в себя контроль за выполнением технических решений. Естественно, что техническое решение включает анализ оперативной деятельности подразделений пожарной охраны (ППО) в городе Улан-Баторе.

Имеются достаточно веские основания ожидать, что реальные потоки выездов ППО в городе Улан-Баторе и их составляющие должны достаточно хорошо описываться законом Пуассона [25, 35, 37]:

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}, \quad (k=0,1,2,\dots), \quad (3.1)$$

где $P_k(\tau)$ – вероятность того, что за время τ произойдут k вызовов, λ – среднее число вызовов в единицу времени (его называют плотностью или интенсивностью потока вызовов).

Для анализа потока вызовов ППО города был взят реальный поток, зафиксированный в диспетчерском журнале за последние 3 месяца в 2016-2018 годах: за данный период ППО за 3 месяца в 2016 году выезжали 385 раз на тушение пожаров при плотности потока вызовов $\lambda = 4.2$ вызова/сутки, за 3 месяца в 2017 году выезжали 328 раз тушение пожаров $\lambda = 3,6$ вызова/сутки, за 3 месяца в 2018 году выезжали 417 раз тушение пожаров $\lambda = 4,6$ вызова/сутки. Результаты проверки адекватности использования распределения Пуассона при моделировании потоков вызовов в г. Улан-Баторе для наглядности представлены в виде графиков (рисунки 3.1–3.3) и таблиц 3.1 – 3.3.

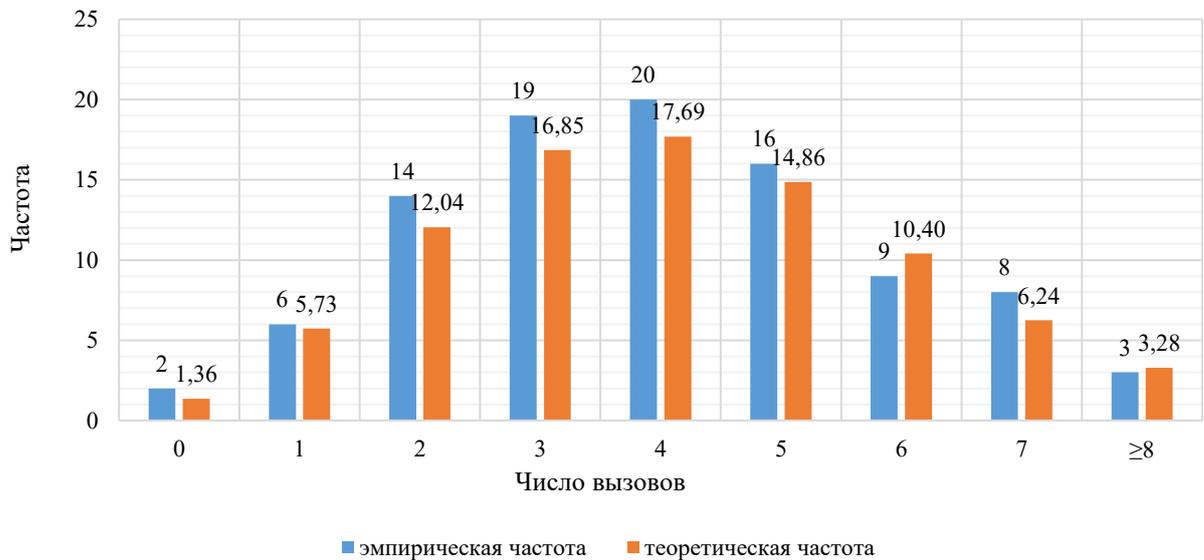


Рисунок 3.1 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения вызовов ППО в центральной части города Улан-Батора за 3 месяца (январь-март) в 2016 г.

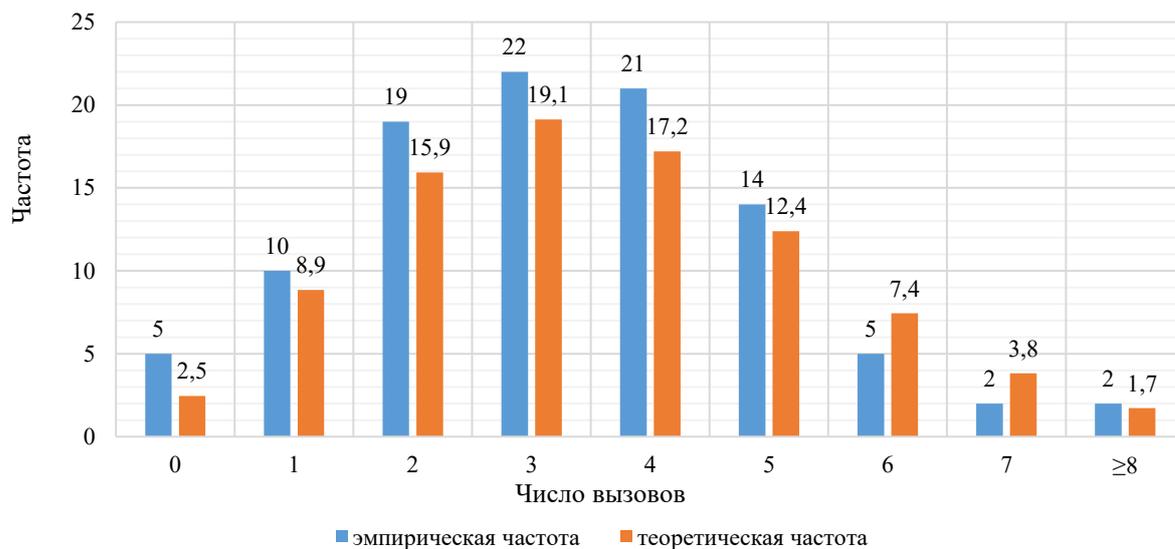


Рисунок 3.2 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения вызовов ППО в центральной части города Улан-Батора за 3 месяца (январь-март) в 2017 г.

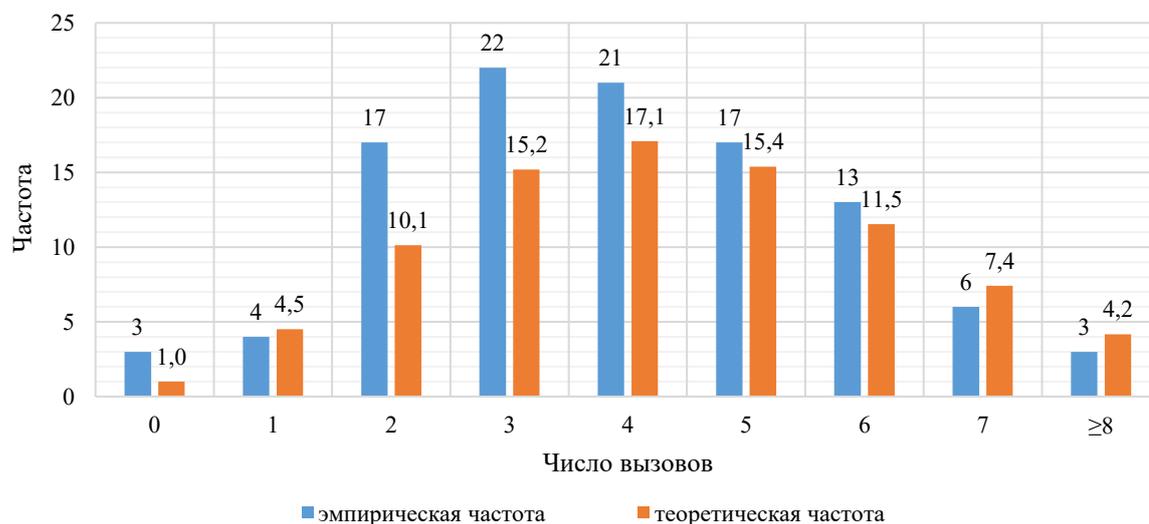


Рисунок 3.3 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения вызовов ППО в центральной части города Улан-Батора за 3 месяца (январь-март) в 2018 г.

Из рисунков 3.1 – 3.3 видно, что полученные эмпирическое и теоретическое распределения имеют сходный характер, это позволяет сделать вывод, что потоки пожарные вызов являются стационарными.

Таблица 3.1 – Распределение числа пожаров в г. Улан-Батор за 3 месяца (январь-март) 2016 г.

Распределение	Число выездов в сутки									Число суток	$\lambda_{\text{пож.}}$	R
	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8			
Эмпирическое (m_k)	2	6	14	19	20	16	9	8	3	91	4,2	0,9
Теоретическое (f_k)	1,36	5,7	12,04	16,8	17,7	14,8	10,4	6,24	3,28			

Таблица 3.2 – Распределение числа пожаров в г. Улан-Батор за 3 месяца (январь-март) 2017 г.

Распределение	Число выездов в сутки									Число суток	$\lambda_{\text{пож}}$	R
	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8			
Эмпирическое (m_k)	5	10	19	22	21	14	5	2	2	90	3,6	0,14
Теоретическое (f_k)	2,5	8,9	15,9	19,1	17,2	12,4	7,4	3,8	1,7			

Таблица 3.3 – Распределение числа пожаров в г. Улан-Батор за 3 месяца (январь-март) 2018 г.

Распределение	Число выездов в сутки									Число суток	$\lambda_{\text{пож}}$	R
	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8			
Эмпирическое (m_k)	3	4	17	22	21	17	13	6	3	90	4,6	1,9
Теоретическое (f_k)	1,0	4,5	10,1	15,2	17,1	15,4	11,5	7,4	4,2			

Непосредственное сопоставление соответствующих значений эмпирических и теоретических распределений и их графиков говорят о том, что они вполне удовлетворительно согласуются между собой. Воспользуемся критерием Романовского для подтверждения предварительного вывода [25, 35, 116].

Тогда значение критерия Романовского будет равно:

$$R = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (V - z - 1)}} \left| \sum_{k=1}^l \frac{(m_k - f_k)^2}{f_k} - (V - z - 1) \right|, \quad (3.2)$$

где V – число групп значений случайной величины, для каждой из которых должно выполняться условия $f_k \geq 9$, если для какой - либо k – й группы это условие не выполняется, то эта группа объединяется с предыдущей или с последующей группой, а соответствующие им частоты складываются; z – число параметров закона распределения, для закона Пуассона и для показательного закона $z=1$.

Если значение критерия Романовского $R < 3$, то согласие между эмпирическим и теоретическим распределениями следует признать удовлетворительными; если $R \geq 3$, то согласие признаётся неудовлетворительным.

$$R_{2016}^{\text{УБ}} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (6 - 1 - 1)}} \left| \frac{(22 - 19,13)^2}{19,13} + \frac{(19 - 16,85)^2}{16,85} + \frac{(20 - 17,7)^2}{17,7} + \frac{(16 - 14,86)^2}{14,86} + \frac{(9 - 10,4)^2}{10,4} + \frac{(11 - 9,52)^2}{9,52} - (6 - 1 - 1) \right| = 0,9;$$

$$R_{2017}^{УБ} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (6-1-1)}} \left| \frac{(15-11,4)^2}{11,4} + \frac{(19-15,93)^2}{15,93} + \frac{(22-19,12)^2}{19,12} + \frac{(21-17,21)^2}{17,21} + \frac{(14-12,39)^2}{12,39} + \right.$$

$$\left. \frac{(9-12,97)^2}{12,97} - (6-1-1) \right| = 0,14;$$

$$R_{2018}^{УБ} = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (6-1-1)}} \left| \frac{(24-15,6)^2}{15,6} + \frac{(22-15,2)^2}{15,2} + \frac{(21-17,1)^2}{17,1} + \frac{(17-15,4)^2}{15,4} + \frac{(13-11,5)^2}{11,5} + \right.$$

$$\left. \frac{(9-11,6)^2}{11,6} - (6-1-1) \right| = 1,9.$$

Результаты моделирования возникновения пожарных вызовов и сопоставление эмпирических и теоретических распределений потоков вызовов показало, что во всех случаях критерий Романовского принимал значение меньше трех. Такие результаты подтверждают гипотезу о пуассоновском распределении случайных потоков пожарных вызовов. Это позволяет нам в дальнейшем считать, что возникновение пожарных вызовов в центральной части города Улан-Батора подчиняется распределению Пуассона.

3.2. Моделирование временных характеристик процесса функционирования подразделений пожарной охраны в центральной части города Улан-Батора

Процесс функционирования противопожарной службы системы обеспечения комплексной безопасности в городе Улан-Баторе заключается в обслуживании пожарных вызовов, т.е. в потоке выездов и возвращений к месту дислокации пожарных подразделений ПО в центральной части города Улан-Батора. Для построения математической модели процесса функционирования ППО необходимо математически описывать большое число разнообразных и взаимосвязанных временных характеристик этого процесса (рисунок 3.4).

В процессе оперативной деятельности пожарных подразделений возникает ситуация (k) , в которой обслуживанием вызовов в охраняемом районе одновременно занято некоторое число (k) пожарных автомобилей $(k = 0, 1, 2, \dots)$.

Этот процесс можно объяснить следующим образом:

- время принятия пожарного вызова (диспетчеризации) $\tau_d = \tau_4 - \tau_3$, за которое оперативный дежурный принимает решение о том, какие силы и средства высылать к месту вызова;
- время сбора $\tau_{\text{сбора}} = \tau_5 - \tau_4$, личного состава каждого пожарного подразделения по тревоге и их готовности к выезду;
- время следования $\tau_{\text{след}} = \tau_6 - \tau_5$ пожарного подразделения к месту вызова;
- общее время занятости $\tau_{\text{общ. зан.}} = \tau_8 - \tau_3$ пожарного подразделения при обслуживании одного вызова.

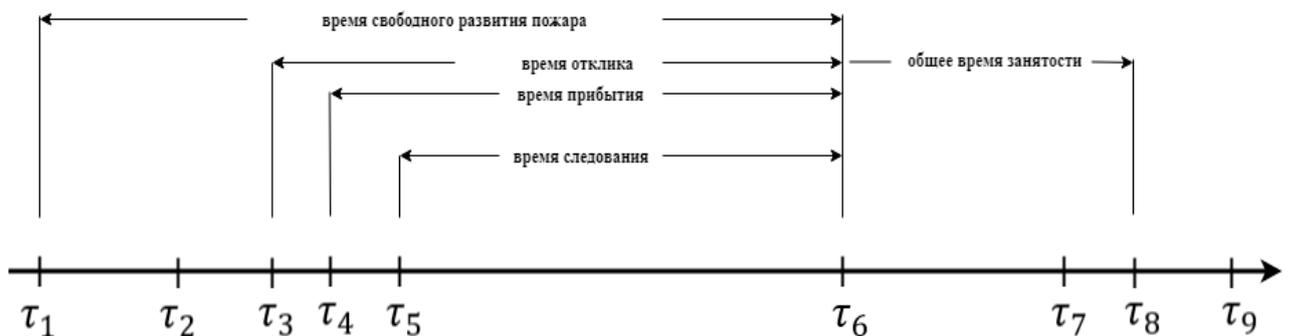


Рисунок 3.4 – Общие временные характеристики функциональной деятельности ППО

Примечание. Здесь τ_1 – момент возникновения пожара; τ_2 – момент обнаружения пожара в здании и сооружении; τ_3 – момент сообщения о пожаре на диспетчерский пункт ЕДДС; τ_4 – момент поступления в ППО (пожарная часть) команды на выезд из диспетчерского пункта; τ_5 – момент выезда пожарного подразделения к месту вызова; τ_6 – момент прибытия пожарного подразделения на место вызова; τ_7 – момент ликвидации горения пожарным подразделением на месте вызова; τ_8 – момент прибытия пожарного подразделения (сбор и возвращение) на место дислокации; τ_9 – момент постановки пожарного подразделения в боевой расчет.

Для построения качественной математической модели процесса функционирования авторами работы [35] были детально изучены временные характеристики процесса функционирования ППО. Обслуживание вызова можно разделить на отдельные временные участки:

- время прибытия к месту вызова;
- время занятости подразделений на месте вызова;
- время постановки подразделения в боевой расчет.

Другими словами, вышеперечисленные временные характеристики ППО являются непрерывными случайными величинами и их описание определяется соответствующими функциями распределения и числовыми характеристиками. Одним из факторов, который наиболее влияет на пожарный риск из этой числовой характеристики, является время обслуживания вызовов. Моделирование времени занятости пожарного подразделения и её числовые характеристики случайных величин напрямую зависят от этих числовых характеристик.

Н.Н. Брушлинский и С.В. Соколов подробно описали моделирование временных характеристик процесса функционирования противопожарной службы [35], мы только используем некоторые положения из этой работы.

Данное обстоятельство позволило специалистам в области пожарной безопасности выдвинуть и неоднократно в своих работах [25, 35, 37, 47, 48, 93, 116, 120] подтвердить гипотезу о том, что большинство этих временных характеристик можно описать распределением Эрланга того или иного порядка (формула (3.3)), которое использовалось в данной диссертационной работе.

$$f(\tau) = \mu [(\mu\tau)^r / r!] \cdot e^{-\mu\tau},$$

$$(\tau \geq 0; r = 0, 1, 2, \dots),$$
(3.3)

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

Учитывая эффективность данной аналитической модели, была проверена возможность её использования для описания временных характеристик ППО города Улан-Батор. Как и при моделировании возникновения деструктивного события (ДС), в основу математических расчетов легли статистические данные, полученные из диспетчерских журналов выездов ППО. Анализируется тот же месяц, что и в предыдущем разделе.

Прежде всего, пожарными рисками необходимо управлять в процессе оперативной деятельности пожарных подразделений в Улан-Баторе. В настоящее время на территории города Улан-Батор располагается 14 пожарных частей, в том числе 10 пожарных частей защищают центральные районы города и 4 пожарные части - сельские районы, включенные в состав города Улан-Батора.

В работе был составлен интервальный вариационный ряд для времени занятости ППО (таблица 3.4, рисунок 3.5) [35, 48].

Таблица 3.4 – Статистическое распределение числа вызовов случайного характера по времени занятости ППО города Улан-Батора за 3 месяца (январь-март) в период с 2016 по 2018 гг.

Номер интервала j	Границы интервала времени, мин	Эмпирическая частота (число вызовов, времени занятости которых находится в заданном интервале значений)					
		2016 г. (за январь-март)		2017 г. (за январь-март)		2018 г. (за январь-март)	
		Число случаев, ед.	Число случаев, %	Число случаев, ед.	Число случаев, %	Число случаев, ед.	Число случаев, %
1	[0 ÷ 30)	135	35,0	122	37,2	159	38,0
2	[30 ÷ 60)	112	29,0	101	30,7	109	26,0
3	[60 ÷ 90)	65	17,0	42	12,8	75	18,0
4	[90 ÷ 120)	35	9,0	34	10,2	29	7,0
5	[120 ÷ 150)	19	5,0	17	5,1	21	5,0
6	[150 ÷ 180)	12	3,1	4	1,2	12	3,1
7	[180 ÷ ∞)	7	1,8	8	2,4	12	3,1

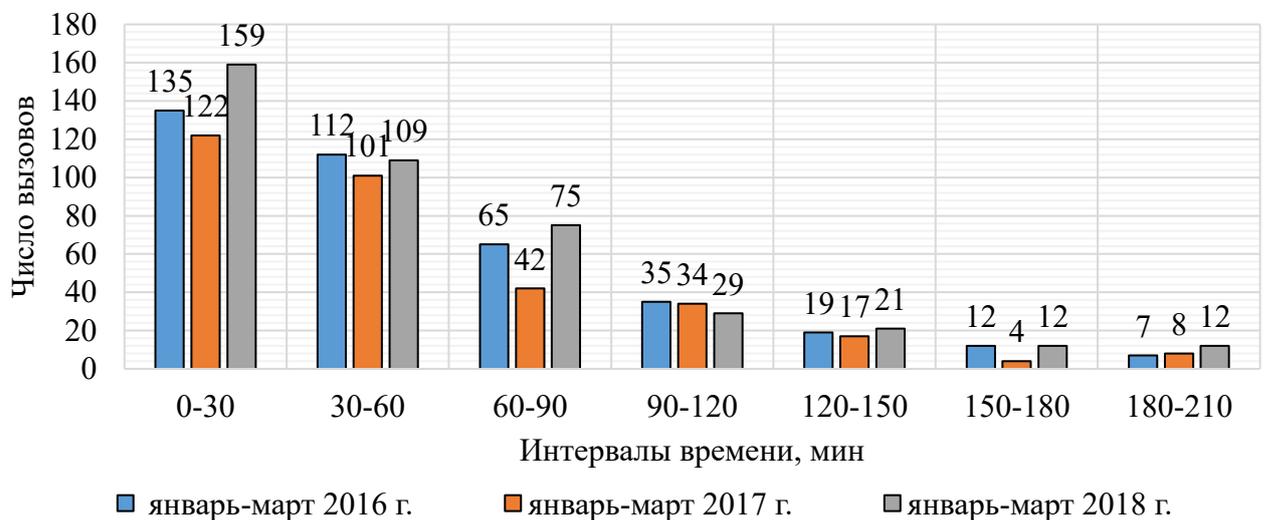


Рисунок 3.5 – Гистограмма эмпирического распределения длительности времени занятости ППО г. Улан-Батор за 3 месяца в период 2016 – 2018 гг.

По данным таблицы 3.4 и из рисунка 3.5 видно, что в 21,8% из всех случаев ППО могли ликвидировать последствия пожарных событий в течение часа. Больше всего выездов ПП по времени занятости находятся в интервале [0÷90) мин (около

82,6%), но среднемесячное количество случаев - около 3.3% из всех случаев выездов - превышают по продолжительности 2 ч. Поэтому очевидно, что в данном случае продолжительность распределения вычисляем, моделируя время занятости на выезды в г. Улан-Батаре. Используя результаты, представленные в таблице 3.4, можно найти среднее время занятости одного вызова по формуле (3.4) [35, 48].

$$\bar{\tau}_{\text{ср.зан}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\tau_i + \tau_{i+1}}{2} \right)}{\sum_{i=1}^n m_i}. \quad (3.4)$$

Найдем среднее время занятости одного вызова:

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2016} = \frac{(135 \cdot 15 + 112 \cdot 45 + 65 \cdot 75 + 35 \cdot 105 + 19 \cdot 135 + 12 \cdot 165 + 7 \cdot 195)}{135 + 112 + 65 + 35 + 19 + 12 + 7} = 55,9 \text{ мин};$$

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2017} = \frac{(122 \cdot 15 + 101 \cdot 45 + 42 \cdot 75 + 34 \cdot 105 + 17 \cdot 135 + 4 \cdot 165 + 8 \cdot 195)}{122 + 101 + 42 + 34 + 17 + 4 + 8} = 53,7 \text{ мин};$$

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2018} = \frac{(159 \cdot 15 + 109 \cdot 45 + 75 \cdot 75 + 29 \cdot 105 + 21 \cdot 135 + 12 \cdot 165 + 12 \cdot 195)}{159 + 109 + 75 + 29 + 21 + 12 + 12} = 55,4 \text{ мин};$$

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2016-2018} = 55 \text{ мин}.$$

Для описания вероятностного распределения случайной величины $\bar{\tau}_{\text{ср.зан}}$ – среднее время занятости ППО обслуживанием вызова, с помощью показательного закона распределения надо определить значение параметра, представляющего собой интенсивность потока «освобождения» пожарных подразделений от обслуживания вызовов. Определим параметр μ распределения Эрланга по формулам (3.5–3.7) [35, 48].

$$\mu = \frac{1}{\tau_{\text{ср.зан}}^{2016}} = \frac{1}{55,9} = 0,017 \text{ мин}^{-1}; \quad (3.5)$$

$$\mu = \frac{1}{\tau_{\text{ср.зан}}^{2017}} = \frac{1}{53,7} = 0,018 \text{ мин}^{-1}; \quad (3.6)$$

$$\mu = \frac{1}{\tau_{\text{ср.зан}}^{2018}} = \frac{1}{55,4} = 0,018 \text{ мин}^{-1}. \quad (3.7)$$

Зная значения теоретического и эмпирического распределения количества вызовов с выделенными интервалами времени занятости можно найти по следующим формулам (3.8–3.11):

$$f_i = NP_i . \quad (3.8)$$

где P_i – теоретическая вероятность, которая определяется по формуле

$$P_i\{\tau_{\text{ср}} \geq \tau\} = e^{-\mu\tau} ; \quad (3.9)$$

$$P_i\{\tau_{\text{ср}} < \tau\} = 1 - e^{-\mu\tau} ; \quad (3.10)$$

$$P_i\{\tau_i \leq \tau_{\text{ср}} < \tau_{i+1}\} = e^{-\mu\tau_i} - e^{-\mu\tau_{i+1}} . \quad (3.11)$$

Таблица 3.5 – Эмпирическое и теоретическое распределение времени занятости пожарных подразделений в городе Улан-Баторе за 3 месяца (январь-март) 2016 г.

Номер интервала a_i	Границы интервала		Распределения				Критерии согласия R
			Эмпирическое (январь – март)		Теоретическое (январь – март)		
	τ_i	τ_{i+1}	Частота m_i	Вероятность ω_i	Частота f_i	Вероятность P_i	
1	0	30	135	35,0%	154,00	0,400	2,35
2	30	60	112	29,0%	92,40	0,240	
3	60	90	65	17,0%	58,00	0,150	
4	90	120	35	9,0%	31,00	0,080	
5	120	150	19	5,0%	20,02	0,052	
6	150	180	12	3,1%	12,32	0,032	
7	180	210	4	1,0%	6,93	0,018	
8	210	240	2	0,5%	4,23	0,011	
9	240	270	1	0,2%	2,69	0,007	
10	270	∞	0,0	0,0%	1,54	0,004	
Всего:			385	100%	385,00	1,000	

Для проверки статистической гипотезы расхождения между эмпирическим и теоретическим распределениями случайными или закономерным выполним расчет, так называемого критерия согласия – критерия Романовского [25, 30, 35, 49].

$$R = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot (7-1-1)}} \left| \frac{(135-154)^2}{154} + \frac{(112-92,4)^2}{92,4} + \frac{(65-58)^2}{58} + \frac{(35-31)^2}{31} + \frac{(19-20,02)^2}{20,02} + \frac{(12-12,32)^2}{12,32} + \frac{(7-15,39)^2}{15,39} - (7-1-1) \right| = 2,35.$$

Так как полученное значение $R = 2,35 < 3$, то согласие между эмпирическим и теоретическим распределениями следует признать удовлетворительным. Из полученных результатов, представленных в таблице 3.5 и на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Сравнение эмпирического и теоретического (Эрланг 0 –го порядка) распределений времени занятости ППО в городе Улан-Баторе (за 3 месяца 2016 г.)

На основе той же аналитической модели распределения Эрланга проведем моделирование времени занятости пожарных подразделений в городе Улан-Баторе. Проанализировав количество вызовов с выделенными интервалами времени занятости, получили следующие данные за 2017 и 2018 г. (таблицы 3.6 и 3.7, рисунки 3.7 и 3.8).

Таблица 3.6 – Эмпирическое и теоретическое распределение времени занятости пожарных подразделений в городе Улан-Баторе за 3 месяца (январь-март) 2017 г.

Номер интервала a_i	Границы интервала		Распределения				Критерии согласия R
			Эмпирическое (январь – март)		Теоретическое (январь – март)		
	τ_i	τ_{i+1}	Частота m_i	Вероятность ω_i	Частота f_i	Вероятность P_i	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	30	122	37,20%	141,00	0,43	2,86
2	30	60	101	30,70%	79,00	0,24	
3	60	90	42	12,80%	46,00	0,14	
4	90	120	34	10,25%	27,00	0,08	
5	120	150	17	5,12%	15,00	0,044	

Продолжения таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8
6	150	180	4	1,20%	8,20	0,025	2,86
7	180	210	5	1,30%	4,59	0,014	
8	210	240	2	0,61%	3,00	0,008	
9	240	270	1	0,30%	1,64	0,005	
10	270	∞	0,00	0,00%	1,00	0,003	
Всего			328	100%	328	1,00	



Рисунок 3.7 – Сравнение эмпирического и теоретического (Эрланг 0-го порядка) распределений времени занятости ППО города Улан-Батора (за 3 месяца 2017 г.)

Из полученных результатов, представленных в таблице 3.6 и на рисунке 3.9, видим, что эмпирическое и теоретическое распределения имеют достаточную сходимость, этот результат подтвержден расчетом критерия Романовского, который равен 2,86. Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что распределение Эрланга можно использовать как аналитическую модель времени занятости ППО на территории города Улан-Батора 2017 г.

Таблица 3.7 – Эмпирическое и теоретическое распределение времени занятости пожарных подразделений в городе Улан-Баторе за 3 месяца (январь-март) 2018 г.

Номер интервала	Границы интервала		Распределение				Критерии согласия
			Эмпирическое (январь – март)		Теоретическое (январь – март)		
	τ_i	τ_{i+1}	Частота m_i	Вероятность ω_i	Частота f_i	Вероятность P_i	R
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	30	159	38,0%	175,00	0,420	1,08
2	30	60	109	26,0%	100,00	0,240	
3	60	90	75	18,0%	58,38	0,140	
4	90	120	29	7,0%	33,36	0,080	
5	120	150	21	5,0%	22,10	0,050	
6	150	180	12	3,0%	12,51	0,030	
7	180	210	7	1,7%	8,30	0,020	
8	210	240	4	0,9%	4,10	0,010	
9	240	270	1	0,2%	2,10	0,005	
10	270	∞	0	0,0	1,20	0,003	
Всего:			417	100%	417	1,000	

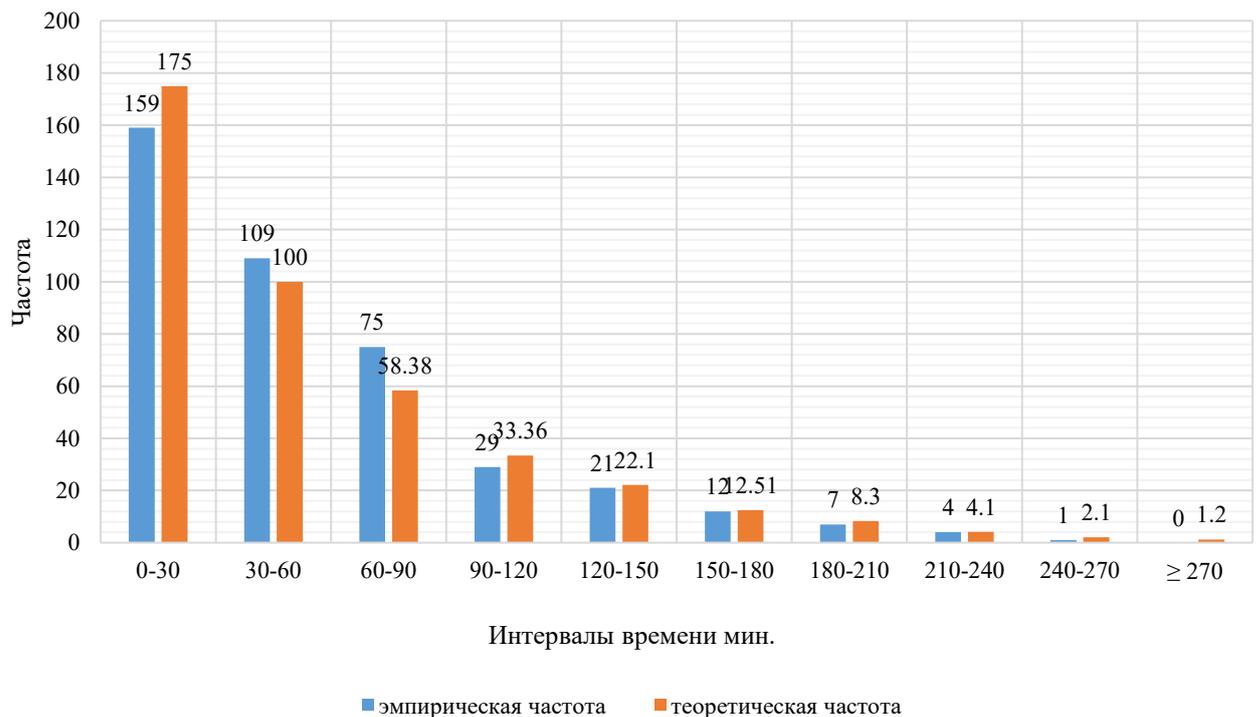


Рисунок 3.8 – Сравнение эмпирического и теоретического (Эрланг 0-го порядка) распределений времени занятости ППО в городе Улан-Баторе (за 3 месяца 2018 г.)

Из полученных результатов за май 2016-2018 гг., представленных в таблицах 3.5 – 3.7 и на рисунках 3.6 – 3.8, видим, что эмпирическое и теоретическое распределения имеют достаточную схожесть по критерию Романовского. Данные результаты позволяют сделать вывод о том, что распределение Эрланга можно

использовать как аналитическую модель времени занятости ППО на территории города Улан-Батора.

На основе той же аналитической модели распределения Эрланга проведем моделирование времени прибытия пожарных подразделений города Улан-Батора. Проанализировав распределение выездов ППО по времени прибытия, получили следующие данные (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Распределение боевых выездов случайного характера по времени прибытия подразделений города Улан-Батора за месяца 2016 г.

№	Интервалы времени прибытия, мин	Число случаев, ед.	Число случаев, %
1	0–4	116	30,1
2	4–8	87	22,6
3	8–12	68	17,6
4	12–16	47	12,2
5	16–20	31	8,1
6	20–24	19	4,9
7	24–28	8	2,1
8	28–∞	9	2,3

Из таблицы 3.8 видим, что более 40% выездов превышали регламентированное Федеральным законом время прибытия [22]. Однако в Монголии "Закон о пожарной безопасности" не устанавливает время прибытия первых пожарных подразделений к месту вызова, а среднее время прибытия равно:

$$\tau_{\text{ср.приб.}}^{2016} = \frac{(116 \cdot 2 + 87 \cdot 6 + 68 \cdot 10 + 47 \cdot 14 + 31 \cdot 18 + 19 \cdot 22 + 8 \cdot 26 + 9 \cdot 30)}{116 + 87 + 68 + 47 + 31 + 19 + 8 + 9} = 9,2 \text{ мин.}$$

Далее определили постоянный параметр μ распределения Эрланга (0-го порядка) [35, 49], который равен:

$$\mu = \frac{1}{\tau_{\text{ср.приб.}}^{2016}} = \frac{1}{9,2} = 0,11 \text{ мин}^{-1}.$$

Расчёты эмпирического и теоретического распределений, а также критерии сходимости представлены в таблице 3.9 и на графике (рисунок 3.9).

Таблица 3.9 – Эмпирическое и теоретическое распределение времени прибытия ППО в городе Улан-Баторе (за 3 месяца 2016 г.)

Номер интервала	Границы интервала		Распределения				Критерии согласия
			Эмпирическое (январь – март)		Теоретическое (январь – март)		
	τ_i	τ_{i+1}	Частота m_i	Вероятность ω_i	Частота f_i	Вероятность P_i	R
1	0	4	116	30,10%	138,6	0,380	2,56
2	4	8	87	22,60%	89,0	0,230	
3	8	12	68	17,60%	58,0	0,150	
4	12	16	47	12,20%	35,0	0,090	
5	16	20	31	8,10%	23,0	0,060	
6	20	24	19	4,90%	15,0	0,040	
7	24	28	8	2,10%	10,0	0,025	
8	28	32	7	1,80%	7,5	0,020	
9	32	36	1	0,26%	3,0	0,010	
10	36	40	1	0,26%	2,2	0,007	
11	40	∞	0	0,00%	1,5	0,004	
Всего:			385	99,90%	384,8	1,000	



Рисунок 3.9 – Сравнение эмпирического и теоретического (Эрланг 0-го порядка) распределений времени прибытия ППО в городе Улан-Баторе (за 3 месяца 2016 г.)

Исходя из полученных значений моделирования процессов функционирования ППО, представленных на рисунке 3.9 и в таблице 3.9, можем сделать вывод, что распределение Эрланга 0-го порядка может быть использовано

в качестве аналитической модели для описания времени занятости и времени прибытия ППО.

3.3. Моделирование одновременной занятости подразделений пожарной охраны центральной части города Улан-Батора

Расчет вероятности $p(k)$ того, что в произвольный момент времени обслуживанием (занятости) вызовов в исследуемом районе будут одновременно заняты k пожарных автомобилей (ПА), был произведен последовательно для $k=0,1,2,3,\dots$ с помощью формул (3.12 - 3.14) [35]:

$$\alpha = \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}; \quad (3.12)$$

$$P_0 = e^{-\lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}}; \quad (3.13)$$

$$P_j = \frac{\lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}}{j} \sum_{i=0}^{j-1} (j-i) a_{j-i} P_i, \quad (j=1,2,3\dots), \quad (3.14)$$

где λ – приведенная интенсивность потока вызовов; $\tau_{\text{ср.зан.}}$ – среднее время занятости на время одного вызова пожарными подразделениями в год, мин; a_j – вероятность выезда по вызову i однотипных ПА; P_0 – вероятность того, что все отделения на автомобилях данного типа свободны от выездов; P_i – вероятность того, что на выездах одновременно заняты j однотипных автомобилей.

Значения основных параметров, характеризующих оперативную обстановку пожарных подразделений города Улан-Батора, показаны в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Основные показатели оперативной обстановки в г. Улан-Батор

Параметр	г. Улан-Батор		
	2016	2017	2018
Плотность потока вызовов – λ , выз./ч.	0,28242	0,258676	0,296918
Среднее время занятости ПП – $\bar{\tau}_{\text{ср.зан.}}$, ч.	1,214363	1,612239	1,613001
$\alpha = \lambda \cdot \bar{\tau}_{\text{ср.зан.}}$	0,34296	0,417047	0,478929

Вероятность того, что на выездах одновременно будут заняты j однотипных автомобилей, вычисляется следующим образом:

$$P_{(0)}^{2016} = e^{-\alpha^{2016}} = e^{-0,34296} = 0,710;$$

$$P_{(0)}^{2017} = e^{-\alpha^{2017}} = e^{-0,417047} = 0,65;$$

$$P_{(0)}^{2018} = e^{-\alpha^{2018}} = e^{-0,478929} = 0,62;$$

$$P_{(1)}^{2016} = \alpha^{2016} \cdot a_1^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016} = 0,056;$$

$$P_{(1)}^{2017} = \alpha^{2017} \cdot a_1^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017} = 0,0603;$$

$$P_{(1)}^{2018} = \alpha^{2018} \cdot a_1^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018} = 0,0692;$$

$$P_{(2)}^{2016} = \frac{\alpha^{2016}}{2} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,1250;$$

$$P_{(2)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{2} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,1151;$$

$$P_{(2)}^{2018} = \frac{\alpha^{2018}}{2} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,1470;$$

$$P_{(3)}^{2016} = \frac{\alpha^{2016}}{3} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0493;$$

$$P_{(3)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{3} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0654;$$

$$P_{(3)}^{2018} = \frac{\alpha^{2018}}{3} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0554;$$

$$P_{(4)}^{2016} = \frac{\alpha^{2016}}{4} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0297;$$

$$P_{(4)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{4} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0396;$$

$$P_{(4)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{4} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0466;$$

$$P_{(5)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{5} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0165;$$

$$P_{(5)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{5} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0278;$$

$$P_{(5)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{5} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0255;$$

$$P_{(6)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{6} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(5)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 6 \cdot a_6^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0069;$$

$$P_{(6)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{6} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0164;$$

$$P_{(6)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{6} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0181;$$

$$P_{(7)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{7} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(6)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(5)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 6 \cdot a_6^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 7 \cdot a_7^{2016} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0038;$$

$$P_{(7)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{7} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0073;$$

$$P_{(7)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{7} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0082;$$

$$P_{(8)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{8} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(7)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(6)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(5)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 6 \cdot a_6^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 7 \cdot a_7^{2016} \cdot P_{(1)}^{2016} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0016;$$

$$P_{(8)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{8} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(1)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0044;$$

$$P_{(8)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{8} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(1)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0051;$$

$$P_{(9)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{9} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(8)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(7)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(6)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(5)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 6 \cdot a_6^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 7 \cdot a_7^{2016} \cdot P_{(2)}^{2016} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(1)}^{2016} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0008;$$

$$P_{(9)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{9} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(8)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(2)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(1)}^{2017} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0023;$$

$$P_{(9)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{9} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(8)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(2)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(1)}^{2018} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0026;$$

$$P_{(10)}^{2016} = \frac{a^{2016}}{10} \cdot (a_1^{2016} \cdot P_{(9)}^{2016} + 2 \cdot a_2^{2016} \cdot P_{(8)}^{2016} + 3 \cdot a_3^{2016} \cdot P_{(7)}^{2016} + 4 \cdot a_4^{2016} \cdot P_{(6)}^{2016} + 5 \cdot a_5^{2016} \cdot P_{(5)}^{2016} + 6 \cdot a_6^{2016} \cdot P_{(4)}^{2016} + 7 \cdot a_7^{2016} \cdot P_{(3)}^{2016} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(2)}^{2016} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(1)}^{2016} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(0)}^{2016}) = 0,0003;$$

$$P_{(10)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{10} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(9)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(8)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(3)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(2)}^{2017} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(1)}^{2017} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0012;$$

$$P_{(10)}^{2018} = \frac{\alpha^{2018}}{10} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(9)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(8)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(3)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(2)}^{2018} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(1)}^{2018} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0014;$$

$$P_{(11)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{11} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(10)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(9)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(8)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(4)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(3)}^{2017} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(2)}^{2017} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(1)}^{2017} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0006;$$

$$P_{(11)}^{2018} = \frac{\alpha^{2018}}{11} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(10)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(9)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(8)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(4)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(3)}^{2018} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(2)}^{2018} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(1)}^{2018} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0007;$$

$$P_{(12)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{12} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(11)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(10)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(9)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(8)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(5)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(4)}^{2017} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(3)}^{2017} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(2)}^{2017} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(1)}^{2017} + 12 \cdot a_{12} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0003;$$

$$P_{(12)}^{2018} = \frac{\alpha^{2018}}{12} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(11)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(10)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(9)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(8)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(5)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(4)}^{2018} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(3)}^{2018} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(2)}^{2018} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(1)}^{2018} + 12 \cdot a_{12} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0004;$$

$$P_{(13)}^{2017} = \frac{\alpha^{2017}}{13} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(12)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(11)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(10)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(9)}^{2017} + 5 \cdot a_5^{2017} \cdot P_{(8)}^{2017} + 6 \cdot a_6^{2017} \cdot P_{(7)}^{2017} + 7 \cdot a_7^{2017} \cdot P_{(6)}^{2017} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(5)}^{2017} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(4)}^{2017} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(3)}^{2017} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(2)}^{2017} + 12 \cdot a_{12} \cdot P_{(1)}^{2017} + 13 \cdot a_{13} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,0002;$$

$$P_{(13)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{13} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(12)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(11)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(10)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(9)}^{2018} + 5 \cdot a_5^{2018} \cdot P_{(8)}^{2018} + 6 \cdot a_6^{2018} \cdot P_{(7)}^{2018} + 7 \cdot a_7^{2018} \cdot P_{(6)}^{2018} + 8 \cdot a_8 \cdot P_{(5)}^{2018} + 9 \cdot a_9 \cdot P_{(4)}^{2018} + 10 \cdot a_{10} \cdot P_{(3)}^{2018} + 11 \cdot a_{11} \cdot P_{(2)}^{2018} + 12 \cdot a_{12} \cdot P_{(1)}^{2018} + 13 \cdot a_{13} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0002;$$

$$P_{(14)}^{2017} = \frac{a^{2017}}{14} \cdot (a_1^{2017} \cdot P_{(13)}^{2017} + 2 \cdot a_2^{2017} \cdot P_{(12)}^{2017} + 3 \cdot a_3^{2017} \cdot P_{(11)}^{2017} + 4 \cdot a_4^{2017} \cdot P_{(10)}^{2017} + \dots + 14 \cdot a_{14} \cdot P_{(0)}^{2017}) = 0,00005;$$

$$P_{(14)}^{2018} = \frac{a^{2018}}{14} \cdot (a_1^{2018} \cdot P_{(13)}^{2018} + 2 \cdot a_2^{2018} \cdot P_{(12)}^{2018} + 3 \cdot a_3^{2018} \cdot P_{(11)}^{2018} + 4 \cdot a_4^{2018} \cdot P_{(10)}^{2018} + \dots + 14 \cdot a_{14} \cdot P_{(0)}^{2018}) = 0,0001.$$

Суммарная длительность времени $T\{k\}$ пребывания в ситуации $\{k\}$ за период времени наблюдения $T_{\text{набл}}$ вычисляется по формуле (3.15).

$$T(k) = T_{\text{набл}} \cdot P_k, \quad (k=1,2,3\dots) \quad (3.15)$$

Длительность периода времени наблюдения за процессом функционирования в г. Улан-Баторе $T_{\text{набл}}=1$ год = 8760 ч.

$$T\{0\} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(0)}^{2016} = 6219,6 \text{ час}; \quad T_{(7)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(7)}^{2016} = 33,6 \text{ час};$$

$$T_{(0)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(0)}^{2017} = 5772,8 \text{ час}; \quad T_{(7)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(7)}^{2017} = 63,8 \text{ час};$$

$$T_{(0)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(0)}^{2018} = 5426,4 \text{ час}; \quad T_{(7)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(7)}^{2018} = 71,6 \text{ час};$$

$$T_{(1)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(1)}^{2016} = 492 \text{ час}; \quad T_{(8)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(8)}^{2016} = 14,3 \text{ час};$$

$$T_{(1)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(1)}^{2017} = 528 \text{ час}; \quad T_{(8)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(8)}^{2017} = 38,6 \text{ час};$$

$$T_{(1)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(1)}^{2018} = 606,5 \text{ час}; \quad T_{(8)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(8)}^{2018} = 44,5 \text{ час};$$

$$T_{(2)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(2)}^{2016} = 1094,6 \text{ час}; \quad T_{(9)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(9)}^{2016} = 6,7 \text{ час};$$

$$T_{(2)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(2)}^{2017} = 1008 \text{ час}; \quad T_{(9)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(9)}^{2017} = 20 \text{ час};$$

$$T_{(2)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(2)}^{2018} = 1287,8 \text{ час}; \quad T_{(9)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(9)}^{2018} = 22,5 \text{ час};$$

$$T_{(3)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(3)}^{2016} = 432 \text{ час};$$

$$T_{(10)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(10)}^{2016} = 3,0 \text{ час};$$

$$T_{(3)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(3)}^{2017} = 573,1 \text{ час};$$

$$T_{(10)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(10)}^{2017} = 10,7 \text{ час};$$

$$T_{(3)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(3)}^{2018} = 485,1 \text{ час};$$

$$T_{(10)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(10)}^{2018} = 12,4 \text{ час};$$

$$T_{(4)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(4)}^{2016} = 259,9 \text{ час};$$

$$T_{(11)}^{2017} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{(11)}^{2017} = 5,6 \text{ час};$$

$$T_{(4)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(4)}^{2017} = 346,7 \text{ час};$$

$$T_{(11)}^{2018} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{(11)}^{2018} = 6,5 \text{ час};$$

$$T_{(4)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(4)}^{2018} = 408,0 \text{ час};$$

$$T_{(12)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(12)}^{2017} = 2,8 \text{ час};$$

$$T_{(5)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(5)}^{2016} = 144,7 \text{ час};$$

$$T_{(12)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(12)}^{2018} = 3,4 \text{ час};$$

$$T_{(5)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(5)}^{2017} = 243,4 \text{ час};$$

$$T_{(13)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(13)}^{2017} = 1,3 \text{ час};$$

$$T_{(5)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(5)}^{2018} = 223,2 \text{ час};$$

$$T_{(13)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(13)}^{2018} = 1,7 \text{ час};$$

$$T_{(6)}^{2016} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(6)}^{2016} = 60,0 \text{ час};$$

$$T_{(14)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(14)}^{2017} = 0,4 \text{ час};$$

$$T_{(6)}^{2017} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(6)}^{2017} = 144,0 \text{ час};$$

$$T_{(14)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(14)}^{2018} = 0,9 \text{ час.}$$

$$T_{(6)}^{2018} = T_{\text{набл}} \cdot P_{(6)}^{2018} = 158,6 \text{ час};$$

Значения параметров одновременной занятости числа оперативных ППО в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг. представлены в таблицах 3.11-3.13. Таблица 3.11 – Значения характеристики одновременной занятости пожарных подразделений (оперативных отделений) в г. Улан-Баторе за 2016 г.

Число k одновременно занятых ПА	Число вызовов, n	Относительная частота привлечения определенного числа ПА для обслуживания вызова, a _k	Вероятность возникновения, P(k)	Суммарная длительность времени, T(k), час в год
1	2	3	4	5
0	-	-	0,710	6219,6
1	571	0,2308	0,0562	492
2	1247	0,5040	0,1250	1094,6
3	402	0,1625	0,0493	432

Продолжение таблицы 3.11

1	2	3	4	5
4	158	0,0639	0,0297	259,9
5	76	0,0307	0,0165	144,7
6	13	0,0053	0,0069	60
7	6	0,0024	0,0038	33,6
8	1	0,0004	0,0016	14,3
9	0	0,0	0,0008	6,7
10	0	0,0	0,0003	3
Всего	2474	1,000	1,000	8760

Таблица 3.12 – Значение характеристики одновременной занятости пожарных подразделений (оперативных отделений) в г. Улан-Баторе за 2017 г.

Число k одновременно занятых ПА	Число вызовов, n	Относительная частота привлечения определенного числа ПА для обслуживания вызова, a_k	Вероятность возникновения, P(k)	Суммарная длительность времени, T(k), час в год
1	2	3	4	5
0	-	-	0,6590	5772,8
1	497	0,21933	0,0603	528
2	926	0,40865	0,1151	1008
3	454	0,20035	0,0654	573,1
4	202	0,08914	0,0396	346,7
5	124	0,05472	0,0278	243,4
6	58	0,02560	0,0164	144
7	4	0,00177	0,0073	63,8
8	1	0,00044	0,0044	38,6
9	-	-	0,0023	20
10	-	-	0,0012	10,7
11	-	-	0,0006	5,6

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4	5
12	-	-	0,0003	2,8
13	-	-	0,0002	1,3
Всего	2266	1.000	1.000	8760

Таблица 3.13 – Значения характеристики одновременной занятости пожарных подразделений (оперативных отделений) в г. Улан-Батаре за 2018 г.

Число k одновременно занятых ПА	Число вызовов, n	Относительная частота привлечения определенного числа ПА для обслуживания вызова, a_k	Вероятность возникновения, P(k)	Суммарная длительность времени, T(k), час в год
0	-	-	0,6194	5426,4
1	607	0,23337	0,0692	606,5
2	1255	0,48251	0,1470	1287,8
3	344	0,13226	0,0554	485,1
4	217	0,08343	0,0466	408
5	101	0,03883	0,0255	223,2
6	64	0,02461	0,0181	158,6
7	9	0,00346	0,0082	71,6
8	3	0,00115	0,0051	44,5
9	1	0,00038	0,0026	22,5
10	-	-	0,0014	12,4
11	-	-	0,0007	6,5
12	-	-	0,0004	3,4
13	-	-	0,0002	1,7
14	-	-	0,0001	0,9
Всего	2601	1,000	1,000	8760

По результатам расчетов анализа одновременной занятости оперативных отделений пожарных подразделений в г. Улан-Батаре, в период 2016-2018 гг. установлено, что 66% всего времени ППО находится в депо, около 13%

одновременно работали два отделения, около 2% времени работали шесть отделений и т.д.

В ряде случаев (1%) требовалось больше 7 отделений, которых в боевом расчете центральной части города Улан-Батора сейчас нет.

Отсюда следует, что при такой оперативной обстановке ожидается отказ на выезд. В этом случае обслуживание такого вызова будет осуществляться за счет соседних частей пожарной охраны. Но такая ситуация может обуславливаться повышением пожарного риска из-за увеличения времени прибытия соседнего подразделения на такой пожар.

3.4. Исследование параметров оперативной обстановки пожарных подразделений в городе Улан-Баторе

В целях обеспечения требований Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [22], департаментом противопожарной службы (ДППС) МЧС России и ФГБУ ВНИИПО были разработаны методические рекомендации, определяющие условия размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах [96].

Прогноз среднего времени прибытия при выполнении требований [22] возможно осуществлять двумя способами:

1. Увеличение скорости движения пожарного автомобиля (ПА) к месту вызова.
2. Предусмотрение в населенных пунктах строительства дополнительных пожарных депо.

Приоритет авторы [35, 48] отмечали в возможной реализации второго способа.

Проанализировав статистику выездов ППО, можем определить интересующие нас параметры оперативной обстановки в исследуемом районе:

- время прибытия ППО к месту вызова, мин.;

- время занятости ППО на месте вызова, мин.;
- средняя скорость движения пожарной техники к месту вызова, км/час.

Пожарные подразделения должны за короткое время прибыть к месту вызова, поэтому чем меньше время прибытия при реагировании оперативных пожарных подразделений, тем меньше будут социально-экономические последствия. В таблице 3.14 представлено нормативное времени прибытия пожарных подразделений различных стран [35].

Таблица 3.14 – Нормативные рекомендации времени прибытия пожарных подразделений к месту вызова в различных странах

п/п	Страны	Нормативные рекомендации к оперативному реагированию на вызовы
1	2	3
1	Бельгия	Расчетное время прибытия к месту вызова – 6 мин (среднее значение)
2	Австралия	По сигналу тревоги на время сбора и выезда из депо для подразделений профессиональной пожарной охраны - до 1 мин, добровольной пожарной охраны - от 2 до 5 мин, максимальное время прибытия в городах - 10 мин, в сельской местности - 15 мин
3	Германия	В удаленных сельских районах нормативное время прибытия не устанавливается
4	Греция	Время прибытия составляет 10 мин в городах и 30 мин в сельской местности
5	Дания	Нормативное время прибытия не больше 10 мин. в городах и 15 мин - в сельской местности
6	Ирландия	Нормативное время прибытия не больше 10 мин в городах и 20 (и более) мин – в сельской местности
7	Россия	Время прибытия не более 10 мин в городах, не более 20 мин в сельской местности
8	США	5-минутное время прибытия для районов с высоким уровнем пожарной опасности

1	2	3			
9	Великобритания	Максимальное время прибытия			
		Районы	Первый автонасос	Второй автонасос	Третий автонасос
		Центр крупного города (зона риска А)	5	5	8
		Центр города (зона риска В)	5	8	-
		Пригород (зона риска С)	8-10	-	-
		Сельские районы (зона риска D)	20	-	-
		В удаленных сельских районах нормативное время прибытия не устанавливается			
10	Норвегия	Нормативное время прибытия в городах не должно превышать 10 мин. В сельских районах оно устанавливается применительно к местным объектам повышенной опасности (больницам и т. п.). В зависимости от категории района (городской центр, сельский район) время прибытия варьируется в пределах 5–10, 10–15, 15–30 мин			
11	Финляндия	Нормативное время прибытия – 10 мин для густонаселенных районов с высокой потенциальной опасностью и 20 мин для остальных районов (за исключением малонаселенных)			
12	Франция	Время прибытия не должно превышать 10 мин в городах и 20 мин в сельской местности			
13	Швеция	Максимальное время прибытия в 10, 20 или 30 мин рекомендовано для наиболее опасных и менее опасных районов (городских и сельских)			
14	Чехия	Профессиональные пожарные должны выехать по сигналу тревоги не позднее, чем через 2 мин, добровольные – 10 мин. Профессиональные пожарные должны прибывать к месту вызова за 15–20 мин			
15	Эстония	Максимальное время прибытия в городах – 6 мин, в сельской местности – 15 мин			

Из таблицы 3.14 видим, что в большинстве стран время прибытия пожарных подразделений к месту экстренного вызова в городской территории не превышает 10 минут, а в сельской местности до 20 минут. Однако в Монголии "Закон о пожарной безопасности"[19] не устанавливает время прибытия первых пожарных подразделений к месту вызова.

Таким образом, количество пожарных депо влияет на время реагирования и связано с эффективностью управления пожарными подразделениями. Большую роль в этом процессе играет анализ времени прибытия пожарных подразделений к месту вызова (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Распределение выездов по времени прибытия подразделений пожарной охраны в городе Улан-Баторе за период с 2016 по 2018 гг.

№	Границы интервала времени, мин		Число случаев, ед	Число случаев, %	Среднестатистические значения времени прибытия подразделений к месту вызова ($\bar{\tau}_{\text{приб}}$), мин.	Дисперсия (D)	Среднее квадратическое отклонение (σ), мин.
	τ_i	τ_{i+1}					
1	1	5	597	8,1	12,5	37,37	6,21
2	5	7	878	11,9			
3	7	10	1536	20,9			
4	10	15	2178	29,6			
5	15	20	1245	16,9			
6	20	25	665	9,1			
7	25	30	151	2,0			
8	30	∞	91	1,2			

Из таблицы 3.15 видим, что более 58,8% выездов превышали 10 минут. При этом среднее время прибытия равно:

$$\tau_{\text{ср.приб.}}^{2016-2018} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\tau_i + \tau_{i+1}}{2} \right)}{\sum_{i=1}^n m_i} = \quad (3.16)$$

$$\frac{(597 \cdot 3 + 878 \cdot 6 + 1536 \cdot 8,5 + 2178 \cdot 12,5 + 1245 \cdot 17,5 + 665 \cdot 22,5 + 151 \cdot 27,5 + 91 \cdot 32,5)}{597 + 878 + 1536 + 2178 + 1245 + 665 + 151 + 91} = 12,42 \approx$$

12,5 мин.

Итак, среднее время прибытия подразделений к месту вызова на территории города Улан-Батора составило 12,5 мин. Далее определили дисперсию и среднеквадратическое отклонение вариационного ряда:

$$\text{Дисперсия: } D = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{283507,649}{7341} = 37,37; \quad (3.17)$$

$$\text{Среднее квадратическое отклонение: } \sigma = \sqrt{D} = \sqrt{38,62} = 6,21 \text{ мин.} \quad (3.18)$$

Используя правило «трёх сигм» получаем интервал практически возможных значений времени прибытия:

$$\bar{t}_{\text{приб}} \pm 3\sigma = \bar{t}_{\text{приб}} \pm 18,6. \quad (3.19)$$

Далее определяется средняя величина времени обслуживания ППО в центральной части города Улан-Батора за период с 2016 по 2018 годы.

В работе были составлены интервальные вариационные ряды времени занятости ППО (таблица 3.16, рисунок 3.10) [25, 35].

Таблица 3.16 – Интервальные вариационные ряды времени занятости ППО за период 2016-2018 гг.

Номер интервала j	Границы интервала времени, мин	Эмпирическая частота (число вызовов, длительность обслуживания которых находится в заданном интервале значений)			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
1	[0 ÷ 30)	298	213	203	238,0
2	[30 ÷ 60)	784	324	491	533,0
3	[60 ÷ 90)	683	391	497	523,6
4	[90 ÷ 120)	393	687	597	559,0
5	[120 ÷ 150)	191	393	421	335,0
6	[150 ÷ 180)	79	134	246	153,0
7	[180 ÷ ∞)	46	124	146	105,3
Всего		2474	2266	2601	2447,0

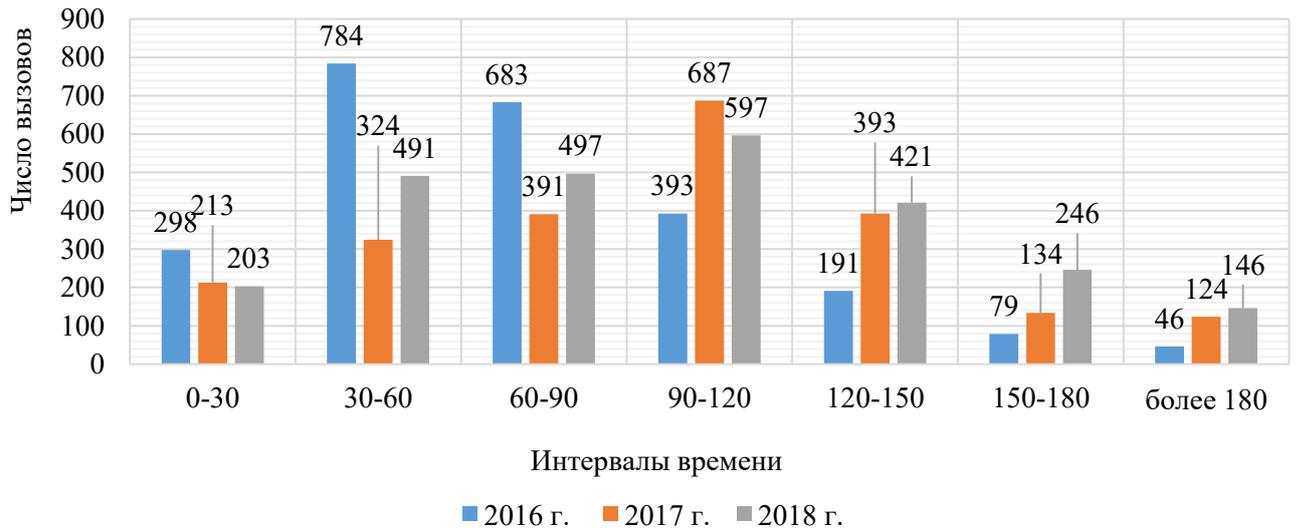


Рисунок 3.10 – Гистограмма эмпирического распределений длительности времени занятости вызовов ПП в г. Улан-Баторе

Из рисунка 3.10 видно, что «коротких» по продолжительности выездов в г. Улан-Баторе сравнительно мало (менее 10% всех выездов в период с 2016 по 2018 гг.). Больше всего выездов ППО по времени занятости находятся в интервале [30÷90) мин (около 43,2%), но продолжительность по времени занятости в среднем составляет 3 ч. Поэтому очевидно, что в данном случае продолжительность распределения вычисляем, моделируя время занятости на выездах в г. Улан-Баторе. Опираясь на результаты, которые представлены в таблице 3.16, можно найти среднее время обслуживания одного вызова по формуле (3.20) [35, 48]:

$$\bar{\tau}_{\text{ср.зан}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{\tau_i + \tau_{i+1}}{2} \right)}{\sum_{i=1}^n m_i}; \quad (3.20)$$

Найдем среднее время занятости одного вызова за последние три года (2016-2018):

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2016} = \frac{(298 \cdot 15 + 784 \cdot 45 + 683 \cdot 75 + 393 \cdot 105 + 191 \cdot 135 + 79 \cdot 165 + 69 \cdot 200)}{2474} = 72,86 \text{ мин};$$

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2017} = \frac{(213 \cdot 15 + 324 \cdot 45 + 391 \cdot 75 + 687 \cdot 105 + 393 \cdot 135 + 134 \cdot 165 + 124 \cdot 200)}{2266} = 96,73 \text{ мин};$$

$$\tau_{\text{ср.зан}}^{2018} = \frac{(203 \cdot 15 + 491 \cdot 45 + 497 \cdot 75 + 597 \cdot 105 + 421 \cdot 135 + 246 \cdot 165 + 146 \cdot 200)}{2601} = 96,78 \text{ мин}.$$

Таблица 3.17 – Распределение выездов по времени занятости подразделений пожарной охраны в городе Улан-Баторе за период с 2016 по 2018 гг.

№	Границы интервала времени, мин		Число случаев, ед	Число случаев, %	Среднестатистическое значение времени занятости ППО ($\bar{\tau}_{зан}$), мин.	Дисперсия (D)	Среднеквадратичное отклонение (σ), мин.
	τ_i	τ_{i+1}					
1	0	30	238	9,7	89	2188,2	46,8
2	30	60	533	21,8			
3	60	90	523	21,4			
4	90	120	559	22,8			
5	120	150	335	13,7			
6	150	180	153	6,2			
7	180	∞	105	4,3			

Из таблицы 3.17 видим, что более 68,4% выездов превышали более 1 часа времени занятости. При этом среднее время занятости равно:

$$\tau_{ср.зан.}^{2016-2018} = \frac{(238 \cdot 15 + 533 \cdot 45 + 523 \cdot 75 + 559 \cdot 105 + 335 \cdot 135 + 153 \cdot 165 + 105 \cdot 200)}{283 + 533 + 523 + 559 + 335 + 153 + 105} = 88,7 \approx 89 \text{ мин.}$$

Используя формулы (3.17–3.19) рассчитаем основные числовые характеристики данного статистического ряда:

$$\text{Дисперсия: } D = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{5352492,437}{2446} = 2188,2;$$

$$\text{Среднее квадратическое отклонение: } \sigma = \sqrt{D} = \sqrt{2188,2} = 46,8 \text{ мин.}$$

Используя правило «трёх сигм» получаем интервал практически возможных значений среднего времени занятости ППО в городе Улан-Баторе:

$$\bar{\tau}_{ср.зан.} \pm 3\sigma = \bar{\tau}_{ср.зан.} \pm 140,4.$$

В работах [25, 35, 48] приведены расчетные формулы для определения оценки числа пунктов дислокации пожарных подразделений противопожарной службы в городах. Как показывает анализ, одним из важных параметров является средняя скорость следования пожарных подразделений на место пожара ($v_{ср.сл.}$, км/час). Практическое внедрение подхода рассмотрено в методических

рекомендациях [96] для расчетных областей нормативного обслуживания пожарных частей. Для оценки динамики времени прибытия пожарных подразделений проведем анализ скорости их следования в городе Улан-Баторе.

Чтобы определить среднюю скорость следования основных пожарных автомобилей города Улан-Батора, был принят случайный выбор данных за последние 3 года. Распределение выездов по скорости следования подразделений пожарной охраны в городе Улан-Баторе за период с 2016 по 2018 гг. представлено в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Распределение выездов по скорости следования подразделений пожарной охраны в городе Улан-Баторе за период с 2016 по 2018 гг.

№	Границы интервала скорости, км/ч		Число случаев, ед	Число случаев, %	Средняя скорость прибытия ($\bar{v}_{\text{приб.}}$), км/ч	Дисперсия (D)	Среднеквадратичное отклонение (σ), км/ч
	τ_i	τ_{i+1}					
1	0	10	19	7,4	33,58	248,203	15,7
2	10	20	32	12,5			
3	20	30	59	23,1			
4	30	40	52	20,4			
5	40	50	55	21,6			
6	50	60	29	11,4			
7	60	70	5	1,9			
8	70	∞	4	1,6			

Из таблицы 3.18 видим, что более 36,5% выездов по скорости следования ППО превышали 40 км/ч. При этом средняя скорость следования ППО в центральной части г. Улан-Батора равно:

$$\tau_{\text{ср.}\vartheta}^{2016-2018} = \frac{(19 \cdot 5 + 32 \cdot 15 + 59 \cdot 25 + 52 \cdot 35 + 55 \cdot 45 + 29 \cdot 55 + 5 \cdot 65 + 4 \cdot 75)}{19 + 32 + 59 + 52 + 55 + 29 + 5 + 4} = 33,58 \text{ км/ч.}$$

По результатам расчетов получаем следующие параметры оперативной обстановки:

- среднее время прибытия подразделений пожарной охраны к месту вызова составило 12,5 мин., а учитывая правило «трёх сигм» максимальное время прибытия могло доходить до 31,1 мин.;
- среднее времени занятости на месте вызова составило 89 мин.;
- средняя скорость следования ППО к месту вызова составила 33,58 км/час.

3.5. Определение необходимого числа и мест дислокации планируемых пожарных депо в центральной части города Улан-Батора

Анализ статистической информации оперативной деятельности пожарных подразделений в г. Улан-Баторе свидетельствует о том, что с увеличением времени прибытия подразделений пожарной охраны (ППО) увеличивается и пожарный риск. Поэтому система противопожарной защиты города, в состав которой входят оперативные подразделения пожарной охраны, должна быть нацелена, в первую очередь, на снижение пожарных рисков, посредством уменьшения времени прибытия ППО.

Время прибытия ППО, главным образом, зависит от количества и мест дислокации этих подразделений.

Расчет необходимого числа ППО для города Улан-Батора можно определить, опираясь на имеющиеся разработки [25, 26, 35, 48, 93, 116]. Основные показатели, необходимые для расчета количества ППО, представлены на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 – Основные показатели, необходимые для определения количества подразделений пожарной охраны в г. Улан-Баторе

Если известна территория города Улан-Батора и число пунктов дислокации $N_{\text{ПД}}$ в нем, найдем среднюю площадь $S_{\text{обслуж.}}$ обслуживания одним пожарным депо по формуле [35, 48]:

$$S_{\text{ср. обслуж}} = \frac{S_{\text{общ.}}}{N_{\text{ПД}} - N_{\text{ср. зан. подр.}}} = 2,6 \cdot R_{\text{обслуж.}}^2, \quad (3.21)$$

где $S_{\text{общ.}}$ – площадь территории города $S_{\text{общ.}}$, км²; $N_{\text{ср. зан. подр.}}$ – среднее число одновременно занятых ППО; $R_{\text{обслуж.}}$ – радиус обслуживания одного пожарного депо.

По формуле (3.21) найдем радиус обслуживания одного пожарного депо для города [35]:

$$R_{\text{обслуж.}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{S_{\text{общ}}}{N_{\text{пд}} - \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}}}, \quad (3.22)$$

где $\lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}$ – среднее число одновременно обслуживаемых вызовов.

С другой стороны

$$R_{\text{обслуж.}} = \frac{\vartheta_{\text{ср.сл.}} \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}}{K_H}, \quad (3.23)$$

где K_H – коэффициент непрямолинейности пути движения пожарных автомобилей к месту вызова, может принимать значения от 1 до $\sqrt{2}$; $\vartheta_{\text{ср.сл.}}$ – средняя скорость следования ПА по городу, км/ч; $\tau_{\text{ср.сл.}}$ – среднее время следования ПА к месту вызова, мин.

$$\tau_{\text{ср.сл.}} = \frac{0,6 \cdot K_H}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}} \sqrt{\frac{S_{\text{общ}}}{N_{\text{пд}} - \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}}}. \quad (3.24)$$

Тогда объединяя выражения (3.22) и (3.23), находим значение $\tau_{\text{ср.сл.}}$ [35, 48]:

Тогда из выражения в формуле (3.24) находим основную расчетную формулу для определения числа пожарных депо в городе подразделений ПО [35, 48]:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0,4 \cdot K_H^2 \cdot S_{\text{общ.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} + \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}. \quad (3.25)$$

Учитывая дислокацию только одного подразделения ПО, получим выражение более общего вида [35, 48]:

$$N_{\text{пд}} = \frac{\alpha \cdot K_H^2 \cdot S_{\text{общ.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} + \beta \cdot \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}, \quad (3.26)$$

где α , β – безразмерные эмпирические коэффициенты, учитывающие специфику конкретного города. В большинстве случаев значения α лежат в интервале от 0,3 до 0,5, а β – интервале от 1 до 1,5. На практике можно принимать усредненные значения $\alpha = 0,4$ и $\beta = 1,3$.

На практике второе слагаемое $\beta \cdot \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}$ имеет смысл учитывать только в самых крупных городах, где $\lambda \geq 1$, во всех остальных случаях значения $\lambda < 1$,

вторым слагаемым можно проигнорировать, и тогда для практического использования формула (3.25) имеет вид [35, 48]:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0,4 \cdot 1,4^2 \cdot S_{\text{общ.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} \approx \frac{0,29 \cdot S_{\text{общ.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} + \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}}, \quad (3.25)$$

где 1,4 – значения K_n можно принимать равным 1,4 [35, 48].

Основные параметры в городе Улан-Баторе следующие:

- численность населения в городе Улан-Баторе $Q=1380,7$ тыс. чел. (по состоянию на 1 января 2017 года);
- общая площадь территории города Улан-Батора $S_{\text{общ.}} = 4704,4$ км²;
- площадь застроенной части города Улан-Батора $S_{\text{застр.}} = 1071$ км² (в основном используется в расчетах города Улан-Батора);
- площадь застроенной в центре города Улан-Батора $S_{\text{застр.}} = 584$ км²;
- коэффициент непрямолинейности уличной сети $k_n = 1,4$, (для рассмотрения наихудшей обстановки в Улан-Баторе);
- среднее число вызовов пожарных подразделений в городе Улан-Баторе $\lambda_{\text{сред}}^{2016-2018} = 0,28$ выз./ч;
- среднее время занятости пожарных подразделений в городе Улан-Баторе $\bar{\tau}_{\text{ср.зан.}}^{2016-2018} \approx 1,5$ ч;
- среднее время следования первого пожарного подразделения ПО городе Улан-Баторе к месту вызова $\tau_{\text{ср.сл.}}^{2016-2018} = 12,5$ мин;
- средняя скорость следования основных пожарных автомобилей ППО в г. Улан-Баторе $V_{\text{ср.след.}}^{2016-2018} = 33,58$ км/ч = 0,56 км/мин.

По полученным результатам анализа деятельности ППО в городе Улан-Баторе, используя формулу (3.25) можно проверить адекватность расчетов:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0,4 \cdot 1,4^2 \cdot S_{\text{застр.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} \approx \frac{0,784 \cdot S_{\text{застр.}}}{\vartheta_{\text{ср.сл.}}^2 \cdot \tau_{\text{ср.сл.}}^2} + \lambda \cdot \tau_{\text{ср.зан.}} = \frac{0,784 \cdot 584}{0,56^2 \cdot 12,5^2} + 0,28 \cdot 1,5 = 9,76 \approx 10 \text{ ед.}$$

Как уже отмечалось в России существует нормативное время прибытия ППО для городов [22], составляющее до 10 мин. В настоящее время в Монголии такое время прибытия законодательно не закреплено. Учитывая это обстоятельство, и

социально-экономический уровень развития Монголии (смотри раздел 2), в настоящей работе ставится задача снижения среднего времени прибытия ППО до 9,5 минут. Тогда количество ППО для центральной части г. Улан-Батора должно составлять:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0,784 \cdot 584}{0,56^2 \cdot 9,5^2} + 0,28 \cdot 1,5 = 16,5 \approx 16 \text{ ед}^5.$$

Исходя из вышеизложенного, получим, что в настоящее время в городе Улан-Баторе целесообразно иметь 16 (в настоящее время число пожарных депо в г. Улан-Баторе равно 10, представлено на рисунке 3.12) пожарных депо.

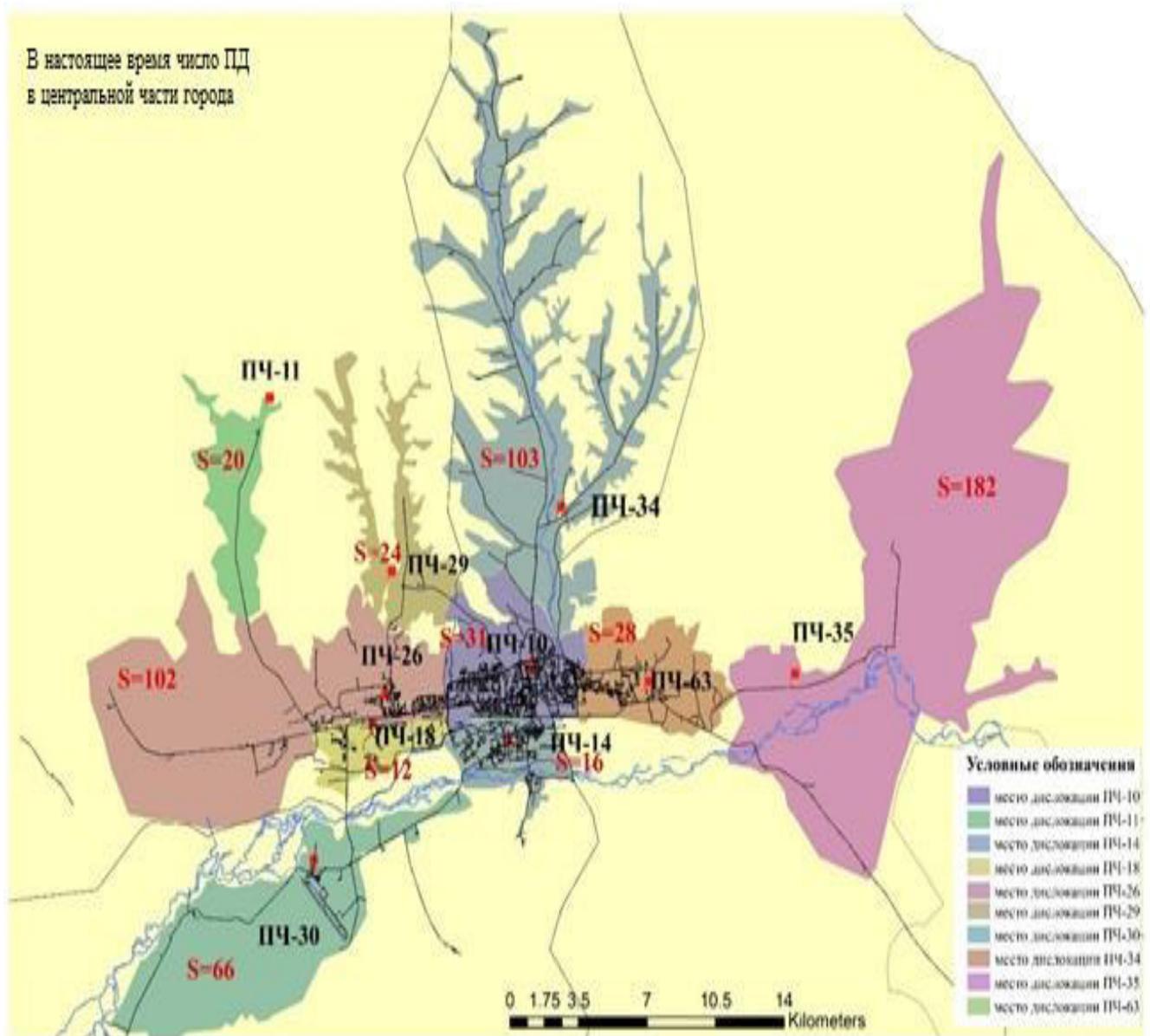


Рисунок 3.12 – Расположение пожарных депо в центральной части г. Улан-Батора

⁵ Примечание. Вывод о необходимом числе подразделений для центральной части г. Улан-Батора ($N_{\text{пд}} = 16$) подкрепляется экономическими соображениями, представленными в разделе 3.6.

Следовательно, для надежного прикрытия г. Улан-Батора от пожаров целесообразно иметь 6 дополнительных пожарных частей (ППО).

Для определения мест дислокации дополнительных ППО (пожарных частей) будем исходить из предположения о том, что пожарные риски (риск гибели, риск травматизма, риск материального ущерба) зависят от времени прибытия подразделений ПО.

Известно, что наибольшее влияние на время прибытия оказывает расстояние объекта пожара до пожарной части (ППО).

Выше отмеченное предположение правомерно, если учесть исследования работ [102, 103].

Ниже будут представлены зависимости: риска гибели в результате пожара от расстояния до пожарной части; риска травмирования людей в результате пожара от расстояния до пожарной части; риска материального ущерба в результате пожара от расстояния до пожарной части. Затем будет произведен расчет (перерасчет) интегрального социально-экономического показателя пожарного риска (ИСЭППР) с учетом введения дополнительных ППО в г. Улан-Баторе и оценена величина его возможного снижения.

3.6. Определение интегрального социально-экономического показателя пожарного риска с учетом предложений по реорганизации пожарной охраны центральной части города Улан-Батора

Согласно пожарной статистике [9-12, 16-18] пожары в городе Улан-Баторе приводят к гибели, травматизму людей и к колоссальному материальному ущербу. Можно предполагать, что чем меньше время прибытия пожарных подразделений на вызов, тем меньше социально-экономические последствия от пожаров, а следовательно, и меньше пожарные риски. В этом смысле можно снижать пожарные риски в зависимости от количества пожарных частей и их дислокации.

В подтверждение данного тезиса специалисты ВНИИПО МЧС России [103] провели анализ статистических данных по сельской местности Российской Федерации за период с 2011 по 2015 гг. и построили зависимость средних показателей гибели, травмирования и среднего материального ущерба от расстояния до места дислокации ближайшего пожарного депо [103].

В данном разделе по аналогии работы [103], проведен анализ статистических данных по городу Улан-Батору за период 2016-2018 гг. и построены зависимости показателей гибели, травматизма и материального ущерба от расстояния до места дислокации ближайшей пожарной части.

При этом были взяты реальные вызовы, зафиксированные в диспетчерских журналах за последние 3 года: за данный период ППО выезжали 7341 раз на тушение пожаров при плотности вызовов $\lambda=6,72$ вызовов/сутки. Результаты зафиксированных статистических данных представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Статистические данные по пожарам в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг. [105, 106, 107]

Год	Численность населения, млн. чел.	Число пожаров	Число погибших	Число травмированных	Прямой материальный ущерб, туг
2016	1,44	2474	23	18	3870900000
2017	1,46	2266	17	16	5600000000
2018	1,49	2601	38	33	4200000000
Среднее	1,46	2447	26	22,3	4556966667
Всего	4,39	7341	78	67	$1,3671 \cdot 10^{10}$

Результаты расчетов, позволяющие определить зависимость оценки пожарного риска в городе Улан-Баторе от изменения диапазона значений расстояний (l) приведены в таблицах 3.20-3.22 и на рисунках 3.13-3.15.

В таблице 3.20 приведены показатели величины интервала расстояния до ближайшей пожарной части и риска гибели людей $R_{2(r)}$ в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг.

Таблица 3.20 – Показатели риска гибели людей ($R_{2(r)}$) в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг. по интервалам расстояний от объектов до ближайшей пожарной части (Δl)

№ п/п	Величина интервала расстояния (Δl), км	Число погибших (жертв)	Число пожаров	$R_{2(r)}$, $\left[\frac{\text{жертв}}{\text{пожар}} \right]$.
1	[0-2]	8	1023	0,0078
2	(2-4]	12	1478	0,0081
3	(4-6]	13	1456	0,0089
4	(6-8]	13	1236	0,0105
5	(8-10]	10	789	0,0127
6	(10-12]	9	652	0,0138
7	(12-14]	5	317	0,0158
8	(14-16]	4	247	0,0162
9	(16-18)	4	143	0,0280

При этих значениях данная зависимость описывается функцией следующего вида:

$$R_{\Gamma}^{\text{appr}} = 0,0003 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 0,0013 \cdot l_{\text{сред}} + 0,0095, \quad (3.27)$$

где $l_{\text{сред}}$ – среднее расстояний от объектов до ближайшей пожарной части ($l_{\text{сред}}=x, R_{\Gamma}^{\text{appr}} = y$), км.

Аппроксимирующая функция представлена на рисунке 3.13.

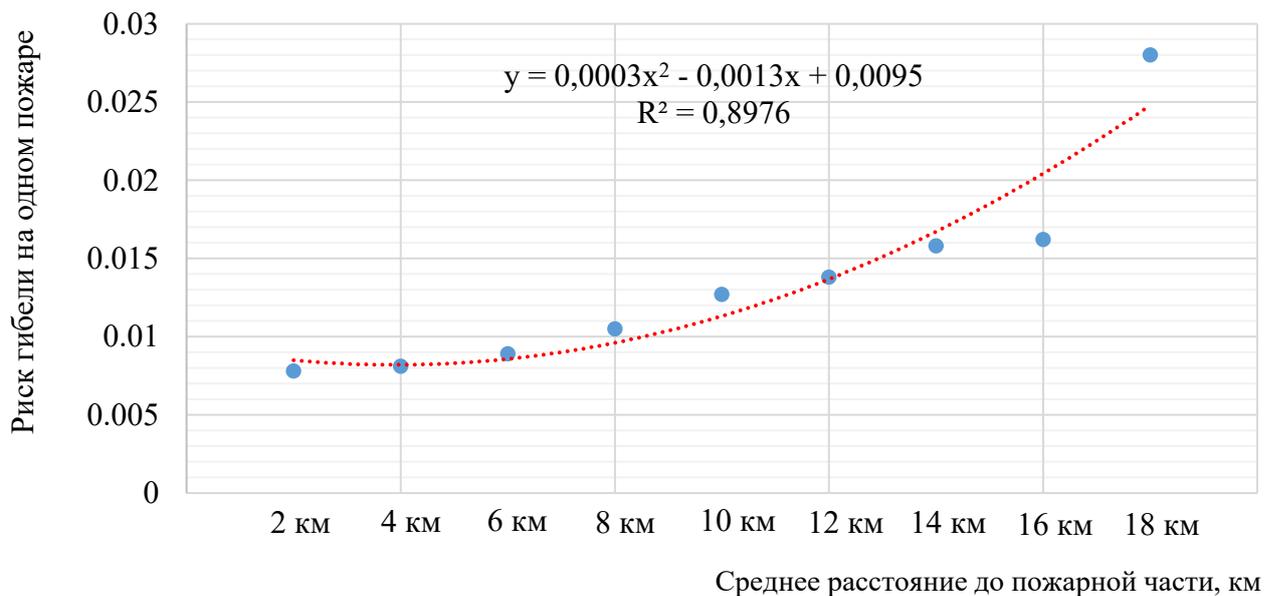


Рисунок 3.13 – Зависимость риска гибели в результате пожара от расстояния до пожарной части (за период 2016-2018 гг.)

В таблице 3.21 приведены показатели величины интервала расстояния до ближайшей пожарной части и риска травматизма людей R_T в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг.

Таблица 3.21 – Показатели величины интервала риска травматизма в г. Улан-Баторе за период 2016-2018 гг.

№ п/п	Величина интервала расстояния (Δl), км.	Число травмированных	Число пожаров	R_T , [$\frac{\text{травм}}{\text{пожар}}$].
1	[0-2]	5	1023	0,0048
2	(2-4]	8	1478	0,0054
3	(4-6]	9	1456	0,0061
4	(6-8]	13	1236	0,0105
5	(8-10]	9	789	0,0114
6	(10-12]	8	652	0,0122
7	(12-14]	5	317	0,0157
8	(14-16]	6	247	0,0242
9	(16-18)	4	143	0,0279

Зависимость описывается функцией:

$$R_T^{\text{апр}} = 0,0004 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 0,0008 \cdot l_{\text{сред}} + 0,0056, \quad (3.28)$$

где $l_{\text{сред}}$ – среднее расстояний от объектов до ближайшей пожарной части ($l_{\text{сред}}=x, R_T^{\text{апр}} = y$), км.

Аппроксимирующая функция представлена на рисунке 3.14.

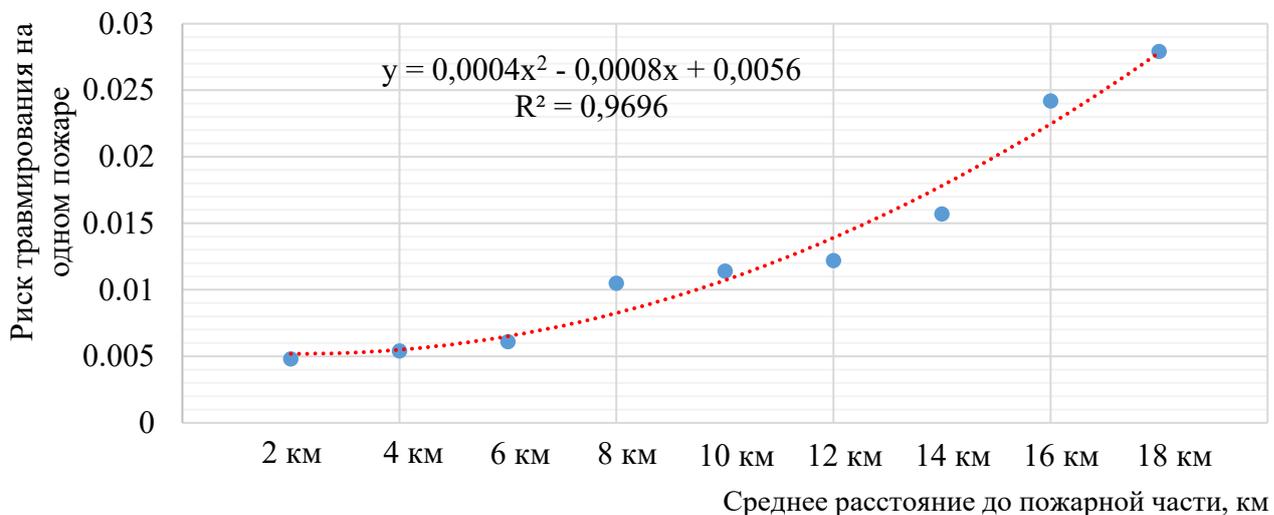


Рисунок 3.14 – Зависимость риска травмирования людей в результате пожара от расстояния до пожарной части (за период 2016-2018 гг.)

В таблице 3.22 приведены показатели величины интервала расстояния до ближайшей пожарной части и риска среднего материального ущерба людей $R_{5(y)}$ в городе Улан-Баторе за период 2016-2018 гг.

Таблица 3.22 – Показатели величины интервала риска среднего материального ущерба в г. Улан-Баторе за период 2016-2018 гг.

№ п/п	Величина интервала расстояния (Δl), км	Прямой материальный ущерб, туг	Число пожаров, ед.	$R_{5(y)}$, [$\frac{\text{туг}}{\text{пожар}}$]
1	[0-2]	1075451000	1023	1051271,75
2	(2-4]	1856478900	1478	1256075,034
3	(4-6]	2015470000	1456	1384251,374
4	(6-8]	2269552000	1236	1836207,12
5	(8-10]	1754146000	789	2223252,218
6	(10-12]	2146214100	652	3291739,417
7	(12-14]	812854000	317	2564208,202
8	(14-16]	876954000	247	3550421,053
9	(16-18)	862962000	143	6034699,301

Зависимость описывается функцией:

$$R_y^{\text{апр}} = 74486 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 234321 \cdot l_{\text{сред}} + 1 \cdot 10^6, \quad (3.29)$$

где $l_{\text{сред}}$ – среднее расстояний от объектов до ближайшей пожарной части ($l_{\text{сред}}=x, R_y^{\text{апр}} = y$), км.

Аппроксимирующая функция представлена на рисунке 3.15.

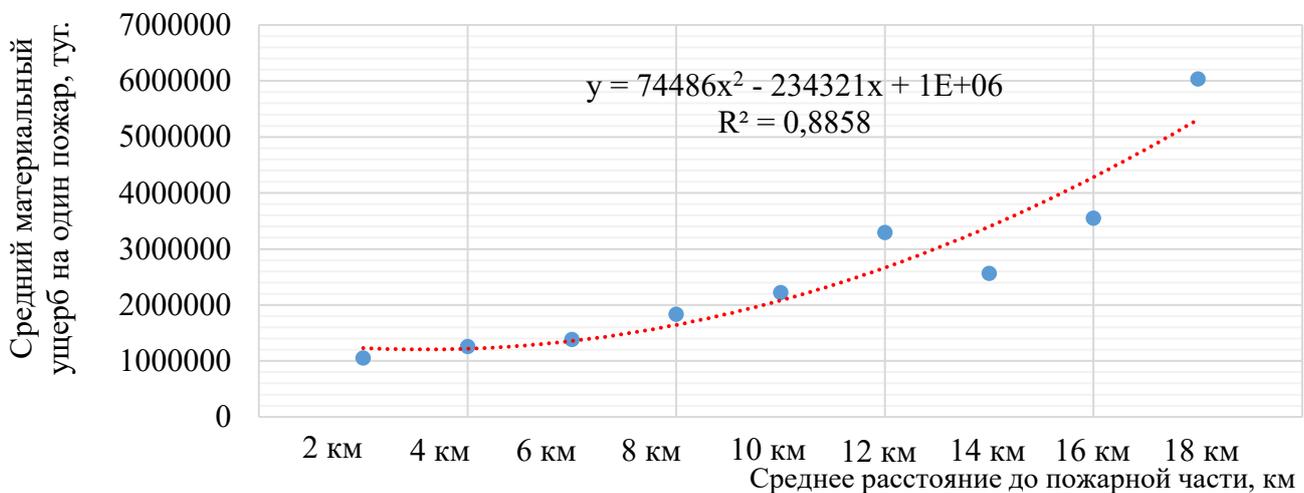


Рисунок 3.15 – Зависимость среднего материального ущерба в результате пожара от расстояния до пожарной части (за период 2016-2018 гг.)

Из полученных зависимостей следует, что исследуемые пожарные риски (гибели – рисунок 3.13, травмирования – рисунок 3.14 и материального ущерба – рисунок 3.15) имеют тенденцию роста с увеличением расстояний от объектов пожара до ближайшей пожарной части.

Исходя из этого места дислокации дополнительных пожарных подразделений выбирались с тем расчетом, чтобы уменьшить расстояния от объектов пожара до ближайшей пожарной части. Такими местами оказались районы, находящиеся на окраинах г. Улан-Батора. А именно: Баянзурхский муниципальный округ (максимальное расстояние более 22 км, дополнительно ПЧ-1), Сухе-Баторский муниципальный округ (более 19,5 км, дополнительно ПЧ-2), Хан-Уулский муниципальный округ (более 15 км, дополнительно ПЧ-3), Сонгинохайрханский муниципальный округ (более 51 км, дополнительно ПЧ-4), Сонгинохайрханский муниципальный округ (более 8 км дополнительно ПЧ-5), Баянзурхский муниципальный округ (максимальное расстояние более 12 км, дополнительно ПЧ-6). Количество и места дислокации дополнительных и существующих подразделений пожарной охраны (ПЧ) представлены на рисунке 3.16.

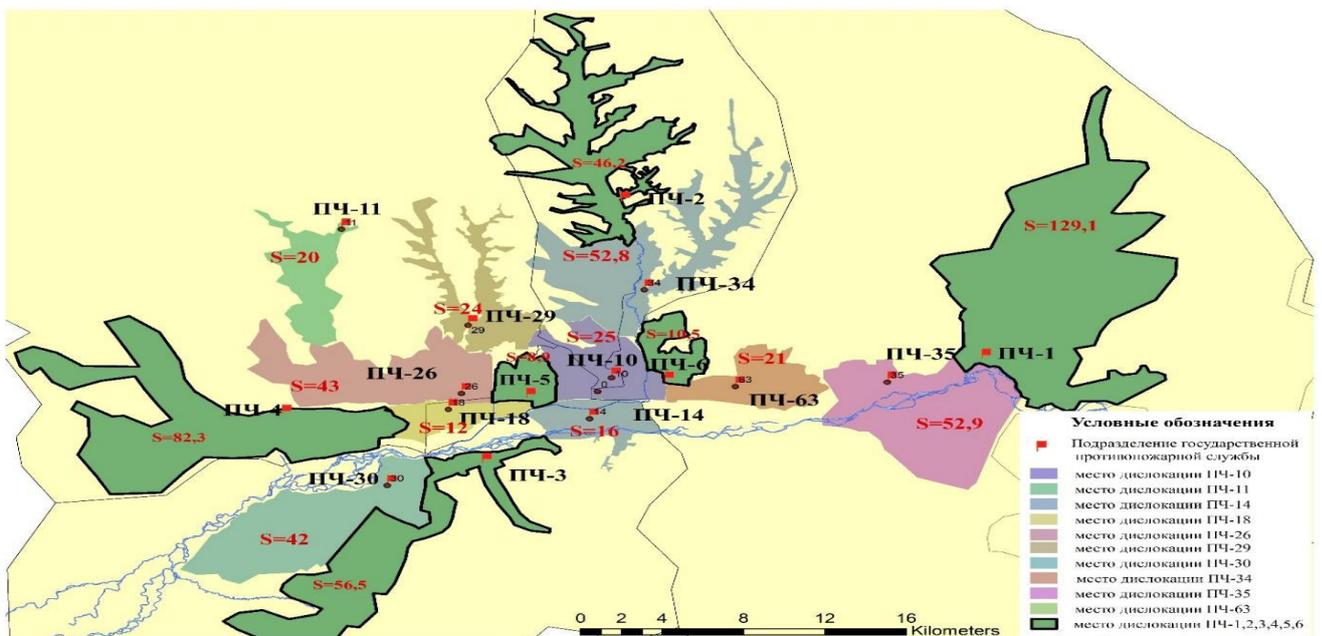


Рисунок 3.16 – Количество и места дислокации существующих⁶ и дополнительных⁷ подразделений пожарной охраны г. Улан-Батора

⁶ ПЧ-10,11,14,18,26,29,30,34,35,63 – номера существующих пожарных частей

⁷ ПЧ-1,2,3,4,5,6 – номера дополнительных пожарных частей

Для оценки снижения пожарных рисков необходимо определить сокращение (уменьшение) средней суммарной величины расстояний от объектов пожара (защиты) до ближайших пожарных подразделений (частей).

Для решения этой задачи проведем расчеты по следующим шести шагам.

Первый шаг: определение среднего суммарного расстояния от i -й пожарной части до объектов, j -го района города, км;

$$L_{\text{район}j}^{\text{ПЧ}i} = \left(N_{n,j} \cdot \left(\frac{l_{\text{max},j} + l_{\text{min},j}}{2} \right) \right) \cdot K_H, \quad (3.30)$$

где $L_{\text{район}i}^{\text{ПЧ}i}$ – среднее суммарное расстояние от i -й пожарной части до объектов, j -го района города, км; $N_{n,j}$ – количество объектов в j -м районе города; $l_{\text{max},j}$ – максимальное расстояние от пожарной части до объекта j -го района города, км; $l_{\text{min},j}$ – минимальное расстояние от пожарной части до объекта j -го района города, км; K_H – коэффициент, учитывающий непредвиденность изменения пути следования (ремонтные работы дорог и прочее), безразмерный, может принимать значения от 1 до 1,4 [35].

Второй шаг: определение суммарной величины средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов, j -х районов города, км;

$$\sum L_{\text{район}n}^{\text{ПЧ}i} = L_{\text{район}1}^{\text{ПЧ}i} + L_{\text{район}2}^{\text{ПЧ}i} + \dots + L_{\text{район}n}^{\text{ПЧ}i}, \quad (3.31)$$

где $\sum L_{\text{район}n}^{\text{ПЧ}i}$ – суммарная величина средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов, j -х районов города, км.

Третий шаг: определение общего количества объектов в j -х районах, обслуживаемых i -й пожарной частью;

$$\sum N_i = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad (3.32)$$

где $\sum N_i$ – общего количества объектов в j -х районах, обслуживаемых i -й пожарной частью ед.

Четвертый шаг: определение средней суммарной величины средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов j -х районов города в расчете на один объект до введения дополнительных пожарных частей, км;

$$L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i} = \frac{\sum L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_1} + \sum L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_2} + \dots + \sum L_{\text{район}_n}^{\text{ПЧ}_n}}{\sum N_i}; \quad (3.33)$$

где $L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i}$ – средняя суммарная величина средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов, j -х районов города в расчете на один объект до введения дополнительных пожарных частей, км.

Пятый шаг: определение средней суммарной величины средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов j -х районов города в расчете на один объект после введения дополнительных пожарных частей, км;

$$L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i} = \frac{\sum L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_1} + \sum L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_2} + \dots + \sum L_{\text{район}_n}^{\text{ПЧ}_n}}{\sum N_i}; \quad (3.34)$$

где $L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i}$ – средняя суммарная величина средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов j -х районов города в расчете на один объект после введения дополнительных пожарных частей, км.

Шестой шаг: определение сокращения (уменьшения) средней суммарной величины средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов j -х районов города в расчете на один объект после введения дополнительных пожарных частей, км;

$$\Delta L = L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i} - L_{\text{район}_j}^{\text{ПЧ}_i}; \quad (3.35)$$

где ΔL – сокращение (уменьшения) средней суммарной величины средних суммарных расстояний от i -й пожарной части до объектов j -х районов города в расчете на один объект после введения дополнительных пожарных частей, км.

С использованием геоинформационной программы ArcGIS10.5 и проведенными расчетами установлено, что значение сокращения расстояния ΔL составило 1,6 км (7,3 – 5,7 км). С расчетом средней скорости пожарных автомобилей в городе Улан-Батор (33,58 км/ч) среднее время прибытия к месту вызова также сократится примерно на 2,86 \approx 3,0 мин.

Используя аппроксимирующие функции (3.27–3.29) рисков гибели, травматизма и прямого материального ущерба от расстояний места пожара до пожарной части, были вычислены аппроксимирующие функции (формулы 3.36 -

3.38) количества погибших ($N_{\Gamma}^{\text{апр}}$), травмированных ($N_{\text{T}}^{\text{апр}}$) и материального ущерба ($N_{\text{У}}^{\text{апр}}$) от пожара с учетом среднегодового числа пожаров ($N_{\text{УБ}}^{\text{пож}}$) г. Улан-Батор, которые имеют вид:

$$N_{\Gamma}^{\text{апр}} = N_{\text{УБ}}^{\text{пож}} \cdot (0,0003 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 0,0013 \cdot l_{\text{сред}} + 0,0095) \left[\frac{\text{жертва}}{\text{год}} \right]; \quad (3.36)$$

$$N_{\text{T}}^{\text{апр}} = N_{\text{УБ}}^{\text{пож}} \cdot (0,0004 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 0,0008 \cdot l_{\text{сред}} + 0,0057) \left[\frac{\text{травм}}{\text{год}} \right]; \quad (3.37)$$

$$N_{\text{У}}^{\text{апр}} = N_{\text{УБ}}^{\text{пож}} \cdot (75012 \cdot l_{\text{сред}}^2 - 309415 \cdot l_{\text{сред}} + 2 \cdot 10^6) \left[\frac{\text{туг.}}{\text{год}} \right]. \quad (3.38)$$

Согласно статистическим данным в городе Улан-Баторе за период с 2016 по 2018 гг. ежегодно в среднем отмечено 2447 выездов на пожары. При сокращении среднего расстояния от депо до места пожара до 5,7 км, используя зависимости (3.36)–(3.38), имеем следующие расчетные значения аппроксимирующих функций:

$$\begin{aligned} N_{\Gamma}^{\text{апр}} &= 2447 \cdot (0,0003 \cdot 5,7^2 - 0,0013 \cdot 5,7 + 0,0095) = & (3.36) \\ &= 2447 \cdot 0,011 = 26,9 \left[\frac{\text{жертва}}{\text{год}} \right]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{T}}^{\text{апр}} &= 2447 \cdot (0,0004 \cdot 5,7^2 - 0,0008 \cdot 5,7 + 0,0057) = & (3.37) \\ &= 2447 \cdot 0,01 = 24,47 \left[\frac{\text{травм}}{\text{год}} \right]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{У}}^{\text{апр}} &= 2447 \cdot (74486 \cdot 5,7^2 - 234321 \cdot 5,7 + 1 \cdot 10^6) = & (3.38) \\ &= 2447 \cdot 2\,084\,420,4 = 5\,100\,576\,817 \left[\frac{\text{туг.}}{\text{год}} \right]. \end{aligned}$$

Повторный расчет интегрального социально-экономического показателя пожарного риска вычисляем по аналогии с расчетами, проведенными в разделе 2 следующим образом:

- определяются частные пожарные риски, используя выражения (2.7)–(2.9)

$$R_{\Gamma}(\text{УБ}) = \frac{N_{\text{погибших}}}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{26,9}{1421017} = 1,89 \approx 1,9 \left[\frac{\text{жертва}}{10^5 \text{ чел.}\cdot\text{год}} \right];$$

$$R_{\text{T}}(\text{УБ}) = \frac{N_{\text{травм}}}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{24,47}{1421017} = 1,7 \left[\frac{\text{травм}}{10^5 \text{ чел.}\cdot\text{год}} \right];$$

$$R_{\text{У}}(\text{УБ}) = \frac{C}{Q_{\text{насел.}}} = \frac{5\,100\,576\,817}{1421017} = 3,58 \left[\frac{10^3 \cdot \text{туг.}}{\text{чел.}\cdot\text{год}} \right].$$

- производится стандартизация частных пожарных рисков по формуле (2.10)

$$R_{Г}^*(УБ) = \frac{R_{Г(УБ)} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}} = \frac{1,9 - 0}{3,65 - 0} = 0,52;$$

$$R_{Т}^*(УБ) = \frac{R_{Т(УБ)} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}} = \frac{1,7 - 0}{3,13 - 0} = 0,54;$$

$$R_{У}^*(УБ) = \frac{R_{У(УБ)} - R_{i \min}}{R_{i \max} - R_{i \min}} = \frac{3,6 - 0,35}{7,54 - 0,35} = 0,45.$$

- осуществляется интеграция отдельных частных стандартизированных рисков по формуле (2.12):

$$R_{сэ} (УБ) = R_{Г}^*(УБ) \cdot k_1 + R_{Т}^*(УБ) \cdot k_2 + R_{У}^*(УБ) \cdot k_3 = 0,52 \cdot 0,5 + 0,54 \cdot 0,33 + 0,45 \cdot 0,17 = 0,514.$$

Полученные результаты расчетов представлены в виде таблицы 3.23.

Таблица 3.23 – Расчетные значения интегрального социально-экономического показателя пожарного риска при внедрении дополнительных подразделений

№	Аймаки	Население, чел.	$R_{Г}$	$R_{Т}$	$R_{У}$	$R_{Г}^*$	$R_{Т}^*$	$R_{У}^*$	$R_{сэ}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	г. Улан-Батор	1 421 017	1,9	1,7	3,6	0,52	0,54	0,45	0,514
2	Архангай	92 627	0,54	0,18	2,80	0,15	0,06	0,34	0,151
3	Баян-Улгий	99 277	0,50	0,00	0,35	0,14	0,00	0,00	0,069
4	Баянхонгор	84 195	1,78	0,79	1,90	0,49	0,25	0,22	0,364
5	Булган	59 856	1,67	1,95	5,13	0,46	0,62	0,66	0,547
6	Говь-Алтай	56 469	0,59	0,00	2,02	0,16	0,00	0,23	0,120
7	Говьсумбэр	16 581	2,01	1,01	5,21	0,55	0,32	0,68	0,496
8	Дархан-Уул	101 955	2,94	0,65	2,44	0,81	0,21	0,29	0,521
9	Дорноговь	65 919	2,28	0,76	3,58	0,62	0,24	0,45	0,468
10	Дорнод	76 868	1,95	0,22	1,85	0,53	0,07	0,21	0,326
11	Дундговь	43 882	3,04	1,52	2,67	0,83	0,49	0,32	0,631
12	Завхан	69 849	0,72	0,24	3,00	0,20	0,08	0,37	0,186
13	Орхон	100 145	1,33	0,17	1,56	0,36	0,05	0,17	0,229
14	Увурхангай	112 056	1,34	0,45	1,85	0,37	0,14	0,21	0,266
15	Умнуговь	63 974	1,82	2,87	3,52	0,50	0,92	0,44	0,627
16	Сухбаатар	58 811	0,00	0,57	3,01	0,00	0,18	0,37	0,123
17	Сэлэнгэ	107 369	1,55	0,93	3,04	0,43	0,30	0,37	0,375

Продолжение таблицы 3.23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Тув	91 298	3,65	2,74	4,17	1,00	0,87	0,53	0,879
19	Увс	79 800	1,46	3,13	5,46	0,40	1,00	0,71	0,651
20	Ховд	83 862	1,59	0,20	1,70	0,44	0,06	0,19	0,271
21	Хувсгул	127 965	1,82	1,56	7,54	0,50	0,50	1,00	0,585
22	Хэнтий	72 947	1,60	0,46	4,54	0,44	0,15	0,58	0,366
23	Мах	1 406 945	3,65	3,13	7,54	1,00	1,00	1,00	0,880
24	Min	16 338	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,070

Используя полученные данные, были повторно определены уровни пожарной опасности административно-территориальных единиц Монголии.

Полученные результаты представлены на рисунке 3.17.

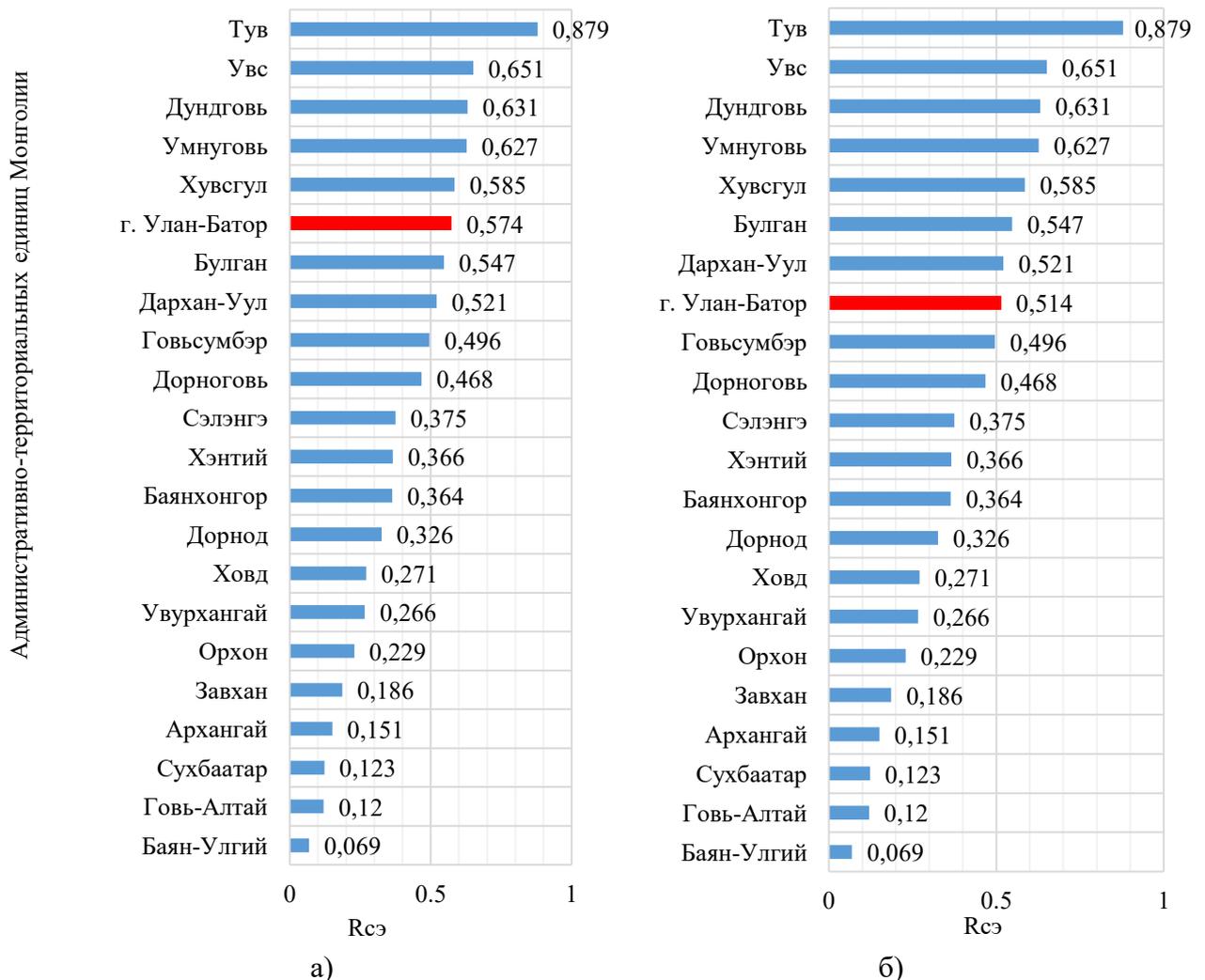


Рисунок 3.17 – Распределение административно-территориальных единиц Монголии по пожарной опасности на основе расчётов ИСЭППР: а) до реорганизации ППО центральной части г. Улан-Батора; б) после реорганизации ППО центральной части г. Улан-Батора

В результате реорганизации и повторной оценки уровней пожарной опасности административно-территориальной единицы Монголии было выявлено, что уровень пожарной опасности снизился на две позиции, а значение ИСЭППР в г. Улан-Баторе сократилось на 10,4 %. При этом отметим, что риск гибели людей уменьшился с 2,04 до 1,90 $\left[\frac{\text{жерт}}{10^5 \cdot \text{чел.год}} \right]$, что соответствует среднегодовому сокращению погибших по г. Улан-Батору на 2,1 чел./год (29-26,9=2,1 - таблица 2.7 и выражение 3.36). Риск травматизма уменьшился с 1,83 до 1,7 $\left[\frac{\text{травм}}{10^5 \text{ чел.год}} \right]$, что соответствует среднегодовому сокращению травмированных по г. Улан-Батору на 1,5 чел./год (26-24,47=1,5 - таблица 2.7 и выражение 3.37). Риск материального ущерба снизился с 3,71 до 3,58 $\left[\frac{10^3 \cdot \text{туг.}}{\text{чел.год}} \right]$, что соответствует среднегодовому сокращению ущерба по г. Улан-Батору на 165294364 тугриков или 4153124,7 руб. (5265871181-5100576817=165294364 туг. или 165294364/39,8=4153124,7 руб. - таблица 2.7 и выражение 3.38)

Для обоснования целесообразности принятых решений была проведена экономическая оценка создания добровольных пожарных команд (ДПК) – пожарных частей на территории центральной части города Улан-Батора.

Капитальные вложения на создание отдельной ДПК (пожарной части) составят [121]:

$$K_{\text{ДПК}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{АЦ}} \quad (3.39)$$

$$K_{\text{ДПК}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{АЦ}} = 17500 \cdot 10^3 + 3860 \cdot 10^3 = 21360 \text{ тыс.руб.}$$

где: $K_{\text{зд}}$ - капитальные вложения на строительство здания добровольной пожарной команды на один выезд для ДПК – 17500 тыс. руб.; $K_{\text{АЦ}}$ - капитальное вложение на приобретение одной пожарной автоцистерны и пожарного оборудования – 3860 тыс. руб. [122].

Ориентировочная величина зарплаты на содержание одного ДПК:

начальник ДПК – 30 тыс. руб./ мес.;

начальник караула ДПК – 4·28=112 тыс. руб./мес.;

водители (четырёх смен) – 4·25=100 тыс. руб./мес.

С учетом страховых взносов (12%) получили следующие годовые расходы по заработной плате личному составу ДПК:

$$K_{\text{зарп}} = (30 + 112 + 100) \cdot 1,12 \cdot 12 = 3252,48 \left[\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{мес.}} \right].$$

Расходы на содержание пожарного депо и пожарного автомобиля – $K_{\text{текущ}} = 190,75$ тыс. руб./год. В том числе:

- ориентировочные расходы на коммунальные услуги – 35 тыс. руб./год;
- услуги связи – 31,5 тыс. руб./год;
- расходы на топливо 30 тыс. руб./год (не более 700 л);
- стоимость страховки ответственности водителя – 4,25 тыс. руб./год;
- среднегодовые расходы на ремонт и технический осмотр – 90 тыс. руб./год.

Таким образом, ожидаемые текущие расходы ($C_{\text{ДПК}}$) на одну ДПК составят:

$$C_{\text{ДПК}} = K_{\text{зарп}} + K_{\text{текущ}} = 3252,48 + 190,75 = 3443,23 \text{ тыс.руб.}$$

Прежде чем рассчитывать ожидаемое сокращение интегрального ущерба, нам необходимо определить ущерб от гибели одного человека и от травмирования одного человека.

В результате исследования [123, 124, 125] установлено, что экономический эквивалент стоимости человеческой жизни можно вычислить по следующей формуле:

$$\mathcal{E}(T_{\text{ж}}) = \frac{D_{\text{с2}}}{P_{\text{y}}}, \quad (3.40)$$

где $\mathcal{E}(T_{\text{ж}})$ – экономический эквивалент жизни среднестатистического человека в среднем возрасте $T_{\text{ж}}$; $D_{\text{с2}}$ – среднедушевой располагаемый денежный годовой доход, руб; P_{y} – общий коэффициент смертности в Монголии.

Таким образом, становится возможным определить экономический эквивалент человеческой жизни.

$$\mathcal{E}(T_{\text{ж}}) = \frac{2760000}{0,0056} = 492857142,9 \text{ туг.} \left(\frac{492857142,9 \text{ туг}}{39,8^8} = 12383345,3 \text{ руб.} \right)$$

⁸ 1 руб. = 39,8 туг (18.01.2019)

где 2 760 000 туг. – среднедушевой располагаемый денежный годовой доход Монголии за период 2016-2018 году [126]; 0,0056 – общий коэффициент смертности Монголии за период 2016-2018 году [127].

Экономический эквивалент стоимости жизни ребенка в возрасте одного года, исчисляемый по формуле:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}(T_{\text{ж}})}{\exp\left[-\left(\frac{T_{\text{ж}}-C}{a}\right)^b\right]}, \quad (3.41)$$

где $T_{\text{ж}}$ – средний возраст живущих людей Монголии в 2017 году (42,03 лет) [129], который аппроксимирован распределением Вейбулла - Гнеденко с параметрами: a -масштаба (40,38); b – формы (1,40); C – гамма функции (0) [125].

Таким образом, определим экономический эквивалент жизни новорожденного:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{12383345,3 \text{ руб.}}{\exp\left[-\left(\frac{42,03-0}{40,38}\right)^{1,40}\right]} = 36421603,82 \text{ руб.} \approx 36421603,82 \cdot 39,8 = 1\,449\,579\,832 \text{ туг.}$$

Экономический эквивалент жизни новорожденного с учетом его предполагаемого вклада в экономику Монголии, который может быть осуществлен в будущих периодах, составляет около 36,42 млн. рублей.

При определении необходимого показателя был применен показатель, учитывающий средний возраст жертв пожаров [135]. В соответствии с официальными статистическими сведениями, средний возраст людей, погибших при пожарах, произошедших Монголии за период с 2016 по 2018 годы, составил 33 года [10, 11, 12].

Таким образом, сумма социально-экономического ущерба для экономики страны, в случае гибели при пожаре одного среднестатистического человека будет определяться по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{гиб}}(t_{\text{ж}}) = \mathcal{E}_0 \cdot \exp\left[-\left(\frac{t_{\text{ж}}-C}{a}\right)^b\right], \quad (3.42)$$

где $\mathcal{E}_{\text{гиб}}(t_{\text{ж}})$ – экономический ущерб для экономики Монголии от гибели одного среднестатистического человека, с учетом среднего возраста погибших людей при

пожарах, руб.; $t_{ж}$ – средний возраст людей, погибших при пожарах (33 лет) [10, 11, 12].

Используя полученные значения, рассчитаем экономический эквивалент жизни среднестатистического человека, погибшего при пожаре:

$$\varepsilon_{гиб}(t_{ж}) = 36421603,82 \cdot \exp \left[- \left(\frac{33-0}{40,38} \right)^{1,40} \right] = 17118153,8 \text{ руб. (681302521 туг.)}$$

Следовательно, расчетное значение суммы социально-экономического ущерба для экономики Монголии от гибели при пожаре одного среднестатистического человека за период с 2016 по 2018 годы составило 17,1 млн. рублей.

Ожидаемое сокращение интегрального ущерба (сокращение прямого ущерба, гибели людей, травмированных людей) [128] определяем как:

$$\Delta U = \Delta U_{г} + \Delta U_{т} + \Delta U_{пр}; \quad (3.43)$$

где $\Delta U_{г}$ – ожидаемое сокращение ущерба от гибели людей, руб./год; $\Delta U_{т}$ – ожидаемое сокращение ущерба от травматизма людей, руб./год; $\Delta U_{пр}$ – ожидаемое сокращение прямого ущерба, руб./год.

Ожидаемое сокращение ущерба от гибели людей определим как:

$$\Delta U_{г} = \Delta N_{г} \cdot \varepsilon_{гиб}(t_{ж}) \left[\frac{\text{тыс. руб.}}{\text{год}} \right], \quad (3.44)$$

где $\Delta N_{г}$ – ожидаемое сокращение числа погибших за год, чел. ($\Delta N_{г} = 2,1$); $U_{г}$ – ущерб от гибели одного человека, руб.

$$\Delta U_{г} = 2,1 \cdot 17118153,8 = 35948122,97 \text{ руб.}$$

Ожидаемое сокращение ущерба от травматизма людей определяем по выражению:

$$\Delta U_{т} = \Delta N_{т} \cdot U_{т} \left[\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{год}} \right], \quad (3.45)$$

где $\Delta N_{т}$ – ожидаемое сокращение числа травмированных за год, чел. ($\Delta N_{т} = 1,5$); $U_{т}$ – ущерб от травмирования одного человека, руб. ($U_{т} = 820\,000 \left[\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{трав.}} \right]$ [128, 134]).

$$\Delta U_T = 1,5 \cdot 820\,000 = 1\,230\,000 \text{ руб.}$$

Ожидаемое сокращение прямого ущерба будем определять по выражению:

$$\Delta U_{\text{пр}} = N_y^{\text{до}} - N_y^{\text{после}} \left[\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{год}} \right], \quad (3.46)$$

где $N_y^{\text{до}}$ – прямой материального ущерба до реорганизации, руб; $N_y^{\text{после}}$ – прямой материального ущерба после реорганизации, руб.

$$\Delta U_{\text{пр}} = 5265871181 - 5100576817 = \frac{165294364 \text{ туг.}}{39,8} = 4153124,7 \left[\frac{\text{руб.}}{\text{год}} \right], \quad (3.46)$$

где $N_y^{\text{до}} = \frac{5265871181 \text{ туг.}}{39,8^*} = 132308321 \text{ руб.}$ (таблица 2.7), $N_y^{\text{после}} = \frac{5100576817 \text{ туг.}}{39,8^*} = 128\,155\,196,4 \text{ руб}$ (выражение 3.38).

Примечания: 39,8 тугриков = 1 руб. (01.01.2018 г.)

Следовательно, ожидаемое сокращение интегрального ущерба (сокращение прямого ущерба, от гибели и травматизма людей) составит по формуле (3.43):

$$\Delta U = 35\,948\,122,97 + 1\,230\,000 + 4\,153\,124,7 = 41\,331\,247,67 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект ($\Delta \Gamma$) от дополнительного введения шести пожарных частей (ДПК) определим по выражению [131]:

$$\Delta \Gamma = \Delta U - (K_{\text{ДПП}} \cdot E_n + C_{\text{ДПП}}) \cdot n_{\text{депо}}, \quad (3.47)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, 1/год; $n_{\text{депо}}$ – количество депо, необходимое для реорганизации СОПБ центральной части Улан-Батора ($n_{\text{депо}} = 6$).

Тогда:

$$\Delta \Gamma = 41\,331\,247,67 - (21360000 \cdot 0,12 + 3443230) \cdot 6 = 5\,292\,667,67 \left[\frac{\text{руб.}}{\text{год}} \right].$$

Результаты проведенного расчета показали, что предложения по реорганизации ППО в городе Улан-Баторе снижают интегральный социально-экономический показатель пожарного риска на 10,4%, тем самым повышая уровень пожарной безопасности г. Улан-Батора. При этом такой социально-экономический результат должен сочетаться с положительной экономической эффективностью.

Схема анализа экономической целесообразности внедрения дополнительных

пожарных частей в количестве 6 единиц (6 депо) представлена на рисунке 3.18. На рисунке 3.18 показано, что ИСЭППР при существующем количестве пожарных депо (10 депо) $R_{сэ}^{10} = 0,574$, а при дополнительном внедрении 6 депо $R_{сэ}^{16} = 0,514$.

Внедрение 7 депо, хотя и приводит к некоторому снижению ИСЭППР ($R_{сэ}^{17} = X < R_{сэ}^{16} = 0,514$), но приводит и к отрицательному экономическому эффекту в размере $713762,33 \left[\frac{\text{руб.}}{\text{год}} \right]$ (выражение 3.47), что свидетельствует о нецелесообразности такого решения. То есть дальнейшее увеличение количества депо (более 6) приводит к отрицательным результатам с экономической точки зрения. Следовательно, предлагается для центральной части г Улан-Батора 16 пожарных подразделений (пожарных частей).

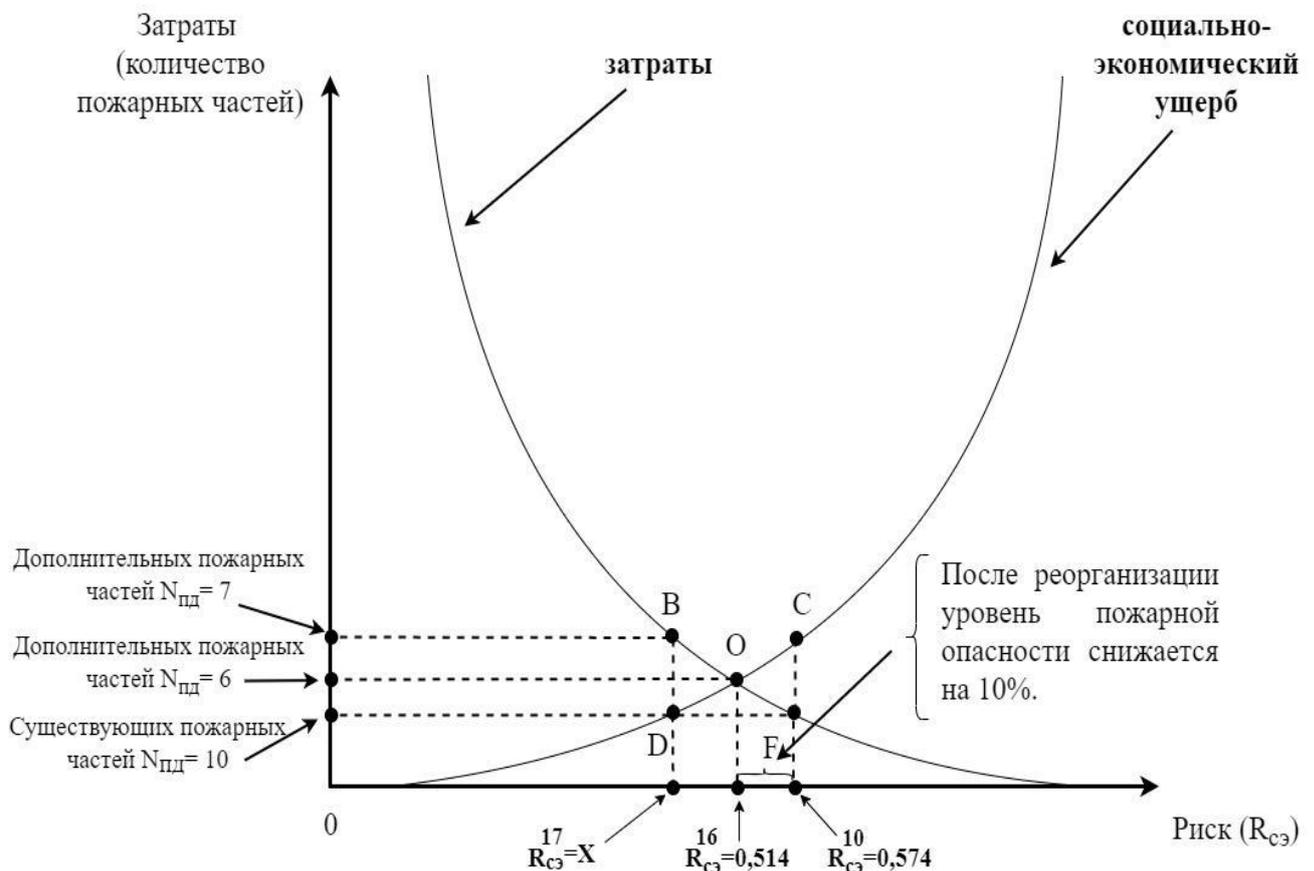


Рисунок 3.18 – Схема анализа экономической целесообразности внедрения дополнительных пожарных частей в городе Улан-Баторе

Согласно выражению (3.47) годовой экономический эффект при создании дополнительно 7 пожарных частей составит:

$$\mathcal{E}_r = 41\,331\,247,67 - (21360000 \cdot 0,12 + 3443230) \cdot 7 = -713\,762,33 \left[\frac{\text{руб.}}{\text{год}} \right]. \quad (3.47)$$

Выводы по главе 3

Результаты статистического исследования и моделирования вероятностного распределения числа вызовов пожарной охраны центральной части города Улан-Батора показали, что в целом поток вызовов является стационарным.

Проведена и подтверждена адекватность использования моделей распределений Эрланга и Пуассона для описания возникновения деструктивных событий и временных характеристик пожарных подразделений на исследуемых территориях. Определено дополнительное число пожарных депо для города Улан-Батора.

Установлено, что для повышения пожарной безопасности города Улан-Батора необходимо дополнительно ввести шесть пожарных частей. При этом среднее расстояние до объектов защиты сокращается на 1,6 км.

С учетом реорганизации пожарной охраны были установлены уровни пожарной опасности и проранжированы административно-территориальные единицы Монголии. Установлено, что на территории города Улан-Батора после реорганизации уровень пожарной опасности снизился на 10,4 %.

По результатам расчетов установлена экономическая целесообразность реализации проекта реорганизации ППО в центральной части города Улан-Батора (ожидаемый годовой экономический эффект составит 5 292 667,67 руб./год).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе получены следующие основные выводы и результаты:

1. Исследованы статистические данные о пожарах в Монголии. Установлено, что: за последние 10 лет произошло увеличение количество пожаров, погибших людей и материального ущерба; в г. Улан-Баторе и сельской местности аймаков наблюдается неблагоприятная пожарная обстановка; установлены функции динамических рядов числа пожаров, гибели людей и ущерба от пожаров и сделаны прогнозные оценки.

2. Исследованы интегральные пожарные риски в Монголии, результаты показали неравномерность уровней пожарной опасности административно-территориальных единиц (АТЕ). Это привело к необходимости совершенствования управления пожарными рисками в наиболее пожароопасных административно-территориальных единицах страны.

3. По результатам расчета за 2013-2018 гг. исключительно высокий уровень пожарной опасности наблюдался в городе Улан-Батор и Северном регионе. Южный регион характеризуется высоким уровнем пожарной опасности. Восточный регион относится к среднему уровню пожарной опасности, а Западный регион имеет низкое значение уровня пожарной опасности.

4. Дана оценка интегральных социально-экономических показателей пожарного риска (ИСЭППР), в результате которой построено ранжирование АТЕ Монголии по уровням пожарной опасности. Установлено, что: в Тувинском аймаке наблюдался исключительно высокий уровень пожарной опасности; в Увс, Дундговь, Умнуговь, Хувсгул, г. Улан-Батор, Булган, Дархан-Уул – высокий уровень пожарной опасности, а остальные аймаки имеют средний и низкий уровни пожарной опасности.

5. В работе на основе принципа ALARP представлено обоснование следующих уровней индивидуального пожарного риска для Монголии: верхний предельный уровень; нижний предельный уровень; целевой уровень (нормативное

значение). Показано, что нормативное значение индивидуального пожарного риска для Монголии не должно превышать $2,3 \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}} \right]$.

6. По результатам исследования получено распределение административно-территориальных единиц Монголии по уровням пожарной опасности за 2013-2018 гг. и построены геоинформационные карты уровней пожарной опасности АТЕ.

7. С целью снижения пожарных рисков в АТЕ Монголии проведено исследование на основе теории массового обслуживания по установлению необходимого количества пожарных подразделений и мест их дислокаций. Показано, что в центральной части г. Улан-Батора необходимо увеличить число пожарных подразделений на 6 единиц. В результате реорганизации пожарной охраны центральной части г. Улан-Батора среднее время прибытия к месту вызова уменьшается на 3 минуты, при этом среднее расстояние до объектов защиты сократится на 1,6 км.

8. В работе получены уравнения (аппроксимирующие функции) зависимостей среднего количества погибших, травмированных людей и материального ущерба от пожаров в зависимости от среднего расстояния от места пожара до ближайшей пожарной части.

9. Установлено, что при реализации проектного решения по увеличению числа ППО уровень пожарной опасности центральной части г. Улан-Батора снизится на 10,4 %.

10. В ходе исследования разработаны: 1) алгоритм определения верхнего и нижнего предельных уровней индивидуального пожарного риска для Монголии; 2) алгоритм анализа и определения нормативной величины индивидуального пожарного риска; 3) блок-схема модели управления пожарными рисками АТЕ Монголии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический сборник Монголии [Электронный ресурс] // Монгольская статистическая информационная служба: сайт – Режим доступа: <http://www.1212.mn/BookLibraryDownload.ashx?url=yearbook2013.pdf&ln=En> (дата обращения 06.05.2018).
2. Государственные административно-территориальные единицы и управление ими [Электронный ресурс]: Закон Монголии от 15.12.2006 // Информационно-правовая система нормативных правовых актов: сайт – Режим доступа: <https://www.legalinfo.mn/law/details/343> (дата обращения 03.04.2017).
3. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Монгольская статистическая информационная служба: сайт – Режим доступа: <https://www.1212.mn/default.aspx> (дата обращения 06.05.2018).
4. Статистический ежегодник Монголии за 2016 г. [Текст]. – Улан-Батор: Национальный статистический комитет Монголии, 2017. – 652 с.
5. Статистический ежегодник Монголии за 2017 г. [Текст]. – Улан-Батор: Национальный статистический комитет Монголии, 2018. – 574 с.
6. Байгалмаа, Энхтувшин. Результаты анализа статистики пожаров на территории Монголии [Электронный ресурс] / Байгалмаа Энхтувшин // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 4 (80). – 2018. – С. 9-23. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-4/04-04-18.ttb.pdf> (дата обращения 10.09.2018).
7. Интернет-портал по методу наименьших квадратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mathprofi.ru/metod_naimenshih_kvadratov.html (дата обращения 17.10.2018).
8. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Текст] / А.И. Кобзарь – 2-е изд., – М.: Физматлит, 2012. – 816 с. – ISBN 978-5-9221-1375-5

9. Пожарная обстановка в период с 2000 по 2013 годы: статистический сборник [Текст] / Под общей редакцией Д. Намсрай. – Улан-Батор: Институт стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2013. – 115 с.

10. Пожарная обстановка в период с 2014 по 2015 годы: статистический сборник [Текст] / Под общей редакцией Д. Алтангэрэл. – Улан-Батор: Институт стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2015. – 78 с.

11. Пожарная обстановка в период с 2004 по 2016 годы: статистический сборник [Текст] / Под общей редакцией Т. Бадрал, Д. Алтангэрэл. – Улан-Батор: Институт стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2017. – 88 с.

12. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Государственного агентства по чрезвычайным ситуациям Монголии [сайт]. Режим доступа: <https://nema.gov.mn/c/daily> (дата обращения 08.01.2019)

13. Эконометрика: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. И. Елисеева [и др.] ; под ред. И. И. Елисеевой. — М.: Издательство Юрайт, 2018. – 449 с.

14. Лемешко, Б. Ю. Критерии проверки отклонения распределения от равномерного закона: руководство по применению [Текст] / Б.Ю. Лемешко, П.Ю. Блинов. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2015. 182 с.

15. Харисов, Г. Х. Обоснование нормативного значения и расчётной величины индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях: монография / Г.Х. Харисов, А.В. Фирсов – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 225 с.

16. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World Fire Statistics. Report № 23. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2018.

17. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World Fire Statistics. Report № 22. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2017.

18. Bruslinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World Fire Statistics

Report № 20. Center of Fire Statistics. International association of fire and rescue services, 2015.

19. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Государственный закон Монголии от 28 мая 1999 г. (в ред. от 02 июля 2015 г.) // Режим доступа: <http://www.legalinfo.mn/law/details/220> (дата обращения 05.02.2019).

20. О борьбе со стихийными бедствиями [Электронный ресурс]: Государственный закон Монголии от 20 июня 2003 г. (в ред. от 02 фев. 2017 г.) // Режим доступа: <http://legalinfo.mn/law/details/12458?lawid=12458> (дата обращения 05.02.2019).

21. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник. [Текст] / Под общей редакцией Д.М. Гордиенко – М.: ВНИИПО, 2018. – 125 с.: ил. 42.

22. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ: (в ред. от 10.07.2012) // Гарант: информ. – правовое обеспечение. – Электрон. дан – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 10.02.2019).

23. Байгалмаа, Э. Статистический анализ оперативной деятельности противопожарной службы г. Улан-Батора // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: сборник материалов третьего межвузовского научного семинара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. С. 161-175.

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

25. Брушлинский, Н.Н. Безопасность городов: имитационное моделирование городских процессов и систем [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов, П.М. Вагнер. – М.: ФАЗИС, 2004. – 172 с.

26. Брушлинский, Н.Н. Научно-практические основы организации территориальных подразделений противопожарной службы в России [Текст] / Н.Н.

Брушлинский, С. В. Соколов, Е. М. Алёхин, Ю. Н. Коломиец. – М.: АГПС МЧС России, 2007. – 58 с

27. Брушлинский, Н.Н. О статистике пожаров и о пожарных рисках [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Том: 20. – № 4. – С. 40–48.

28. Брушлинский, Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Пожарная безопасность. – 1999. – № 3. – С. 83–85.

29. Брушлинский, Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2002. – № 4. – С. 230–234.

30. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование [Текст] / под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. – 370 с.

31. Брушлинский, Н.Н. К вопросу о вычислении рисков [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ, 2004. – Вып. 1. – С. 71–73.

32. Присяжнюк, Н.Л. Пожарная опасность и пожарный риск [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева // Системы безопасности – 2004: материалы 13-й научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – С. 291–294.

33. Брушлинский Н.Н. К вопросу о локальных и интегральных рисках [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Вестник Академии ГПС МЧС России. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. - № 6. – С. 93-96.

34. Брушлинский, Н.Н. Оценка рисков пожаров и катастроф [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1992. – Вып. 1. – С. 13–39.

35. Брушлинский, Н.Н. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 173 с.

36. Брушлинский, Н.Н. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е. М. Алёхин, Ю. И. Коломиец, П. Вагнер // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 8. – С. 6–16.

37. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

38. Брушлинский, Н.Н. Компьютерные технологии для экспертизы пожарной безопасности объектов [Текст] / Н. Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко, В.Б. Коробко, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17. – № 4. – С. 53–58.

39. Брушлинский, Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.

40. Брушлинский, Н.Н. Пожарные риски. Вып. 1. Пожарные риски. Основные понятия [Текст] / Н. Н. Брушлинский [и др.]. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 47 с.

41. Брушлинский, Н.Н. Пожарные риски. Вып. 2. Динамика пожарных рисков [Текст] / Н.Н. Брушлинский [и др.]; 2-е изд. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 66 с.

42. Брушлинский, Н.Н. Пожарные риски. Вып. 3 Прогнозирование динамики пожарных рисков [Текст] / Н.Н. Брушлинский [и др.]; 3-е изд. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2005. – 64 с.

43. Брушлинский, Н.Н. Пожарные риски. Вып. 4. Управление пожарными рисками [Текст] / Н.Н. Брушлинский [и др.]; 4-е изд. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. – 127 с.

44. Брушлинский, Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения [Текст]: монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко, В.А. Белов, О.В. Иванова, С.Ю. Попков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.

45. Брушлинский, Н.Н. Основы теории пожарных рисков и её приложения [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко; под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 82 с.

46. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства [Текст]: / Н.Н. Брушлинский, В.В. Кафидов, В.И. Козлачков; под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 418 с.

47. Брушлинский, Н.Н. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России: Монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академии МЧС России, 2014. – 178 с.

48. Брушлинский, Н.Н. Основы теории организации, функционирования и управления экстренными и аварийно-спасательными службами: Монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов – М.: Академия МЧС России, – 2018. 92 с.

49. Терехнев, В.В. Управление силами и средствами на пожаре: учеб. пособие / В.В. Терехнев, А.В. Терехнев. Под общ. ред. Е.А. Мешалкина. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.

50. Присяжнюк, Н.Л. Текущие тенденции пожарных рисков в Монголии / Н.Л. Присяжнюк, Э. Байгалмаа // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: сборник материалов первого межвузовского научного семинара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. С. 91-95.

51. Байгалмаа, Энхтувшин. Оценка пожарных рисков в Монголии в период 2000-2016 годы [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // «Предупреждение. Спасение. Помощь». Сборник материалов XXVII Международной научнопрактической конференции, 16 марта 2017 года. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. С. 10-12.

52. Присяжнюк, Н.Л. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, В.А. Малько // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: сборник материалов первого межвузовского научного семинара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 14–20.

53. Присяжнюк, Н.Л. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска и методика его оценки [Электронный ресурс] / Н.Л. Присяжнюк, В.А. Малько // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2018. – Вып. 3 (79). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-3/03-03-18.ttb.pdf> (дата обращения 23.05.2019).

54. Малько, В.А. Расчёт интегрального социально-экономического показателя пожарных рисков для городской и сельской местностей Республики Крым [Текст] / В.А. Малько // Системы безопасности – 2017: материалы 26-й международной научно-технической конференции / под общ. ред. Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 99–102.

55. Байгалмаа, Э. Анализ пожарной обстановки в городе Улан-батор [Текст] / Э. Байгалмаа // Системы безопасности – 2017: материалы 26-й международной научно-технической конференции / под общ. ред. Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 169-172.

56. Байгалмаа, Энхтувшин. Комплексная оценка пожарных рисков в Монголии [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2018. – № 4. – С. 69–77.

57. Байгалмаа, Энхтувшин. Оценка комплексного показателя пожарной опасности городов Монголии [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 243-246.

58. . Байгалмаа, Энхтувшин. Анализ пожарных рисков в Монголии за период 2000-2016 годов [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // Проблемы техносферной безопасности – 2018: материалы VII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 137–144.

59. Байгалмаа, Энхтувшин. Провинции Монголии по уровню интегрального социально-экономического показателя пожарного риска [Текст] / Байгалмаа

Энхтувшин // «Предупреждение. Спасение. Помощь». Сборник материалов XXIX Международной научнопрактической конференции, 21 марта 2019 года. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2019. С. 4-8.

60. Байгалмаа, Энхтувшин. Показатели приемлемого индивидуального пожарного риска для Монголии [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // Проблемы техносферной безопасности – 2019: материалы VIII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 97-102.

61. Быков, А.А. Нормативно-экономические модели управления риском [Текст] / А.А. Быков, В.А. Акимов, М.И. Фалеев // Юбилейный сборник статей «Российское научное общество анализа риска. 10 лет»: Т. 1. – М.: Финансовый издательский дом «Деловой экспресс», 2013. С. 55–67.

62. Быков, А.А. Предельно допустимые уровни риска [Текст] /А.А. Быков // Юбилейный сборник статей «Российское научное общество анализа риска. 10 лет» Т.1. – М.: Финансовый издательский дом «Деловой экспресс», 2013. – 400 с.

63. Быков, А.А. Нормативно-экономические модели управления риском [Текст] / А.А. Быков, В.А. Акимов, М.И. Фалеев // Проблемы анализа риска. – 2004. Том 1, № 2. С. 125-137.

64. Быков, А.А. Нормирование риска: зарубежные подходы и рекомендации для России [Текст] /А.А. Быков // Наука и стратегия на службе безопасности: Центру стратегических исследований гражданской защиты МЧС России 10 лет. / Под общ. ред. В. А. Акимова. М.: Деловой экспресс, 2013. – С. 189–210.

65. Быков, А.А. О проблемах техногенного риска и безопасности техносферы [Текст] / А.А. Быков // Проблемы анализа риска. – 2011. – № 1 (1). – С. 73- 89.

66. Декларация Российского научного общества анализа риска «О предельно допустимых уровнях риска». Предельно допустимые уровни риска (пояснительная записка) [Текст] // Проблемы анализа риска. Научный журнал. 2006. Т. 3. № 2. – С. 162-170.

67. Декларация Российского научного общества анализа риска «О предельно допустимых уровнях риска». Предельно допустимые уровни риска (пояснительная

записка) [Текст] // Юбилейный сборник статей «Российское научное общество анализа риска. 10 лет» Т.1. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2013. – С. 14–19.

68. Матюшин, А.В. Моделирование макроэкономической динамики развития регионов Российской Федерации с учетом обстановки с пожарами [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, и др. // Журнал «Пожарная безопасность». – Выпуск №4 за 2012 г. – С. 79-86.

69. Матюшин, А.В. Методика оценки эффективности кадровых органов МЧС России [Электронный ресурс] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, и др. // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2014. – Вып. 6 (58). – 8 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/05-06-14.ttb.pdf> (дата обращения 03.04.2018)

70. Брушлинский, Н.Н. Об усовершенствовании «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Том 21. – № 3. – С. 9–16.

71. Гражданкина, А.И. Основные принципы нормирования допустимого техногенного риска [Текст] / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.В. Пчельников // Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI веке. Материалы десятой Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 19-21 апреля 2005 г. МЧС России. – М.: Ин-октаво, 2005 – с.155-163.

72. Корниенко, В.С. Математическая статистика. Решение задач по теме: «Проверка статистических гипотез». Методическая разработка [Текст] /В.С. Корниенко; Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2010. – 68 с.

73. Саландаева, О.И. Формирование архитектурно-типологического ряда жилых зданий и территорий города Улан-батор в условиях высокой сейсмичности [Текст] / О.И. Саландаева, Л.П. Бержинская // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №11 (82). – С. 177–187.

74. Востоков, В.Ю. Оценка и прогноз риска чрезвычайных ситуаций в оперативном порядке [Текст] / В.Ю. Востоков – М.: Научное изд-во ТВП, Редакция ОПиПм, 2016. – 312 с. ISBN 978-5-85484-039-2.

75. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы [Электронный ресурс]. МЧС России: сайт – Режим доступа: http://www.mchs.gov.ru/activities/international/Sendajskaya_ramochnaya_programm (дата обращения 30.07.2019).

76. Байгалмаа, Э. Показатель верхнего и нижнего предельного уровня индивидуального пожарного риска для Монголии [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Н.Л. Присяжнюк, Э. Байгалмаа // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2018. – №4 (48). С. 66–79.

77. Сусанов, Д. Ю. Оценка социально-экономического риска [Текст] / Д.Ю. Сусанов // Финансы и кредит. 2002. №2 (92). С. 14 - 17.

78. Жадан, И.Э. Индекс развития человеческого потенциала в системе показателей экономической безопасности страны [Электронный ресурс] / И.Э. Жадан // Концепт: научно-методический электронный журнал. – 2014. №10 (октябрь). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/indeks-razvitiya-chelovecheskogo-potentsiala-v-sisteme-pokazateley-ekonomicheskoy-bezopasnosti-strany/viewer> (дата обращения 01.07.2019).

79. Курганский, С. А. Тенденции развития человеческого капитала в России [Текст] / С.А. Курганский // Экономическая теория. 2011. №2 (76). С. 17–24.

80. Спиридонов, С. П. Индекс развития человеческого потенциала как ключевой индикатор качества жизни [Текст] / С.П. Спиридонов // Вестник Тамбовского университета. 2010. №11 (91). С. 161–172.

81. Мировой Атлас Данных [Электронный ресурс]. Кноета: сайт – Режим доступа: <https://knoeta.ru/> (дата оращения 25.05.2019).

82. Яшина, Н. И. Проблемы и подходы к оценке эффективности управления государственным долгом с учетом показателей социально-экономического развития стран [Текст] / Н.И. Яшина, Е.В. Поющева // Аудит и финансовый анализ. – 2013. № 6. С. 386–394.

83. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений [Текст] / П. Фишберн – М.: Наука, 1978. – 352 с.

84. Фирсов, А.В. Об определении расчетных величин индивидуального пожарного риска [Текст] / А.В. Фирсов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2012. - №4. – С. 27-34.

85. Фирсов, А.В. Математическая модель для обоснования нормативных значений индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях [Электронный ресурс] / А.В. Фирсов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2013.–Вып.1 (47). –7 с. – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2013-1/2013-1.html> (дата обращения 03.02.2019).

86. Фирсов, А.В. О нормативном значении индивидуального пожарного риска [Текст] / А.В. Фирсов, Е.В. Крюков, Г.Х. Харисов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. Т 21. – № 9. – С. 14-16.

87. Фирсов, А.В. Учёт класса функциональной пожарной опасности зданий и сооружений при оценке индивидуального пожарного риска [Электронный ресурс] / А.В. Фирсов, Г.Х. Харисов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2012. – Вып. 6 (46). –3 с. – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2012-6/2012-6.html> (дата обращения 03.01.2019).

88. Зимонин, А.А. Допустимый (приемлемый) индивидуальный пожарный риск – зарубежный и отечественный опыт [Электронный ресурс] / А.А. Зимонин, А.В. Фирсов, В.М. Бутенко // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2014. – Вып. 5 (57). – 2014. – 9 с. – <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/21-05-14.ttb.pdf> (дата обращения 05.02.2019)

89. Фирсов, А.В. Число значащих цифр в числах формулы для расчёта индивидуального пожарного риска [Текст] / А.В. Фирсов, Г.Г. Сидоренко, А.В. Круглов, В.М. Бутенко // Системы безопасности – 2015: материалы 24-й международной научно-технической конференции / под общ. ред. Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 198–199.

90. Фирсов, А.В. Обоснование нормативного значения индивидуального пожарного риска для г. Москвы [Текст] / А.В. Фирсов, Г.Г. Сидоренко, А.В. Круглов, В.М. Бутенко // Системы безопасности – 2016: материалы 25-й

международной научно-технической конференции / под общ. ред. Н.Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 490-493.

91. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]: государственный стандарт // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 10.08.2019).

92. Присяжнюк, Н.Л. Пожарная опасность, пожарный риск и управление пожарным риском [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева, В.А. Малько // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: сборник материалов второго межвузовского научного семинара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 142 с.

93. Попков, С.Ю. Оценка пожарной опасности муниципальных образований на основе комплексного показателя: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Попков Сергей Юрьевич. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 250 с.

94. Якуш, С.Е. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы [Текст] / С.Е. Якуш, Р.К. Эсманский // Проблемы анализа риска, том 6. – 2009. – № 3. – С. 8-27.

95. Якуш, С.Е. Анализ пожарных рисков. Часть II: Подходы и методы [Текст] / С.Е. Якуш, Р.К. Эсманский // Проблемы анализа риска, том 6. – 2009. – № 4. – С. 26-46.

96. Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений [Текст] // Утверждены Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору 30.12.2009. № 2-4-60-14-18. Москва – 2009., 25 с.

97. Минаев, В.А. Комплексная оценка пожарных рисков во Вьетнаме [Текст] / В.А. Минаев, Н.Г. Топольский, Дао Ань Туан // Журнал «Спецтехника и связь». – 2016. – Вып. №2. – С. 27-32.

98. Минаев, В.А. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме [Электронный ресурс] / В.А. Минаев, Н.Г. Топольский, Дао Ань Туан // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2016. – Вып. № 1 (65). – 9с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-1/32-01-16.ttb.pdf> (дата обращения 10.08.2019)

99. Топольский, Н.Г. Снижение пожарных рисков с использованием теории активных систем [Электронный ресурс] / Н.Г. Топольский, В.А. Минаев, Чу К.М // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2014, – Вып. №4 (56). – 12 с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-4/01-04-14.ttb.pdf> (дата обращения 10.07.2019)

100. Российскому научному обществу анализа риска 15 лет: основные итоги и перспективы деятельности / под общ. Ред. М.И. Фалеева; Российское научное общество анализа риска. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018. – 422 с.

101. Байгалмаа, Энхтувшин. Обоснование необходимого числа пожарных депо для крупнейших городов Монголии / Байгалмаа Энхтувшин // Матер. VII междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы техносферной безопасности – 2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 97–102.

102. Порошин, А.А. Анализ пожарной обстановки на территории сельских населённых пунктов России [Электронный ресурс] / А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2017. – Вып. 3 (73). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/15-03-17.ttb.pdf> (дата обращения 17.03.2019).

103. Порошин, А.А. Методика оценки потерь от пожаров в сельских населенных пунктах в зависимости от дислокации пожарной части [Электронный ресурс] / А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2017. – Вып. 4 (74). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-4/09-04-17.ttb.pdf> (дата обращения 01.06.2019).

104. Доклад ГАЧС Монголии «О состоянии пожарных автомобилей» – Улан-Батор: 2018. – 38 с.

105. Сведения о статистике в 2016 году / Агентство по управлению губернатором столицы, статистическая информация [Электронный ресурс]. Режим доступ: <http://www.ubstat.mn/#> (дата обращения: 05.04.2019).

106. Сведения о статистике в 2017 году / Агентство по управлению губернатором столицы, статистическая информация [Электронный ресурс]. Режим доступ: <http://www.ubstat.mn/#> (дата обращения: 07.04.2019).

107. Сведения о статистике в 2018 году / Агентство по управлению губернатором столицы, статистическая информация [Электронный ресурс]. Режим доступ: <http://www.ubstat.mn/#> (дата обращения: 08.04.2019).

108. Фирсов, А.В. Обоснование расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст] / А.В. Фирсов, Г.Х. Харисов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сборник. – 2012. - №5. – с.36-47.

109. Мешалкин, Е.А. Ресурсы пожарной охраны: анализ зарубежной и отечественной практики: Обз. инф. Вып.8. / Е.А. Мешалкин. – М.: ВНИИПО, 1992. – 69с.

110. Мешалкин, Е.А. Оценка пожарных рисков: недостатки и перспективы [Электронный ресурс] / Е. А. Мешалкин, В.А. Бурбах, Н.Н. Вантыкшев // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2014. – №5 (57). – 8 с. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/27-05-14.ttb.pdf>

111. Матюшин, А.В. Проектирование размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах с использованием геоинформационных технологий [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов // Пожарная безопасность и технологии. – 2013. №3. – С. 81-86. DOI: 10.12845/bitp.31.3.2013.9.

112. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Комитета по статистике Монголии [сайт] режим доступа: <http://1212.mn/> (дата обращения 08.07.2019)

113. Раимбеков, К.Ж. Комплексный подход к оценке риска чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан [Текст] / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – №1. – С. 61-64.

114. Раимбеков, К.Ж., Кусаинов, А.Б. Анализ и оценка пожарных рисков в Республике Казахстан : монография [Текст] / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2016. – 66 с

115. Байгалмаа, Э. Обоснование нормативной величины индивидуального пожарного риска для Монголии [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В.Соколов, Н.Л. Присяжнюк, Э. Байгалмаа // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. – №3. – С. 26-33.

116. Захаров, И.А. Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями при реагировании на крупные пожары [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Захаров Игорь Анатольевич. – М., 2018. – 129 с.

117. Приказ заместителя премьер-министра от 20 июля 2016 года № 79 "Положение о региональном центре ГАЧС Монголии" [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://nema.gov.mn/sankhuu> (дата обращения 17.02.2017).

118. Организация и управление в области обеспечения пожарной безопасности / В.А. Рязанов, Н.Н. Соболев, В.Л. Семиков, С.Ю. Попков, Е.А. Клепко, Н.Л. Присяжнюк и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 392 с.

119. Матюшин, А.В., Порошин А.А. и др. Определение областей нормативного обслуживания территории населенного пункта (района) оперативными подразделениями пожарной охраны [Текст] / А.В. Матюшин, А.А. Порошин и др // Пожарная безопасность.9 – 2010. – №4, – С. 104-110.

120. Клепко, Е.А. Обеспечение пожарной безопасности городов и регионов на основе оценки и управления пожарными рисками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Клепко Елена Альбертовна. – М., 2007. – 179 с.

121. Присяжнюк, Н.Л. Экономика пожарной безопасности: Учеб. пособие [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, Г.В. Александров, И.И. Кузьмичев и др. Под общ. ред. Н.Л. Присяжнюк. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 248 с.

122. Отчет о финансовых результатах деятельности ГАЧС Монголии за период с 2016 по 2018 годы. [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://nema.gov.mn/sankhuu> (дата обращения 17.02.2018).

123. Харисов, Г.Х. Эквивалент стоимости человеческой жизни [Текст] / Г.Х. Харисов, Л.К. Айвар, И.Л. Трунов // Право и политика. – М.: Notg Vene, 2006, №10. – С. 121-129.

124. Харисов, Г.Х. Экономический эквивалент человеческой жизни [Текст]: монография / Г.Х. Харисов.– М.: Академия ГПС МЧС России. 2008. – 57 с.

125. Харисов, Г.Х. Экономический эквивалент стоимости человеческой жизни [Текст]: монография / Г.Х. Харисов.– М.: Академия ГПС МЧС России. 2016. – 66 с.

126. Среднедушевые денежные доходы населения Монголии в 2018 году / Монгольская статистическая информационная служба [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.1212.mn/tables.aspx?tbl_id=DT_NSO_0400_023V1&own_select_all=0&ownSingleSelect=_1&sex_select_all=0&sexSingleSelect=_1&YearQ_select_all=0&YearQSingleSelect=&YearY_select_all=0&YearYSingleSelect=_2018_2017_2016&viewtype=table (дата обращения 17.08.2019).

127. Демография / Монгольская статистическая информационная служба [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.1212.mn/tables.aspx?tbl_id=DT_NSO_0300_024V2&SOUM_select_all=0&SOUMSingleSelect=_0&YearY_select_all=0&YearYSingleSelect=_2018_2017_2016&viewtype=table (дата обращения 17.08.2019).

128. О федеральной целевой программе "Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года [Текст]: Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. № 1481 // Собрание законодательства. – 2013. - № 2. – ст. 88.

129. Ершов, А.В. Корректировка методики оценки результативности и эффективности деятельности контрольно-надзорных органов МЧС России, с учётом предотвращённого ущерба [Текст]: Отчёт о НИР / А.В. Ершов, И.А. Лобаев, Е.А. Клепко, Н.Л. Присяжнюк, А.А. Богатов, Д.С. Пикуш, О.В. Кружкова, В.А. Малько, М.П. Григорьева, С.П. Храмцов. – № госрегистрации АААА-А18-118041390097-1 – М: Академия государственной противопожарной службы МЧС России. – 2018. – 215 с.

130. Брушлинский, Н.Н. Организационно-управленческие исследования в сфере обеспечения пожарной безопасности страны [Текст]: Монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, О.В. Иванова, В.Л. Семиков, Н.Л. Присяжнюк и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 57 с.

131. Присяжнюк, Н.Л. Экономика пожарной безопасности. Учебное пособие / Н.Л. Присяжнюк, Г.В. Александров, О.В. Кружкова, Е.С. Кузнецова, Т.Н. Соловьева; Под общ. ред. Н.Л. Присяжнюка.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 204 с.

132. Шишлянникова, Л.М. Применение корреляционного анализа в психологии [Текст] / Л.М. Шишлянникова // Психологическая наука и образование. – 2009. Том 14. – № 1. С. 98–107.

133. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 15.05.2019)

134. Присяжнюк, Н.Л. Экономическая оценка управленческих решений [Текст]: учеб. пособие / Н. Л. Присяжнюк. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 153 с.

135. Уранбилэг, Б. Рост населения, изменение и отношение [Текст] // Монгольская статистическая информационная служба. – Улан-Батор: 2017. – 11 с.

136. Beck V. R., Yung D., He, Y., Sumathipala K. Experimental validation of a fire growth model. Proc. 7th Intl. Fire Conf., INTERFLAM'96, Franks, C. (ed.). - London: Interscience Communications Ltd, 1996. – Pp. 653-662.

137. Beck V.R. and Yung D. The Development of a Risk-Cost Model for the Evaluation of Fire Safety in Buildings // Fire Safety Science - Proceedings of the Fourth International Symposium, International Association for Fire Safety Science, 1994. – Pp. 817-828.

138. Benichou N., Kashef A. H. ,Reid I., Hadjisophocleous G.V., Torvi D. A., Morinville G. FIERA system: a fire risk assessment tool to evaluate fire safety in industrial buildings and large spaces// Journal of Fire Protection Engineering, 15.2005. – Pp. 145-172.

139. Benichou N., Kashef A. H. How to Use Fire Risk Assessment Tools to Evaluate Performance-Based Designs. CIB 2004 World Building Congress. – Pp. 1-11.

140. Hall J.R. et al. Fire Risk Assessment Method: User's Manual, National Fire Protection Research Foundation, Quincy, MA, 1992.

141. Hall J. R. Overview of Standards for Fire Risk Assessment // Fire Science and Technology, 25, 2006. – Pp. 55-62.

142. Hall J. R., Watts J. M. Fire Risk Analysis. In: Fire Protection Handbook, Cote, A. E. (ed.), NFPA, Ch. 8, 2008. – Pp. 3-143.

143. Yung D., Benichou N. Consideration of reliability and performance of fire protection systems in FiRECAM. Proc. InFIRE Conference, Ottawa, 2000. – Pp. 1-11.

144. Yung D. Principles of Fire Risk Assessment in Buildings. - N.Y.: J. Wiley & Sons, 2008. – 227 p.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АТЕ – административно-территориальные единицы

ВВП – валовой внутренний продукт

ВНИИПО – Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны

ВНП – валовой национальный продукт

ГАЧС – Государственное агентство по чрезвычайным ситуациям

ДПК – добровольных пожарных команд

ИПР – индивидуального пожарного риска ()

ИРЧП – индекс развития человеческого потенциала

ИСЭППР – интегральных социально-экономических показателей пожарного риска

ОПЖ – ожидаемая продолжительность жизни

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

ПО – пожарная охрана

ПБ – противопожарная безопасность

ПЧ – пожарная часть

ППО – подразделений пожарной охраны

СОПБ – система обеспечения пожарной безопасности

ЧС - чрезвычайная ситуация

ALARP – as low as reasonably practicable (настолько низко, насколько это практически возможно)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе

кандидата технических наук, доцент

М.В. Бедило

2019 г.



внедрения результатов диссертационной работы на соискание учебной степени кандидата технических наук Байгалмаа Энхтувшина на тему: «Модель и алгоритмы поддержки управления пожарной безопасностью Монголии на основе оценки пожарных рисков» в учебном процессе Академии ГПС МЧС России

Комиссия в составе: начальника научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС (НОК ОУП ГПС) к.т.н. Фогилева И.С., начальника кафедры управления и экономики ГПС НОК ОУП ГПС к.т.н. Клепко Е.А., профессора кафедры управления и экономики ГПС НОК ОУП ГПС д.т.н. Соколова С.В. подтверждает, что результаты диссертационного исследования Байгалмаа Энхтувшина внедрены в учебный процесс кафедры управления и экономики ГПС при подготовке фондовых лекций по дисциплине «Экономическая оценка управленческих решений» на тему «Принятие управленческих решений в условиях неопределенности и риска».

Комиссия:

Начальник НОК ОУП ГПС, к.т.н.

И.С. Фогилев

Начальник кафедры
управления и экономики ГПС, к.т.н., доцент

Е.А. Клепко

Профессор кафедры управления
и экономики ГПС, д.т.н., профессор

С.В. Соколов

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления по
 чрезвычайным ситуациям
 столицы,
 полковник


 Ж. Чултэмсурэн
 2019 г.
 30.07.2019
 УХА0038 9077073

АКТ

О внедрении итогов диссертационной работы майора Байгалмаа Энхтувшина представленной на соискание учебной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах» (технические науки)

Комиссия в составе председателя заместитель начальника управления по Чрезвычайным ситуациям столицы, подполковника Н.Нямхорлоо, начальника отдела надзорной деятельности и профилактической работы, полковника Г.Нэргуй, начальника отдела пожартушения, полковника Д.Мунхсайхан составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы майора Байгалмаа Энхтувшина имеют практическое значение, и могут внедряться в подразделениях АГЧС Монголии в процессе управления и прогнозирования рисками, а именно:

- модель для обоснования нормативных значений индивидуальных пожарных рисков в Монголии;
- модель для дислокация пожарной охраны в Монголии
- рекомендации по снижению пожарного риска

Председатель комиссии:

заместитель начальника управления по Чрезвычайным ситуациям столицы,
 подполковник

Н.Нямхорлоо

начальник отдела надзорной деятельности и профилактической работы,
 полковник

Г.Нэргуй

начальник отдела пожартушения,
 полковник

Д.Мунхсайхан



«УТВЕРЖДАЮ»
 Начальник института управления
 чрезвычайными ситуациями
 полковник
 Х.Сухбаатар
 14 июня 2019 г.



АКТ

О практическом внедрении результатов диссертационной работы, выполненной майором Байгалмаа Энхтувшином

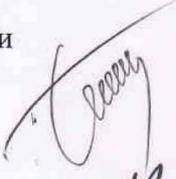
Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой экономики и управления государственным резервом, Ph.D, доцент подполковник Х.Мягмаржав; заведующий кафедрой пожарной безопасности, полковник С.Баттумур; старший преподаватель кафедры экономики и управления государственным резервом, Ph.D, Ц.Баясгалан – составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы майора Байгалмаа Энхтувшина, связанные с реорганизацией административно-территориальной единицы системы обеспечения пожарной безопасности на основе оценки пожарных рисков, использованы при разработке фондовых лекций по дисциплине «Управление пожарной безопасности» для слушателей и курсантов.

Председатель комиссии:

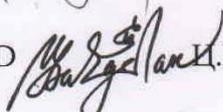
Заведующий кафедрой экономики и управления государственным резервом
 подполковник, Ph.D, доцент  Х.Мягмаржав

Члены комиссии:

Заведующий кафедрой пожарной безопасности
 полковник

 С.Баттумур

Старший преподаватель кафедры экономики
 и управления государственным резервом, Ph.D

 Ц.Баясгалан

«УТВЕРЖДАЮ»
 Руководителя государственного
 агентства чрезвычайных
 ситуаций Монголии генерал-
 майор
 Т. Бадрал
 02 сентября 2019 г.

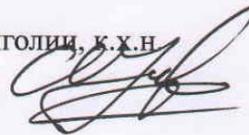
АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание учебной степени кандидата технических наук старшего преподавателя кафедры борьбы с пожарами Университета внутренних дел Монголии, майора Байгалмаа Энхтувшина

Комиссия в составе: заместителя руководителя ГАЧС Монголии, кандидата химических наук, полковника Ц. Ганзориг (председатель комиссии), начальника департамента административного управления, полковника Л.Болдбаатар, начальника департамента по пожарной безопасности, полковника Ц. Нямбаяр, составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы майора Байгалмаа Энхтувшина, связанные с реорганизацией региональной системы обеспечения пожарной безопасности на основе оценки пожарных рисков, использованы при планировании и проведении мероприятий по разработке платформы развития территориальных органов ГАЧС Монголии.

Председатель комиссии:

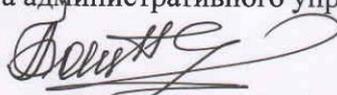
Заместитель руководителя ГАЧС Монголии, к.х.н.
 полковник



Ц.Ганзориг

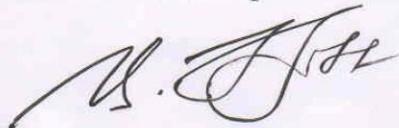
Члены комиссии:

Начальник департамента административного управления,
 полковник



Л.Болдбаатар

Начальник департамента по пожарной безопасности,
 полковник



Ц.Нямбаяр

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник департамента по
пожарной безопасности, агентства
чрезвычайных ситуаций Монголии,
полковник

Ц.Нямбаяр

4 сентября 2019 г.

АКТ

**внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой
степени кандидата технических наук старшего преподавателя
кафедры борьбы с пожарами Университета Внутренних дел Монголии,
майора Байгалмаа Энхтувшина**

Комиссия в составе: начальника отдела по пожарной надзорной деятельности, подполковника Д. Баян-Эрдэнэ (председатель комиссии), начальника отдела пожаротушения, подполковника Г.Галбадрах, старшего специалиста отдела пожаротушения, майора П.Соронзонболд, составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Байгалмаа Энхтувшина использованы в практических подразделениях противопожарной службы Монголии для решения задач управления пожарными рисками с учетом возможных вариантов дислокации пожарных подразделений в Монголии.

Председатель комиссии:

Начальник отдела по пожарной надзорной деятельности,
подполковник

Д.Баян-Эрдэнэ

Члены комиссии:

Начальник отдела пожаротушения,
подполковник

Г.Галбадрах

Старший специалист отдела пожаротушения,
майор

П.Соронзонболд