

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

Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



КУСАИНОВ АРМАН БУЛАТОВИЧ

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ
ГАРНИЗОНА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ
ГОРОДА**

Специальность: 05.13.10

«Управление в социальных и экономических системах»
(технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Брушлинский Н.Н.

Москва – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ В ГОРОДАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	11
1.1 Города Республики Казахстан	11
1.2 Организация противопожарной службы в Республике Казахстан	20
1.3 Действующие нормативы организации противопожарной службы Республики Казахстан	28
1.4 Цели и задачи исследования	35
Выводы по главе.....	37
ГЛАВА 2 РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ	38
2.1 Основные пожарные риски и их развитие.....	38
2.1.1 Определение пожарного риска и пожарной безопасности	38
2.1.2 Основные интегральные пожарные риски	45
2.2 Сравнительный анализ пожарных рисков ряда стран и городов	47
2.3 Индексный метод объединения пожарных рисков.....	50
2.4 Оценка пожарной опасности городов Республики Казахстан на основе индексного метода	53
2.5 Причины и объекты пожаров в Республике Казахстан.....	69
Выводы по главе.....	73
ГЛАВА 3 МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	74
3.1 Потoki выездов подразделений пожарно-спасательных служб городов.....	74

3.2 Временные характеристики процесса функционирования пожарно-спасательных служб городов	81
3.2.1 Время следования подразделений к месту вызова	81
3.2.2 Время обслуживания вызова.....	87
3.3 Скорость следования пожарно-спасательных автомобилей.....	94
3.4. Использование пожарно-спасательной техники.....	97
Выводы по главе.....	104

ГЛАВА 4 АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ 105

4.1 Алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города	105
4.2 Проектирование гарнизона пожарно-спасательной службы города Кокшетау	107
4.3 Нормативы численности сил и средств пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан.....	121
Выводы по главе.....	126

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 126

ЛИТЕРАТУРА 129

Приложение А Графики анализа выполняемой работы пожарно-спасательными подразделениями и их приведенная численность к населению городов	142
Приложение Б Таблицы результатов расчетов по требуемым противопожарным подразделениям	158
Приложение В Акты внедрения результатов исследования.....	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В декабре 1991 г. Республика Казахстан стала независимым государством и скоро будет отмечать свое 30-летие.

В начале 2019 г. население Казахстана составило 18,5 млн человек, по площади территории республики занимает девятое место среди государств мира.

С обретением независимости республика обязана была заниматься и обеспечивать различные аспекты национальной безопасности, включая и пожарную. Необходимо было провести реорганизацию всей системы обеспечения пожарной безопасности на основе современных организационно-правовых основ. В этом заключалась научно-практическая задача государственной важности.

Однако до 2015 г. специальных исследований, связанных с обеспечением пожарной безопасности городов, по ряду причин в республике не проводилось.

Проведенный анализ нормативно-правовых актов показал, что в республике пока отсутствуют научно обоснованные нормы по определению необходимого числа пожарно-спасательных служб. Имеющиеся строительные нормы и правила заимствованы из ряда зарубежных стран и не подходят для обеспечения пожарной безопасности городов Республики Казахстан.

Степень разработанности темы исследования. Для решения организационно-управленческих задач по обеспечению защиты городов и населенных пунктов от пожаров разработана теория интегральных пожарных рисков. Вопросами разработки и использования теории интегральных (территориальных) рисков занимаются Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Н.Л. Присяжнюк, Ю.М. Глуховенко, Е.А. Клепко, А.В. Красавин, С.Ю. Попков и др.

Вопросы обоснования критериев деятельности пожарно-спасательных подразделений городов исследовали Н.Н. Брушлинский, Н.Г. Топольский, С.С. Радулов, Буй Ван Нган, И. Букович, Я. Олшанский, С.В. Соколов, Ю.Н. Коломиец, А. Майка, Е.М. Алехин, В.Б. Коробко, До Нгок Кан, В.И. Климкин, В.А. Белов, Р. Wagner и др.

В результате проведенных ими исследований был сделан существенный шаг по разработке методологии оценки интегральных рисков, обоснования ресурсов пожарно-спасательных подразделений городов и населенных пунктов, которые легли в основу нормативно-правовых актов, регламентирующих организацию пожарно-спасательной службы в зависимости от численности населения и площади города.

Вместе с тем проведенный анализ позволил установить, что до настоящего времени не проводилась оценка комплексной пожарной опасности городов Республики Казахстан с использованием индексного показателя. Используемые методы обоснования критериев функционирования пожарно-спасательных подразделений не учитывают комплекс организационно-управленческих задач, связанных с обеспечением безопасности социально-экономических систем.

Диссертационная работа посвящена разработке и применению методологии оценки интегральных пожарных рисков и алгоритма определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы для решения задач управления пожарной безопасностью городов.

Вышеизложенное дает возможность сделать общий вывод об актуальности, объекте и предмете исследования.

Цель исследования – формирование модели и алгоритма определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города.

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

- провести анализ действующей нормативно-правовой базы организации системы обеспечения пожарной безопасности городов Республики Казахстан и дать ее оценку;

- развить существующую методологию оценки интегральных пожарных рисков и на ее основе определить объективный уровень пожарной безопасности городов Республики Казахстан;

- провести детальное математико-статистическое моделирование процесса функционирования пожарно-спасательной службы города и дать ее оценку;

- разработать алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы и на его основе рассчитать необходимое число пожарных депо, личного состава и пожарной техники города;

- разработать новую нормативно-правовую основу проектирования гарнизона пожарно-спасательных служб городов на основе результатов моделирования, которая позволит формировать научно-обоснованные предложения по определению необходимого числа сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города.

Объект исследования – оперативная деятельность пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан.

Предмет исследования – определение сил и средств гарнизона пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан.

Научная новизна:

- разработана индексная модель оценки комплексного показателя пожарной опасности, позволяющая определить объективный уровень пожарной безопасности городов Республики Казахстан;

- разработан алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города для расчета необходимого числа пожарных депо, личного состава и пожарной техники;

– определены параметры математических моделей процесса функционирования пожарно-спасательных подразделений городов Республики Казахстан.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что на основании выполненных исследований и полученных научных результатов предложена индексная модель оценки комплексного показателя пожарной опасности городов, позволяющая определить объективный уровень пожарной безопасности городов Республики Казахстан.

Практическая значимость работы заключается в:

- возможности ранжирования по уровням пожарной опасности города Республики Казахстан с помощью разработанной индексной модели оценки комплексного показателя пожарной опасности;
- совершенствовании организационного проектирования гарнизона пожарно-спасательной службы городов Республики Казахстан.

Методология и методы исследования. Основу теоретических исследований составили системный анализ и математическая статистика произошедших пожаров и их последствий, расчет интегральных пожарных рисков и математическое моделирование деятельности пожарно-спасательных служб города.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследования действующей нормативно-правовой базы организации системы обеспечения пожарной безопасности Республики Казахстан;
- индексная модель оценки комплексного показателя пожарной опасности городов Республики Казахстан;
- результаты исследований статистических данных о пожарах в городах, расчетов по обоснованию числа и мест дислокации, и анализа оперативно-тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений;

- алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города;

- научно-обоснованные нормативные основы организации пожарно-спасательных служб в городах Республики Казахстан.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов работы достигнута за счет использования официальных статистических данных, использованием апробированного математического аппарата, согласованностью полученных результатов с результатами работ других исследователей, удовлетворительной сходимостью эмпирических и теоретических результатов.

Основные результаты диссертационной работы представлены в восьми научно-практических конференциях:

- Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации и безопасная жизнь» (Баку, Академия МЧС Азербайджана, 2015);

- V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2016» (Москва, Академия ГПС МЧС России, 2016);

- Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы обеспечения гражданской защиты» (Харьков, Национальный университет гражданской защиты Украины, 2016);

- XXV Международной научно-практической конференции «Системы безопасности – 2016» (Москва, Академия ГПС МЧС России, 2016);

- V Всероссийской конференции и школы для молодых ученых (с международным участием) «Системы обеспечения техносферной безопасности» (Таганрог, Южный федеральный университет, 2018);

- VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» (Воронеж, Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2018);

– Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности» (Екатеринбург, Уральский институт ГПС МЧС России, 2018);

– X международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (Кокшетау, Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2019) и др.

Публикации результатов исследования. По теме исследования опубликовано 13 научных работ, из них 4 в журналах, включенных в перечень ВАК.

Результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в работе, заключается в разработке и научном обосновании индексной модели оценки комплексного показателя пожарной опасности городов, алгоритма определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города, научно обоснованных нормативных основ организации пожарно-спасательных подразделений в городах и населенных пунктах Республики Казахстан.

В публикациях результаты, связанные с анализом текущей ситуации в исследуемой области, разработкой индексной модели оценки комплексного показателя пожарной опасности городов, алгоритма определения ресурсов гарнизона пожарно-спасательных подразделений получены автором самостоятельно.

Материалы диссертационной работы реализованы в:

– работе Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан, а именно для проектирования гарнизонов пожарно-спасательных служб городов;

– работе ГУ «Служба пожаротушения и аварийно-спасательных работ» Департамента по чрезвычайным ситуациям Акмолинской области Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан, а именно для

обоснования необходимого числа пожарных депо, личного состава и пожарной техники;

– учебном процессе Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан при изучении дисциплин «Организация службы и подготовки», «Тактика спасательных работ и ликвидация чрезвычайных ситуаций», «Оценка риска в области чрезвычайных ситуаций»;

– учебном процессе Академии ГПС МЧС России при изучении дисциплины «Организация и координация деятельности пожарно-спасательных гарнизонов».

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание работы изложено на 170 страницах текста, включает в себя 32 рисунка, 53 таблицы, список литературы из 90 наименований.

ГЛАВА 1 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ В ГОРОДАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

1.1 Города Республики Казахстан

Территория Республики Казахстан располагается на стыке двух континентов – Азии и Европы. По величине площади территории Республика Казахстан занимает 9 место в мире – она составляет 2 717 300 кв. км. По территориальному распределению республика разделена на 14 областей: Акмолинскую, Актюбинскую, Алматинскую, Атыраускую, Восточно-Казахстанскую, Жамбылскую, Западно-Казахстанскую, Карагандинскую, Костанайскую, Кызылординскую, Мангистаускую, Павлодарскую, Северо-Казахстанскую, Туркестанскую, и 3 города республиканского значения Нур-Султан, Алматы и Шымкент [1].

На территории страны в древности в основном проживали кочевники. В городах, которые нередко были объектами нападения, они вели торговлю [2]. Из современных городов республики к древним относятся лишь 3 города Туркестан, Тараз и Шымкент.

Большая часть городов современного Казахстана возникла в советские времена: в период интенсивного развития промышленного комплекса и освоения целинных земель. В соответствии с указанными признаками, города Республики Казахстан условно подразделяются на два основных типа – индустриальные и индустриально-аграрные. Большинство городов страны образовывались при градообразующих предприятиях [2].

Для проведения более детального анализа предлагается рассмотреть административно-территориальное распределение Республики Казахстан, типы и структуру городов.

В административно-территориальные единицы (АТЕ) республики входят следующие: аул (село), поселок, аульный (сельский) округ, район в городе, город, район, область [3].

Определения и категории АТЕ, городов и других населенных пунктов даны в статьях 2 и 3 Закона Республики Казахстан «Об административно-территориальном устройстве Республики Казахстан» [3].

В целях реализации государственного управления на началах оптимального сочетания республиканских и местных интересов территория Республики Казахстан подразделяется на две основные категории - регионы и населенные пункты [3].

«Регион – это часть территории республики, включающая несколько населенных пунктов, образуемая и управляемая в интересах республики. Регионами являются область, район и аульный (сельский) округ как основные звенья республиканского административно-территориального устройства» [3].

«Населенный пункт – это часть компактно заселенной территории республики, сложившаяся в результате хозяйственной и иной общественной деятельности граждан, с численностью не менее 50 чел., учтенная и зарегистрированная в установленном законом порядке и управляемая местными представительными и исполнительными органами» [3].

Населенные пункты, находящиеся на территории Республики Казахстан, подразделяются на городские и сельские.

К городским населенным пунктам относятся города республиканского, областного и районного значения, а также поселки, находящиеся на территории их административной подчиненности; к сельским – все остальные населенные пункты независимо от их административной подчиненности.

Районом в городе является район в городе областного значения, городе республиканского значения, столице с численностью населения свыше 400 тыс. чел.

Города подразделяются [3]:

1) на города республиканского значения, к которым могут быть отнесены населенные пункты, имеющие особое государственное значение или имеющие численность населения, как правило, более миллиона чел.;

2) города областного значения, к которым могут быть отнесены населенные пункты, являющиеся крупными экономическими и культурными центрами, имеющие развитую производственную и социальную инфраструктуру и численность более 50 тыс. чел.;

3) города районного значения, к ним относятся населенные пункты, на территории которых имеются государственный жилищный фонд и коммунальное хозяйство, промышленные предприятия, развитая сеть учебно-научных, лечебных и иных объектов, с численностью населения не менее 10 тыс. чел.;

В Законе Республики Казахстан «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» дается следующая классификация городов [4]:

1) крупные (с численностью населения свыше 500 тыс. жителей);

2) большие (с численностью населения свыше 100 тыс. до 500 тыс. жителей);

3) средние (с численностью населения свыше 50 тыс. до 100 тыс. жителей);

4) малые (с численностью населения до 50 тыс. жителей).

В Строительных нормах и правилах Республики Казахстан «Градостроительство Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов» [5] раскрывается более подробная классификация населенных пунктов: городские населенные пункты в зависимости от проектной численности населения подразделяются на группы в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация населенных пунктов по численности населения

Группы населенных пунктов	Население, тыс. чел.
Крупнейшие, в т. ч. города республиканского значения	Свыше 1000
Крупные, в т. ч. города областного значения	->- 500 до 1000
	->- 250 ->- 500
Большие, в т. ч. города областного значения	->- 100 ->- 250
Средние, в т. ч. города областного значения	->- 50 ->- 100
Малые*, в т. ч. города районного значения	->- 20 ->- 50
	->- 10 ->- 20
	->- 10
* В группу малых городов включаются поселки, находящиеся на территории их административной подчиненности	

В соответствии с таблицей 1.1, основными положениями отнесения городов и населенных пунктов к тому или иному виду является численность жителей.

В настоящее время статус города в Казахстане имеют 87 населенных пунктов, из них 3 республиканского значения.

Согласно данной классификации по информации за 2010 и 2017 годы, города Казахстана распределены следующим образом (таблица 1.2) [1].

Таблица 1.2 – Распределение городов Казахстана по численности населения

Классификация	Численность населения тыс. человек	Количество городов на 2010 год	Население, %	Кол-во городов на 2017 год	Население, %
Крупнейшие	Свыше 1000	2	8,6	2	14,4
Крупные	->- 500 до 1000	1	4,8	1	5,0
	->- 250 ->- 500	6	12,7	9	17,1
Большие	->- 100 ->- 250	11	10,17	10	9,6
Средние	->- 50 ->- 100	8	3,5	10	4,1
Малые	->- 20 ->- 50	33	6,97	28	5,5
	->- 10 ->- 20	14	1,18	13	1,07
	->- 10	12	0,4	12	0,45
ИТОГО	–	87	52,9	87	57,3

Из таблицы 1.2 видно, что численность населения городов Казахстана за семь лет возросла с 52,9 до 57,3 %. Кроме того, увеличилось число средних и крупных городов.

Соотношение численности населения в городах Казахстана в 2010 и 2017 гг. представлены на рисунке 1.1.

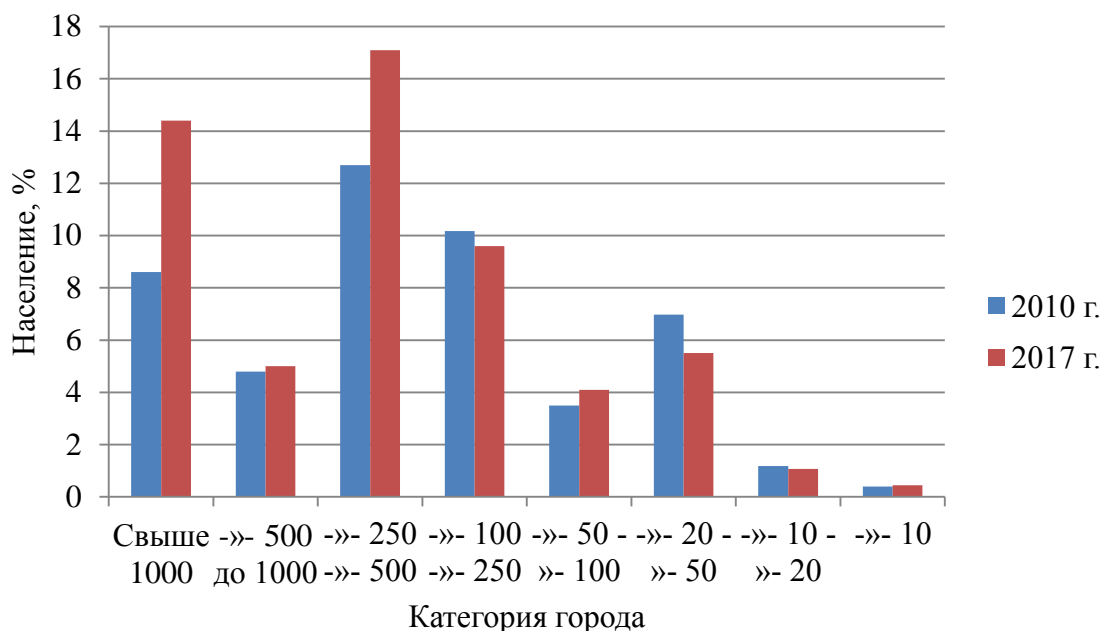


Рисунок 1.1 – Процентное соотношение численности населения городов Казахстана в 2010 и 2017 гг.

Из таблицы 1.2 и рисунка 1.1 видно, что в Казахстане наблюдается прирост населения крупных городов, а численность жителей малых и средних снижается.

Несмотря на то, что снижается количество населения малых городов, вместе с тем они составляют большую долю городов в республике. Вместе с тем большая часть населения в настоящее время проживает в крупных городах. Процент жителей, проживающих в малых городах, от общего количества проживающих в городах республики, составлял в 2010 г. – 8,55 %, в 2017 г. – 11,5 % (рисунок 1.2).

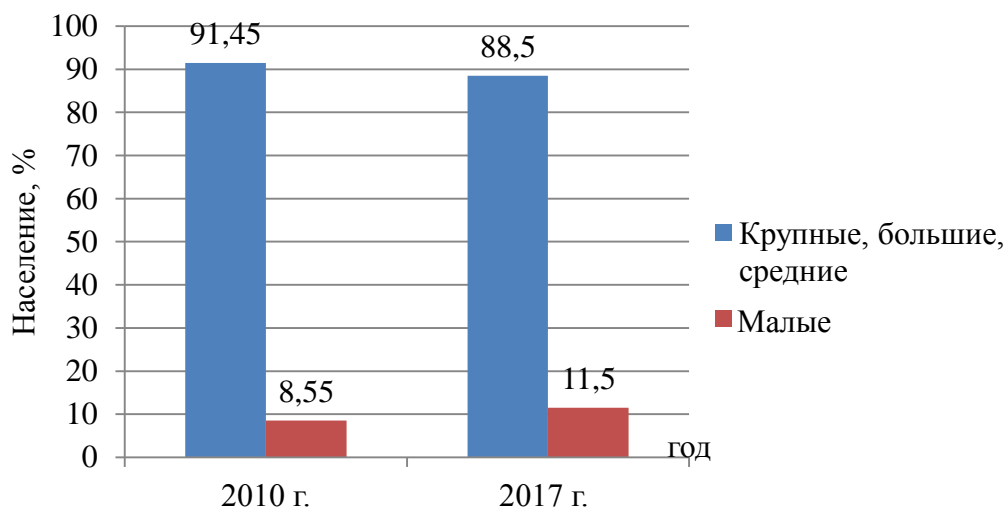


Рисунок 1.2 – Процентное соотношение численности населения, проживающего в крупных и малых городах Республики Казахстан в 2010 и 2017 гг.

Прослеживаемая тенденция увеличения численности населения в крупных и малых городах, показывает об интенсивной урбанизации населения страны.

Численность городов и городского населения в регионах республики представлено в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Численность городов и городского населения в регионах Республики Казахстан

Города и области	Территория, тыс. км ²	Кол-во городов	Население, чел.		Доля городского населения, %
			Всего	Город	
1	2	3	4	5	6
г. Нур-Султан	0,7	1	1000000	1000000	100
г. Алматы	0,6	1	1700000	1700000	100
г. Шумкент	1,1	1	1020000	1020000	100
Акмолинская	146,2	10	736605	347382	47,2
Актюбинская	300,6	8	822522	510568	62,1
Алматинская	224,0	10	1922107	491995	24,2
Атырауская	118,6	2	581473	274368	47,2
Западно-Казахстанская	151,3	2	629951	312305	49,6

1	2	3	4	5	6
Жамбылская	144,3	4	1098740	442787	40,3
Карагандинская	428,0	11	1378298	1088300	78,9
Костанайская	196,0	5	881456	460239	52,2
Кызылординская	226,0	4	753148	325060	43,2
Мангистауская	165,6	3	606892	298734	49,2
Туркестанская	166,2	7	1977768	387214	19,6
Павлодарская	124,8	3	755778	529911	70,1
Северо- Казахстанская	98,0	5	571759	243112	42,5
Восточно- Казахстанская	283,2	10	1395324	853592	59,3
Республика Казахстан	2 724,9	87	17831821	10285567	57,3

Из таблицы 1.3 видно, что в городах проживает 57,3 % населения Республики Казахстан. Наибольшее количество городов расположено в Карагандинской области – 11, наименьшее в Атырауской – 2 и Западно-Казахстанской – 2 области.



Рисунок 1.3 – Доля городского населения в регионах Республики Казахстан в 2017 г.

Из рисунка 1.3 видно, что самыми урбанизированными регионами республики являются Карагандинская – 78,9 %, Павлодарская – 70,1 %, Актюбинская – 62,1 % и Восточно-Казахстанская – 59,3 % населения области проживает в городах.

Индустриализация – один из главных факторов урбанизации, так как Карагандинская, Павлодарская, Актюбинская и Восточно-Казахстанская области являются основными промышленными регионами Казахстана.

Анализ экономического развития городов Республики Казахстан показывал, что промышленные предприятия в основном сконцентрированы в областных центрах и других крупных населенных пунктах. В малых городах в основном развито пищевое, топливное и строительное промышленное производство. В некоторых малых городах кроме пищевой и строительной промышленности, развита черная и цветная металлургия, электроэнергетическая и нефтегазодобывающая [6].

При определении перспектив индустриально-инновационного развития малых и средних городов первостепенное значение имеет учет хозяйственно-экономических функций, которые выполняются или должны выполняться каждым отдельным городом. Изучение основных функций и классификации городских административно-территориальных единиц является необходимым методологическим инструментом при решении проблемы обеспечения пожарной безопасности [7].

В Казахстане насчитывается 47 моногородов, численность населения которых составляет 1,77 млн чел., или 17,8 % городского населения страны.

В категорию моногородов включены города с численностью населения от 10 до 100 тыс. чел.

Моногород – город, где основная часть (20 % и более) промышленного производства и трудоспособного населения сосредоточено на одном или нескольких градообразующих предприятиях, как правило, одного профиля или сырьевой направленности.

В настоящее время в зависимости от хозяйственно-экономической деятельности выделяются следующие типы малых и средних городов Казахстана [8]:

– промышленные центры: Абай, Аксу, Зыряновск, Жана-Озен, Кентау, Жанатас, Каратау, Аркалык, Ленгер, Жетикара, Лисаковск, Сатпаев, Серебрянск, Текели, Сарань, Экибастуз, Шахтинск, Каражал, Хромтау, Аксай, Балхаш, Шар, Риддер, Акколь, Кульсары;

– транспортно-промышленные центры: Шу, Арысь, Аягоз, Ерейментау, Казалинск, Шалкар, Эмба, Кандыагаш, Атбасар;

– агропромышленные центры: Есиль, Жетысай, Каскелен, Талгар, Есик, Сарканд, Шардара, Зайсан, Жаркент, Шемонаиха, Булаево, Тайынша, Степняк, Державинск;

– административно-хозяйственные центры: Сергеевка, Уштобе, Темир, Алга, Мамлютка, Форт-Шевченко, Аральск, Жем;

– туристические и курортно-санаторные центры: Каркаралинск, Сарыагаш, Щучинск, Капчагай, Туркестан;

– научно-экспериментальные центры: Курчатов, Приозерск, Степногорск.

Необходимо отметить, во всех малых городах (исключение – город Жем) расположены противопожарные подразделения государственной противопожарной службы.

В настоящее время в Республике Казахстан формируется новая административно-территориальная организация. Данное обстоятельство связано в первую очередь с быстрым темпом роста крупных городов – Алматы, Нур-Султан и Шымкент и сырьевых регионов экономического роста на западе страны (Атырауская и Мангистауская области) [9].

Главным вектором развития современной региональной политики, в настоящее время, является развитие разумной административно-территориальной организации, основываемая на регулировании и стимулировании урбанистических процессов развития агломераций,

являющихся основными драйвами дальнейшего экономического роста государственной экономики, а также развитие и поддержку перспективных моногородов, имеющих большой экономический и демографический потенциал [10].

Наиболее крупными агломерационными центрами в Республике Казахстан являются города Алматы и Нур-Султан. Развивающаяся быстрыми темпами агломерация складывается вокруг города Шымкент. В западном регионе республики перспективной агломерацией является город Актобе [11].

Планируется рост концентрации населения в городах «второго уровня» (за счет притока сельских жителей и жителей моногородов, но в меньших темпах, чем в агломерациях) и развития пригородных зон [11]. С учетом перспективного индустриального развития в будущем усилится их специализация на профильных видах деятельности, имеющих конкурентные преимущества [12].

Одной из задач новой региональной политики на современном этапе является помощь и государственная поддержка в развитии городов и крупных населенных пунктов с большим потенциалом развития [13].

1.2 Организация противопожарной службы в Республике Казахстан

В настоящее время противопожарную защиту территории республики осуществляют 423 пожарных подразделений государственной противопожарной службы, в том числе 42,8 % или 181 подразделение дислоцируется в городах и 57,2 % или 242 – в сельских населенных пунктах страны [14].

В задачи противопожарной службы входят не только тушение пожаров, но и проведение аварийно-спасательных работ. Структура и объем работы противопожарных подразделений городов Республики Казахстан в 2018 году представлена в таблице 1.4 и на рисунке 1.4.

Таблица 1.4 – Структура и объем работы противопожарных служб в городах Республики Казахстан в 2018 г.

Классификация города	Общее число выездов									
	На пожары	%	На АСР	%	На случаи горения	%	ДТП	%	Ложные вызовы	%
Крупнейшие	1479	24,4	207	3,4	4362	72,0	2	0,05	9	0,15
Крупные	296	14,8	33	1,6	1670	83,3	1	0,05	4	0,2
Большие	3353	25,0	1864	13,9	8055	60,1	41	0,31	89	0,69
Средние	1611	22,1	855	11,7	4765	65,7	26	0,36	11	0,14
Малые	2005	25,7	885	11,3	4816	61,8	83	1,09	5	0,09
ИТОГО	8744	23,9	3844	10,5	23668	64,8	153	0,4	118	0,3

Из таблицы 1.4 и рисунка 1.4 видно, что 64,8 % всех боевых выездов противопожарных подразделений городов Республики Казахстан приходится на случаи горения, не берущиеся на учет как пожары и 23,9 % непосредственно на пожары [15]. Таким образом, 88,7 % всех выездов связаны с пожарами и 11,3 % с другими работами.

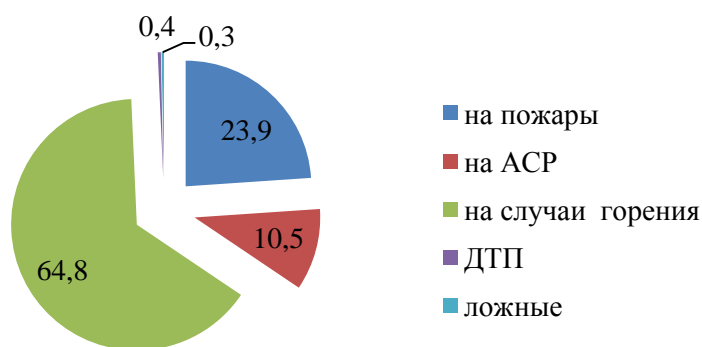


Рисунок 1.4 – Структура и объем работы противопожарных служб в городах Республики Казахстан в 2018 г.

В целях экстренного реагирования на возможные чрезвычайные ситуации и пожары в городах Республики Казахстан, в настоящее время функционирует 181 пожарно-спасательное подразделение общей численностью 9,2 тыс. человек личного состава [14].

Результаты исследования объема выполняемых работ пожарно-спасательными подразделениями, и их приведенная численность к жителям городов Республики Казахстан представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Показатели объема работы и обстановки с пожарами в городах Республики Казахстан в 2018 г.

№	Наименование города	Население чел.	Кол-во л/с	Кол-во пожаров	Кол-во депо	Кол-во выезд.	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. Группа с численностью населения от 100 тыс. и более											
1	Нур-Султан	1000000	1201	2624	17	2710	2,2	47,9	678,1	159,4	22,1
2	Алматы	1700000	839	3217	13	3217	3,8	130,8	2026,2	247,5	23,7
3	Шымкент	1200000	486	1965	7	2004	4,0	126,6	1824,0	286,3	37,5
4	Караганда	484510	688	2475	10	2475	3,6	44,0	704,2	225,0	22,5
5	Актобе	387945	229	1032	4	1032	4,5	96,9	1694,1	258,0	24,4
6	Тараз	350300	304	738	3	738	2,4	116,7	1152,3	246,0	47,5
7	Усть-Каменогорск	325803	217	1349	8	1349	6,2	40,7	1501,4	168,6	26,7
8	Семей	316667	148	917	6	917	6,2	52,8	2139,6	152,8	24,4
9	Павлодар	300233	194	1712	4	1712	8,8	75,0	1547,6	428,0	44,2
10	Уральск	283629	220	1157	8	1157	5,3	35,4	1289,2	144,6	18,8
11	Атырау	265900	154	885	3	885	5,7	88,6	1726,6	295,0	37,4
12	Кызылорда	264604	209	741	5	741	3,5	52,9	1266,0	148,2	21,2
13	Костанай	249414	88	272	3	1182	3,1	75,3	2834,3	394,0	37,1
14	Петропавловск	225807	191	1182	4	1182	6,2	52,1	1182,2	295,5	33,2
15	Актау	208362	247	704	3	704	2,8	61,4	843,6	216,0	14,9
16	Темиртау	184175	199	648	2	1097	3,3	91,3	925,5	548,5	48,1
17	Талдыкорган	182551	152	1097	4	400	7,2	40,6	1200,9	100,0	25
18	Туркестан	162400	136	400	1	272	2,9	155,5	1194,1	272,0	78,0
19	Кокшетау	154036	158	433	3	433	2,7	51,3	974,9	144,3	27
20	Экибастуз	149000	96	480	2	480	5,0	74,5	1552,1	240,0	19,4
21	Жанаозен	130652	201	128	2	178	0,6	65,3	650,0	89,0	18,6
22	Рудный	123736	77	837	1	837	10,9	123,7	1606,9	837,0	36,3
II. Группа с численностью населения от 20 до 100 тыс.											
23	Кентау	86900	59	184	1	184	3,1	86,9	1472,9	184,0	45,1
24	Жезказган	84763	79	666	1	666	8,4	84,7	1072,9	666,0	47,0
25	Шардара	79300	53	112	1	112	2,1	39,6	1496,2	112,0	13,0
26	Балхаш	78002	86	282	1	282	3,3	78,0	907,0	282,0	23,0
27	Кульсары	73500	61	147	1	147	2,4	73,5	1204,9	147,0	29,3
28	Сатпаев	69934	85	350	1	350	4,1	69,9	822,8	350,0	11,0
29	Арысь	67122	48	133	1	133	2,8	67,1	1398,4	133,0	23,4
30	Каскелен	64451	45	62	1	62	1,4	64,4	1432,2	62,0	26,2
31	Капчагай	60781	32	59	1	59	1,8	60,8	1899,4	59,0	16,7
32	Сарань	51413	64	362	1	362	5,6	51,4	803,3	362,0	26,1
33	Талгар	48687	50	124	1	124	2,5	48,7	973,7	124,0	18,0
34	Риддер	48501	79	316	2	316	4,0	24,2	613,9	158,0	15,6
35	Степногорск	47019	49	285	1	285	5,8	47,0	959,6	285,0	28,5
36	Аксу	46083	50	260	1	260	5,2	46,0	921,7	260,0	13,7
37	Щучинск	45583	233	156	3	156	0,7	15,2	195,6	52,0	5,6

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
38	Есик	44531	37	38	1	38	1,0	44,5	1203,5	38,0	25,8
39	Жаркент	41943	26	89	1	89	3,4	41,9	1613,2	89,0	11,5
40	Сарыагаш	39758	102	216	1	216	2,1	39,8	389,8	216,0	18,5
41	Аягоз	38950	27	111	1	111	4,1	38,9	1442,6	111,0	16,0
42	Зыряновск	38726	64	332	3	332	5,2	12,9	605,1	110,7	8,3
43	Шахтинск	37900	68	329	1	329	4,8	37,9	557,3	329,0	20,0
44	Житикара	35108	43	269	1	269	6,2	35,1	816,5	269,0	23,3
45	Шу	35000	23	69	1	69	3,0	35,0	1521,7	69,0	19,3
46	Аксай	33642	68	107	2	107	1,6	16,8	494,7	53,5	18,8
47	Кандыагаш	32846	22	61	1	61	2,8	32,8	938,4	61,0	11,7
48	Аральск	31893	35	40	1	40	1,1	31,9	911,2	40,0	22,1
49	Текели	31000	22	48	1	51	2,2	31,0	1409,1	51,0	20,1
50	Жетысай	29630	121	186	1	186	1,5	29,6	244,9	186,0	18,5
51	Атбасар	29614	40	138	1	138	3,5	29,6	740,4	138,0	19,7
52	Аркалык	28583	62	144	1	144	2,3	28,6	461,0	144,0	15,6
53	Шалкар	27976	24	54	1	54	2,2	27,9	1165,7	54,0	32,4
54	Уштобе	27942	20	38	1	38	1,9	27,9	1397,1	38,0	19,9
55	Абай	27890	61	169	1	169	2,8	27,9	457,2	169,0	20,0
56	Ленгер	25298	94	145	1	145	1,5	25,3	269,1	145,0	31,2
57	Хромтау	25284	20	58	1	58	2,9	25,3	1264,2	58,0	20,8
58	Жанатас	22300	20	37	1	37	1,8	22,3	1115,0	37,0	23,1
59	Каратау	22000	20	47	1	47	2,3	22,0	1100,0	47,0	17,7
60	Алга	20220	23	70	1	70	3,0	20,2	879,1	70,0	18,9
III. Группа с численностью населения до 20 тыс.											
61	Каражал	19172	24	34	1	34	1,4	19,1	798,8	34,0	12,6
62	Шемонаиха	18167	42	104	1	104	2,5	18,1	432,5	104,0	9,7
63	Ушарал	18082	19	19	1	19	1	18,0	951,7	19,0	28,1
64	Макинск	17896	40	47	1	47	1,2	17,9	447,4	47,0	5,1
65	Зайсан	15637	33	74	1	74	2,2	15,6	473,8	74,0	14,9
66	Сарканд	13889	19	29	1	29	1,5	13,9	731,0	29,0	16,1
67	Акколь	13672	44	78	1	78	1,8	13,7	310,7	78,0	9,1
68	Приозёрск	13258	49	173	1	173	3,5	13,2	270,6	173,0	14,5
69	Ерейментау	12518	25	44	1	44	1,8	12,5	500,7	44,0	17,8
70	Курчатов	11998	32	57	1	57	1,8	11,9	374,9	57,0	11,0
71	Эмба	11847	13	18	1	18	1,4	11,8	911,3	18,0	20,1
72	Тайынша	11697	22	35	1	35	1,6	11,7	531,7	35,0	30,0
73	Есиль	10554	37	94	1	94	2,5	10,5	285,2	94,0	10,0
74	Серебрянск	9438	48	31	1	31	0,6	9,4	196,6	31,0	9,8
75	Шар	9414	14	40	1	40	2,8	9,4	672,4	40,0	8,7
76	Каркаралинск	8713	24	43	1	43	1,8	8,7	363,0	43,0	14,1
77	Булаево	8694	22	33	1	33	1,5	8,7	395,2	33,0	18,2
78	Казалинск	7370	14	10	1	8	0,7	7,7	526,4	8,0	12,6
79	Сергеевка	7320	23	37	1	10	1,6	7,4	318,3	10,0	16,4
80	Мамлютка	7712	22	8	1	37	0,4	7,3	350,5	37,0	3,5
81	Державинск	6290	23	28	1	28	1,2	6,3	273,5	28,0	23,9
82	Форт-Шевченко	5337	36	11	1	11	0,3	5,3	148,3	11,0	6,5
83	Степняк	4800	31	14	1	14	0,4	4,8	154,8	14,0	5,8
84	Темир	2577	13	8	1	8	0,6	2,6	198,2	8,0	4,5
85	Жем	2015	0	3	0	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ИТОГО		10098748	9218	32358	181	32536	3,5	55794,2	1095,5	179,7	-

Для удобства проведения анализа показателей объема работы и обстановки с пожарами города республики были разделены на 3 группы:

I. С численностью населения от 100 тыс. и более;

II. С численностью населения от 20 до 100 тыс.;

III. С численностью населения до 20 тыс.

Из таблицы 1.5 видно, что в исследуемый период в городах произошло 32,3 тыс. пожаров и случаев горения. Пожарно-спасательными подразделениями совершено 32,5 тыс. выездов.

Организацию противопожарных служб в городах можно охарактеризовать по 5 показателям [16]:

– количество пожаров, приходящихся в единицу времени на одно пожарного, $Q_1, \left[\frac{\text{Пожаров}}{\text{Пожарный год}} \right]$,

– численность населения, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, $Q_2, \left[\frac{10^3 \text{ чел.}}{\text{Депо}} \right]$,

– численность населения, приходящаяся на одного пожарного, $Q_3, \left[\frac{\text{чел.}}{\text{Пожарный}} \right]$,

– количество выездов, приходящихся в единицу времени на одно противопожарное подразделение, $Q_4, \left[\frac{\text{Выезд}}{\text{Депо год}} \right]$,

– площадь территории города, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, $Q_5, \left[\frac{\text{км}^2}{\text{Депо}} \right]$.

Полученные значения параметров, деятельности пожарно-спасательных подразделений и их приведенная численность к населению городов представлены в таблице 1.5. В целях проведения анализа и наглядности полученные результаты изображены на рисунках 1–15 приложения А:

– *таблица 1.5 и рисунок 1 в приложении А:*

по показателю Q_1 высокие значения в I группе городов зарегистрированы в городах Рудный (10,9), Павлодар (8,8), Темиртау (7,2),

Усть-Каменогорск (6,2), Семей (6,2), Костанай (6,2), Атырау (5,7), Уральск (5,3) и Экибастуз (5,0). Среднее значение равно 4,6;

– *таблица 1.5 и рисунок 2 в приложении А:*

во II группе городов высокие значения зарегистрированы в городах Жезказган (8,4), Житикара (6,2), Степногорск (5,8), Сарань (5,6), Аксу (5,2), Зырьяновск (5,2), Шахтинск (4,8), Сатпаев (4,1), Аягоз (4,1), Риддер (4,0), Атбасар (3,5), Жаркент (3,4), Балхаш (3,3) и Кентау (3,1). Среднее значение равно 3,06;

– *таблица 1.5 и рисунок 3 в приложении А:*

в III группе городов высокие значения отмечаются в городах Приозерск (3,5), Шар (2,8), Шемонаиха (2,5), Есиль (2,5), Зайсан (2,2), Акколь (1,8), Ерейментау (1,8), Курчатов (1,8), Каркаралинск (1,8), Мамлютка (1,6), Тайнша (1,6), Срканад (1,5) и Булаево (1,5). Среднее значение равно 1,4;

– *таблица 1.5 и рисунок 4 в приложении А:*

по показателю Q_2 высокие значения в I группе городов высокие значения приходятся на города Туркестан (155,5), Алматы (130,8), Шымкент (126,6), Рудный (123,7), Тараз (116,7), Актобе (96,9), Темиртау (91,3) и Атырау (88,6). Среднее значение равно 77,2;

– *таблица 1.5 и рисунок 5 в приложении А:*

во II группе городов высокие значения зарегистрированы в городах Кентау (86,9), Жезказган (84,7), Балхаш (78,0), Кульсары (73,5), Сатпаев (69,9), Арысь (67,1), Каскелен (64,4), Капчагай (60,8), Сарань (51,4), Талгар (48,7), Степногорск (47,0), Аксу (46,0), Есик (44,5) и Жаркен (41,9). Среднее значение составило 40,6;

– *таблица 1.5 и рисунок 6 в приложении А:*

в III группе городов высокие значения отмечаются в городах Каражал (19,1), Шемонайха (18,1), Ушарал (18,0), Макинск (17,9), Зайсан (15,6), Саркан (13,9), Акколь (13,7), Приозерск (13,2), Ерейментау (12,5), Курчатов (11,9), Эмба (11,8) и Тайынша (11,7). Среднее значение составило 10,6;

– *таблица 1.5 и рисунок 7 в приложении А:*

по показателю Q_3 высокие значения в I группе городов высокие значения приходятся на города Туркестан (2834,3), Семей (2139,6), (Алматы 2026,2), Шымкент (1824), Атырау (1726,6), Актобе (1694,1), Рудный (1606,9), Экибастуз (1552,1), Павлодар (1547,6) и Усть-Каменогорск (1501,4). Среднее значение составило 1386,9;

– *таблица 1.5 и рисунок 8 в приложении А:*

во II группе городов высокие значения зарегистрированы в городах Капчагай (1899,4), Жаркент (1613,2), Шу (1521,7), Шардара (1496,2), Кентау (1472,9), Аягоз (1442,6), Каскелен (1432,3), Текели (1409,1), Арысь (1398,4), Уштобе (1397,1), Хромтау (1264,2), Кульсары (1204,9), Есик (1203,5), Шалкар (1165,7), Жанатас (1115,0), Каратау (1100,0) и Жезказган (1072,9). Среднее значение составило 978,2;

– *таблица 1.5 и рисунок 9 в приложении А:*

в III группе городов высокие значения отмечаются в городах Ушарал (951,7), Эмба (911,3), Каражал (798,8), Сарканд (731,0), Шар (672,4), Тайынша (531,7), Сергеевка (526,4), Ерейментау (500,7), Зайсан (473,8), Макинск (447,4) и Шемонаиха (432,5). Среднее значение составило 424,7;

– *таблица 1.5 и рисунок 10 в приложении А:*

по показателю Q_4 высокие значения в I группе городов высокие значения приходятся на города Рудный (837,0), Темиртау (548,5), Павлодар (428,0), Костанай (394,0), Атырау (295,0), Шымкент (286,3) и Туркестан (272,0). Среднее значение составило 262,5;

– *таблица 1.5 и рисунок 11 в приложении А:*

во II группе городов высокие значения зарегистрированы в городах Жезказган (666,0), Сарань (362,0), Сатпаев (350,0), Шахтинск (329,0), Степногорск (285,0), Балхаш (282,0), Житикара (269,0), Аксу (260,0), Сарыагаш (216,0), Жетысай (186,0), Кентау (184,0), Абай (169,0) и Риддер (158,0). Среднее значение составило 151,5;

– *таблица 1.5 и рисунок 12 в приложении А:*

в III группе городов высокие значения отмечаются в городах Приозерск (173,0), Шемонаиха (104,0), Есиль (94,0), Акколь (78,0), Зайсан (74,0), Курчатов (57,0), Макинск (47,0), Ерейментау (44,0) и Каркаралинс (43,0). Среднее значение составило 42,7;

– *таблица 1.5 и рисунок 13 в приложении А:*

по показателю Q_5 высокие значения в I группе городов высокие значения приходятся на города Туркестан (78,0), Темирлату (48,1), Тараз (47,5), Павлодар (44,2), Шымкент (37,5), Атырау (37,4), Костанай (37,1), Рудный (36,3) и Петропавловск (33,2). Среднее значение составило 31,6;

– *таблица 1.5 и рисунок 14 в приложении А:*

во II группе городов высокие значения зарегистрированы в городах Жезказган (47,0), Кентау (45,1), Шалкар (32,4), Ленгер (31,2), Кульсары (29,3), Степногорск (28,5), Каскелен (26,2), Сарань (26,1), Есик (25,8), Арысь (23,4), Житикара (23,3), Жанатас (23,1), Балхаш (23,0) и Аральск (22,1). Среднее значение составило 20,9;

– *таблица 1.5 и рисунок 15 в приложении А:*

в III группе городов высокие значения отмечаются в городах Тайынша (30,0), Ушарал (28,1), Державинск (23,9), Эмба (20,1), Булаево (18,2), Ерейментау (17,8), Сергеевка (16,4), Сарканд (16,1), Зайсан (14,9), Приозерск (14,5) и Каркаралинс (14,1). Среднее значение составило 13,4.

Таким образом, нагрузка на противопожарные службы в городах республики распределяется неравномерно. Одни подразделения перегружены, другие в большей части своего рабочего времени находятся в режиме ожидания.

Данное обстоятельство стало возможным из-за отсутствия в Республике Казахстан научно обоснованных нормативов по организации противопожарной службы.

1.3 Действующие нормативы организации противопожарной службы Республики Казахстан

В соответствии с Законом Республики Казахстан «О гражданской защите» [17] «система обеспечения пожарной безопасности в Республике Казахстан – это совокупность экономических, социальных, организационных, научно-технических и правовых мер, а также сил и технических средств противопожарной службы, направленных на предотвращение пожара и вреда (ущерба) от него».

В Республике Казахстан противопожарная служба подразделяется на следующие виды [17]:

- органы государственной противопожарной службы;
- негосударственные противопожарные службы;
- добровольные противопожарные формирования.

Органы государственной противопожарной службы осуществляют предупреждение пожаров и их тушение, проведение аварийно-спасательных и неотложных работ, государственный контроль в области пожарной безопасности и проведение дознания по делам о преступлениях, связанных с пожарами.

Как уже было ранее отмечено, противопожарную защиту городов Республики Казахстан осуществляют 181 противопожарное подразделение государственной противопожарной службы [14].

Основная доля пожарно-спасательных подразделений Республики Казахстан спроектировано и размещено согласно нормам, принятым в начале XX в. В соответствии с нормативными требованиями, радиус обслуживания пожарным депо составлял 3 км. В 50-х годах XX века к данному нормативному требованию был добавлен параметр, определяющий число пожарных автомобилей (один пожарный автомобиль на 5 тыс. жителей) [18].

Эволюция нормативно-правовых актов по организации противопожарной службы в городах республики представлена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Эволюция нормативно-правовых актов по организации противопожарной службы в городах Республики Казахстан

Год	Документ	Норматив	Срок действия	Уровень обоснованности
1	2	3	4	5
1930	ВСНХ, НКВД, НКПС РСФСР	Радиус выезда депо (3 км)	До 2005 г.	Элементарный, использование простейших физических соображений
1951	НСП-102–51	1 пожарный автомобиль на 5 тыс. чел. (но не менее двух)	До 1989 г.	Эмпирический подход, основанный на интуиции и опыте специалистов
1989	СНиП 2.07.01–89 (градостроительство)	Нормирование основных пожарных автомобилей и радиус выезда пожарного депо	До 1994 г.	Научно обоснованное на базе математического моделирования
1994	СНиП 2.07.01–89*	Нормирование основных пожарных автомобилей и радиус выезда пожарного депо	До 2005 г.	Научно обоснованное на базе математического моделирования
2005	СН РК 2.02-30–2005 (Нормы проектирования объектов органов противопожарной службы) [21]	Нормирование основных пожарных автомобилей и радиус выезда пожарного депо	До 2016 г.	Аналог НПБ-101-95
2016	СН РК 2.02-04–2014 (Проектирование объектов органов противопожарной службы) [22]	Радиус обслуживания	До настоящего времени	Аналог СН РК 2.02-30-2005
2016	СП РК 2.02-105–2014 (Проектирование объектов органов противопожарной службы) [23]	Нормирование основных пожарных автомобилей и радиус выезда пожарного депо	До настоящего времени	Аналог СН РК 2.02-30-2005
2017	Технический регламент (Общие требования к пожарной безопасности) [25]	Время прибытия 10 мин в городах и 20 мин в сельской местности	До настоящего времени	Аналог технического регламента 2009 г.

Из таблицы 1.6 следует, что в республике до настоящего времени не проводились исследования по разработке научно-обоснованных нормативно-правовых актов по организации противопожарной службы в городах. Все предыдущие и существующие нормы являются аналогами зарубежных норм [18].

Вместе с тем нормы, используемые в настоящее время в Республике Казахстан, не позволяют организовать соответствующую противопожарную службу в городах.

При нормировании размещения пожарных депо по [19] для городов Казахстана сталкиваемся с проблемой: численность проживающего населения и площадь территории большинства городов выходит за определенные границы нормирования, либо их имеющиеся границы не имеют соответствующих нормативных значений. Например, город Алматы (количество жителей 1,7 млн чел., площадь 68,2 тыс. га). В СП РК 2.02-105–2014 [20] предельное число жителей составляет 1,5 млн чел., а площадь 35,0 тыс. га.

Кроме того, согласно [20], в сельских административно-территориальных единицах с численностью до 5 тыс. чел. необходимо иметь одно пожарное депо, с двумя пожарных автомобиля. Вместе с тем строительство противопожарных подразделений в сельских административно-территориальных единицах с численностью до 5 тыс. чел. экономически не целесообразно, так как их в республике около 6,5 тыс., на строительство зданий противопожарных служб, приобретение пожарной техники и оборудования, а также содержание личного состава противопожарного подразделения. В этой связи может потребоваться выделение колоссальных финансовых средств.

Следовательно, для покрытия всей территории страны противопожарной защитой требуется анализ дополнительных критериев, определяющий населенные пункты (численность населения, площадь и т. д.),

в которых необходимо разместить пожарные части государственной противопожарной службы.

В соответствии с СП РК 2.02-105–2014 [20] радиус зоны обслуживания противопожарного подразделения составляет 3 км, вместе с тем данное нормативное значение в основном не выполняется. При таких требованиях депо должно размещаться в центре круга. Подобное требование выполняется за редким случаем, связано это с тем, что площади городов в основном застроены в виде неправильных фигур и при покрытии таких фигур кругами с радиусом выезда 3 км часто проектировщики сталкиваются с «ничейными территориями» или территориями, выходящими за границы города.

Пункт 30 Технического регламента «Общие требования к пожарной безопасности» [21] гласит: «Дислокация подразделений противопожарной службы на территории города и населенного пункта определяется исходя из условия, что время прибытия первого пожарного подразделения к месту вызова в городах должно быть не более 10 минут, а для населенного пункта – не более 20 минут» [21].

Таким образом, к нормированию радиуса выезда добавились временные характеристики без соответствующего научного обоснования.

Временные параметры следования к месту вызова были переняты у зарубежных стран. Для полноты информации и возможных сравнений приведем некоторые зарубежные нормативно-правовые акты по организации противопожарной службы в городах и населенных пункта (таблица 1.7) [18].

Из таблицы 1.7 видно, что в рассматриваемых государствах нормативы по организации противопожарной службы связаны со временем прибытия подразделений к месту вызова. В большинстве стран время прибытия в городах составляет 10 мин, а в сельской местности – 20 мин. Данные временные параметры были использованы авторами «Технического регламента» [21] для организации противопожарной службы в Республике Казахстан.

Таблица 1.7 – Зарубежные нормативы по организации противопожарной службы

Страна	Требования к оперативному реагированию на вызовы				Примечание
1	2				3
Австралия	Время выезда для подразделений профессиональной пожарной охраны – до 1 мин, добровольной – от 2 до 5 мин, максимальное время прибытия в городах – 10 мин, в сельской местности – 15 мин				На каждое пожарное депо (при реальных скоростях движения пожарных автомобилей) должен приходиться район обслуживания площадью не более 3 км ²
Бельгия	Расчетное время прибытия к месту вызова - 6 мин (среднее значение)				
Велико-британия	Максимальное время прибытия				
	Районы	Первый автонасос	Второй автонасос	Третий автонасос	
	Центр крупного города	5	5	8	
	Центр города Пригород Сельские районы	5 8–10 20	8		
	В удаленных сельских районах нормативное время прибытия не устанавливается				
Германия	Время прибытия составляет (в среднем): в городах – 5 мин, в сельской местности – 8 мин				Теоретический разброс значений времени прибытия доходит до 20 и более мин
Греция	Время прибытия составляет 10 мин в городах и 30 мин в сельской местности				
Дания	Нормативное время прибытия не больше 10 мин в городах и 15 м в сельской местности				
Ирландия	Нормативное время прибытия не больше 10 мин в городах и 20 (и более) мин – в сельской местности				
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				
США	5-минутное время прибытия для районов с высоким уровнем пожарной опасности				Плотность размещения пожарных депо: 1 депо на 2–2,5 км ²
Финляндия	Нормативное время прибытия – 10 мин для густонаселенных районов с высокой потенциальной опасностью и 20 мин для остальных районов (за исключением малонаселенных)				
Франция	Время прибытия не должно превышать 10 мин в городах и 20 мин в сельской местности				

1	2	3
Швеция	Максимальное время прибытия в 10, 20 или 30 мин рекомендовано для наиболее опасных, опасных и менее опасных районов (городских и сельских)	
Эстония	Максимальное время прибытия в городах – 6 мин, в сельской местности – 15 мин	
Россия	Максимальное время прибытия в городах – 10 мин, в сельской местности – 20 мин	

Вышеизложенные нормативные требования западных и европейских стран разработаны с учетом таких моментов, как качество автомобильных дорог, культура вождения местными жителями автомобилей, всегда уступающих дорогу пожарной технике, а также малые расстояния между городскими и сельскими населенными пунктами.

К сожалению, на обширной территории Казахстана в настоящее время существуют проблемы с наличием качественных автомобильных дорог, культурой вождения, а также большие расстояния между населенными пунктами [22].

Одним из важных параметров определяющих время прибытия оперативных подразделений к месту пожара является скорость следования [23].

Авторами [24, 25] на основе геоинформационных данных проведено исследование скорости следования противопожарных подразделений г. Москвы по типам пожарно-спасательных автомобилей. Установлено, что средняя скорость следования к месту вызова для всех пожарных автомобилей составляет 35,13 км/ч, а для АЦ – 33,69 км/ч.

При оценке скорости следования пожарно-спасательных автомобилей учитывались различные факторы: расстояние до места вызова; тип пожарно-спасательного автомобиля; день недели; время суток; перепад высот.

Важным параметром при проектировании противопожарных служб является площадь обслуживаемой территории.

Анализ зоны обслуживания противопожарными службами в различных городах мира показал на большой разброс данных (рисунок 1.5).

Приведенные на рисунке 1.5 показывают, что в среднем одним противопожарным подразделением обслуживается около 15–16 км², однако разброс данных значений относительно средней площади обслуживания достигает от 3,8 (Нью-Йорк) до 92,0 км² (Братислава).

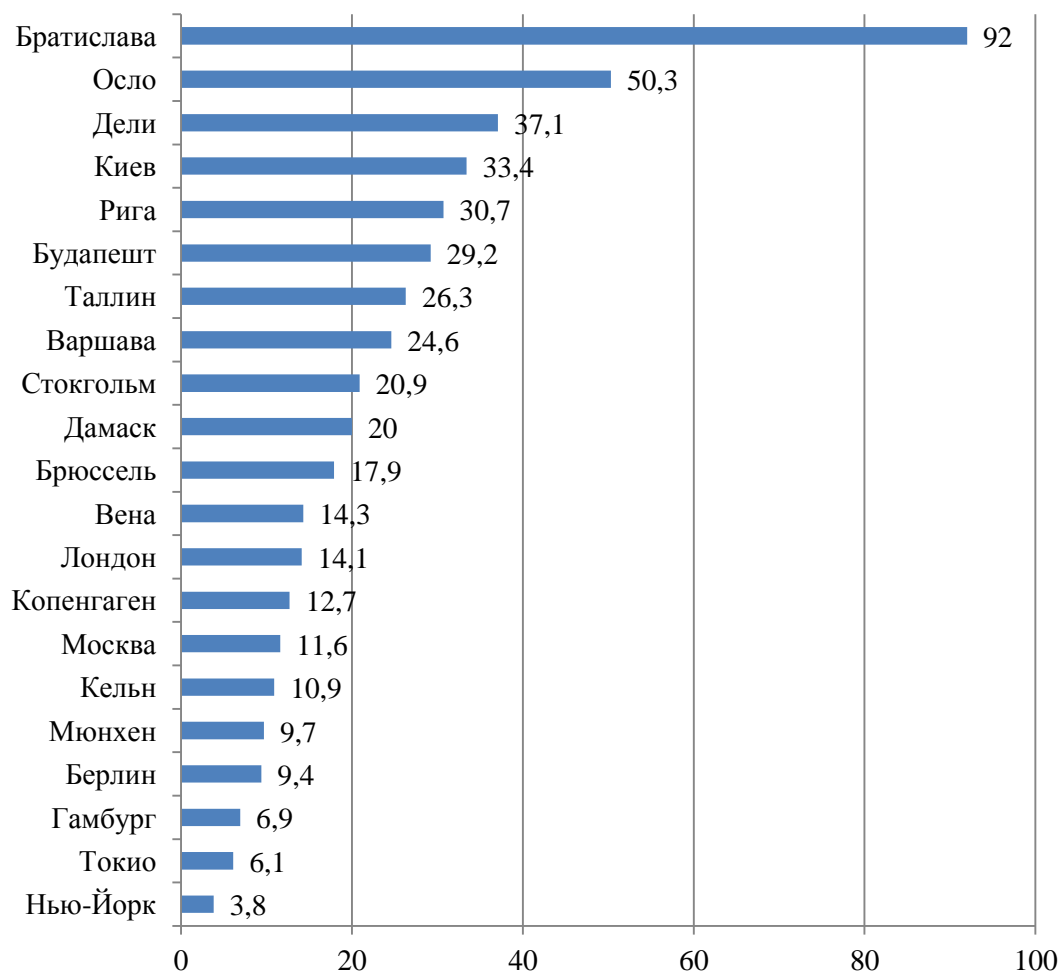


Рисунок 1.5 – Средняя площадь обслуживания одного депо в городах мира, км²

Данное обстоятельство показывает, что при организации противопожарной службы в городах учитываются разнообразные факторы, в то числе, социально-экономические возможности администрации города и т. д. [26].

1.4 Цели и задачи исследования

Предыдущие разделы главы 1 посвящены проблеме организации противопожарной службы в целях обеспечения необходимой пожарной безопасности в городах Республики Казахстан. Однако уровень обеспечения пожарной безопасности городов не соответствует требованиям предъявляемых к ним.

В настоящее время существует ряд нерешенных вопросов по обеспечению соответствующей пожарной безопасности городов Республики Казахстан. В частности, отсутствуют системы критериев для анализа и выявления пожарной опасности, решение которых позволит повысить защищенность населения и территорию городов от пожаров и совершенствования управления пожарной безопасностью в них.

Анализ деятельности пожарно-спасательных подразделений городов республики показал, что нагрузка между ними распределена неравномерно и является экономически не эффективной. Данное обстоятельство стало возможным из-за отсутствия научно обоснованных нормативно-правовых актов по проектированию противопожарных подразделений.

Проведенный анализ нормативно-правовых актов по организационному проектированию пожарно-спасательных подразделений показал, что в республике не проводились исследования по разработке научно-обоснованных норм.

Имеющиеся нормативы заимствованы у зарубежных стран и не подходят для организационного проектирования противопожарных подразделений городов.

Кроме того, в нормах существуют противоречия, так согласно СП РК 2.02-105–2014 [20] радиус зоны обслуживания пожарного депо составляет 3 км, в Техническом регламенте [21] указаны временные показатели «время прибытия первого пожарного подразделения к месту вызова в городах

должно быть не более 10 минут, а для населенного пункта – не более 20 минут» [21].

Данное обстоятельство затрудняет проводить работы по проектированию пожарно-спасательных подразделений и обеспечения тем самым необходимого уровня пожарной безопасности в городах и населенных пунктах.

Вышеизложенное позволяет определить цель и задачи диссертационного исследования, которые обращены на развитие пожарно-спасательных подразделений городов Республики Казахстан.

Целью работы является разработка модели и алгоритма определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательных служб на основе методологии оценки интегрального пожарного риска. Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

1. Провести анализ действующей нормативно-правовой базы организации системы обеспечения пожарной безопасности городов Республики Казахстан и дать ее оценку;

2. Развить существующую методологию оценки интегральных пожарных рисков и на ее основе определить уровень пожарной безопасности городов Республики Казахстан;

3. Провести детальное математико-статистическое моделирование процесса функционирования пожарно-спасательной службы города и дать ее оценку;

4. Разработать алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города и на ее основе провести проектирование гарнизона пожарно-спасательной службы города;

5. Разработать новую нормативно-правовую основу проектирования гарнизона пожарно-спасательных служб городов на основе результатов моделирования, которая позволит формировать научно-обоснованные предложения по определению необходимого числа сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города.

Выводы по главе

Рассмотрена классификация городов Республики Казахстан и численности населения, проживающих в них. Установлено, что в последние годы в Казахстане наблюдается рост численности городского населения до 57,3% от общего числа.

Проведен анализ организации противопожарной службы в Республике Казахстан. Установлено, что противопожарную защиту территории республики осуществляют 423 пожарных подразделений государственной противопожарной службы, в том числе 42,8 % или 181 подразделение дислоцируется в городах и 57,2 % или 242 – в сельских населенных пунктах страны.

Анализ числа вызовов на одно противопожарное подразделение показал, что наибольшее количество выездов приходится в городах Павлодар, Жезказган, Семей и Степногорск.

В республике отсутствуют научно-обоснованные нормативно-правовые акты по определению необходимого числа пожарно-спасательных подразделений. Имеющиеся нормативы заимствованы в зарубежных странах, не подходят для обеспечения пожарной безопасности городов и противоречат друг другу.

Отсутствует система критериев оценки пожарной опасности городов и населенных пунктов. В этой связи необходимо разработать соответствующие критерии оценки пожарной опасности и научно-обоснованные нормативы по определению числа пожарно-спасательных подразделений.

ГЛАВА 2 РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ

2.1 Основные интегральные пожарные риски

2.1.1 Определение пожарного риска и пожарной безопасности

В целях обеспечения безопасности объекта защиты (системы) необходимо научиться противостоять возможным угрозам и опасностям. Проведенные исследования проблемных вопросов обеспечения пожарной безопасности городов и населенных пунктов позволили установить основные определения – опасность и безопасность, которым необходимо дать соответствующие определения [27].

В настоящее время среди специалистов ведется постоянная дискуссия вокруг понятия «риск», объединяющее такие определения, как опасность и безопасность, образуя тем самым триаду: «Опасность – риск – безопасность» [27].

Для лучшего понимания рассмотрим указанные понятия и их определения более детально.

В пособии «Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах» [29] дается следующее определение: «Опасность – это свойство окружающей человека среды, состоящее в возможности создания негативных воздействий, способных привести к негативным последствиям для человека и (или) окружающей его среды» [29].

Терминологический словарь «Гражданская защита» [28], раскрывает следующее определение: «Опасность, возможность нанесения вреда, имущественного (материального), физического или морального (духовного) ущерба личности, обществу, государству. Опасность – одно из основных

понятий национальной безопасности наряду с вызовом, риском и угрозой, занимающее в их иерархии место между риском и угрозой. По размаху и масштабам возможных негативных последствий опасности могут быть: глобальные, региональные, национальные, локальные, частные» [28].

Касательно понятия «безопасность» у многих специалистов сформировалось единое мнение. Определение понятия «безопасность» дано в терминологическом словаре «Гражданская защита» [28]: «Безопасность, состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Безопасность является важнейшей потребностью человека наряду с его потребностью в пище, воде, одежде, жилище, информации. Эта общенаучная категория выступает интегральной формой выражения жизнеспособности и жизнестойкости различных объектов конкретного мира во внутренней и внешней политике, обороне, экономике, экологии, социальной политике, здоровья народа, информатике, технологии и т. п.» [28].

Касательно определения «риск» в настоящее время у специалистов и ученых не сложилось единого мнения. Так, в словаре «Гражданская защита» [28] определение понятия «риск» и его производных раскрывается 8 раз, например:

1) «Риск, возможная опасность какой-либо неудачи, возникшая в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью» [28];

2) «Риск индивидуальный, вероятность или частота возникновения поражающих воздействий определенного вида, возникающих при реализации определенных опасностей» [28];

3) «Риск приемлемый, уровень риска, оправданный с точки зрения экономических, социальных и экологических факторов» [28];

4) «Риск – природный, ожидаемый социально-экономический ущерб от возможного проявления опасного природного процесса или явления» [28].

5. «Риск возникновения источников чрезвычайных ситуаций, вероятность (частота) возникновения в течение определенного промежутка времени источника чрезвычайной ситуации с фиксированными параметрами поражающего фактора» [28].

6. «Риск возникновения чрезвычайной ситуации, вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска» [28].

7. «Риск природный, ожидаемый социально-экономический ущерб от возможного проявления опасного природного процесса или явления, выраженный в количестве погибших, раненых, стоимости пострадавших объектов личной собственности и хозяйственно-экономической деятельности» [28].

8. «Риск социальный, вероятность нежелательных событий или частоты их возникновения, определяемая поражением определенного числа людей, подвергшихся поражающим воздействиям при реализации определенных опасностей» [28].

В Федеральном законе Российской Федерации «О техническом регулировании» [29] дается определение: «Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда» [29].

В учебном пособии [30] также дается несколько определений:

1) «Риск – это возможность того, что человеческие действия или результаты его деятельности приведут к последствиям, которые воздействуют на человеческие ценности» [30];

2) «Риск чрезвычайных ситуаций (ЧС) – количественная мера опасности, равная произведению числа (или вероятности) чрезвычайных ситуаций за год на ожидаемые последствия ЧС» [30].

3) «Природный риск – возможность нежелательных последствий от опасных природных процессов и явлений» [30];

4) «Техногенный риск – возможность нежелательных последствий от опасных техногенных явлений, а также ухудшения окружающей среды из-за промышленных выбросов» [30].

В научной статье [31] авторами дается следующее определение: «Риск – потенциальная опасность реализации техногенных или природных событий с последствиями в виде нанесения вреда здоровью населения или в виде материального ущерба третьим лицам» [31].

В научной публикации [32] авторами говорится: «Степень опасности угроз и уязвимости отражает уровень риска для социально-экономической системы и ее составляющих. Именно категория риска, под которым понимается, прежде всего, мера возможной опасности и последствий ее реализации, выраженная в количественной форме, интегрирует оба понятия – опасность и уязвимость – в единое целое» [32].

В [32] также конкретизируется, что «в рамках рационалистического подхода риск рассматривается как возможность (вероятность) наступления опасного или неблагоприятного события и/или количественной меры такого события (ущерба). При этом сам риск исчисляется путем перемножения вероятности упомянутого события на ущерб» [32].

На основании вышеизложенного можно сделать некоторые выводы и обобщения по интересующим нас определениям.

Во-первых, опасность – возможность нанесения вреда объекту защиты [30] и в то же время это свойство окружающей среды [31].

Во-вторых, безопасность – состояние защищенности объекта защиты от различных видов опасностей [28–32].

В-третьих, риск – возможная опасность неудачного события, вероятность или частота реализации поражающих факторов, ожидаемый ущерб [29], вероятность причинения вреда жизни и здоровью [29], количественная мера опасности, возможность нежелательных последствий

[30], потенциальная опасность реализации событий с нанесением вреда [31], мера возможной опасности и последствий ее реализации, вероятность наступления опасного события [32].

С понятием безопасность все понятно, оно определяется как состояние защищенности объекта защиты от любой опасности или угрозы [33].

Однако в настоящее время не до конца раскрыты понятия опасность и риск. Чаще всего риск и опасность представляются как синонимы, это связано с тем, что они, как правило, выражаются друг через друга. Вместе с тем большая часть специалистов склоняется к расчету риска как произведение вероятности опасного события на ущерб от него [34].

Учеными из Академии Государственной противопожарной службы МЧС России Н.Н. Брушлинским, С.В. Соколовым, Е.А. Клепко и другими по указанным проблемным вопросам в 1997 г. была опубликована научная работа, где было предложено свое видение по данному вопросу [35], которое в дальнейшем не раз уточнялась, дополнялась и конкретизировалась [34, 36, 37–42].

Так, в их научных работах [26, 36, 43] дается следующее определение: «Опасность – явление любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред обществу, окружающей среде, любому объекту защиты» [26, 36, 43].

Опасности, как правило, носят потенциальный характер и не всегда проявляются в виде угроз.

Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко дают следующее определение: «Риск – количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности и ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах» [35].

Любая опасность может характеризоваться множеством различных рисков, определяющих разнообразные стороны и параметры данной опасности. Например, частоту ее реализации, а также характер и размеры последствий реализации опасности.

Риск в зависимости от различных обстоятельств и факторов может изменять свои значения, то есть подвержен определенным изменениям. Поэтому, определяя роль различных факторов, воздействующих на уровень риска, можно целенаправленными воздействиями на них ослабить негативное воздействие любой опасности, то есть управлять риском.

Таким образом, «Управление риском – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значения риска данного риска до допустимого (приемлемого) уровня» [26, 43].

Понятно, что на сегодняшний день невозможно все риски свести к нулю, его можно только целенаправленными воздействиями уменьшить до такого уровня, с которым общество на данном этапе своего развития будет согласно.

Исходя из вышеизложенного, профессором Н.Н. Брушлинским и его учениками предложено следующее определение: «Безопасность – состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней» (таблица 2.1) [43].

Таблица 2.1 – Основные понятия теории риска и безопасности

Понятия	Определения основных понятий	Обозначения
Опасность	Явления любой природы (физической, химической, биологической, экономической, социальной и др.), способное нанести вред обществу, окружающей среде, любому объекту защиты	$A, B, C...$
Риск	Количественная характеристика (мера) возможности реализации конкретной опасности или ее последствий, измеряемая, как правило, в соответствующих единицах	$R_A, R_B, R_C, ...$
Управление риском	Разработка комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих снизить значения данного риска до допустимого уровня R^*	$R_i \leq R_i^*$ ($i = A, B, C...$)
Безопасность	Состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков не превышают их допустимых уровней	$R_A^*, R_B^*, R_C^*, ...$

Определение «безопасность» означает, что в настоящее время полной безопасности от угроз добиться не возможно, опасность в явном виде как бы отсутствует, в связи с этим систему (объект защиты) можно считать

безопасной (большей минимизации опасности обеспечить невозможно). Лишь учитывая данное обстоятельство можно говорить о безопасности как «состояние защищенности» объекта защиты, т.к. абсолютной безопасности не может быть.

Согласно информации, изложенной выше, алгоритм обеспечения безопасности системы (объекта защиты) включает в себя идентификации и оценки возможных рисков, представляющих опасность объекту защиты, разработке соответствующих управленческих решений по снижению риска до определенных допустимых значений.

По мнению авторов [36], таким образом, выстраивается логическая цепочка подчинения основных понятий теории риска и безопасности, определяющих триаду «Опасность – риск – безопасность», в котором дополнительным понятием является «управление риском».

В тоже время такие понятия, как угроза, вызов и опасность, являются синонимами, отличающиеся друг от друга только некоторыми смысловыми значениями, которые характеризуются определенным набором некоторых рисков, снижая их значения, достигается приемлемый уровень безопасности системы (объекта защиты). Наглядно алгоритм обеспечения безопасности любой системы (объекта защиты) представлен на рисунке 2.1 [36].



Рисунок 2.1 – Триада «Опасность – риск – безопасность»

На любой объект защиты могут воздействовать множество различных внешних и внутренних опасностей. В тоже время каждая опасность характеризуется множеством различных рисков, оценивающих разные стороны и параметры данных опасностей. В совокупности набор данных рисков, соответствующих определенному виду опасности, можно назвать комплексным риском.

2.1.2 Основные интегральные пожарные риски

До недавнего времени существующая теория риска в основном исследовала локальные (объектовые) техногенные риски потенциально-опасных промышленных объектов (ТЭЦ, АЭС, НПЗ и др.). При проведении оценки опасности, которых, как правило, оценивались технологический процесс, здания и сооружения объекта защиты, далее оценивалась территория, где располагался объект защиты и прилегающая к ней селитебная территория [43].

Однако в последние годы большой интерес начала вызывать комплексная безопасность для оценки уровня защиты таких сложных социально-экономических систем как города, населенные пункты, регионы и государство в целом.

Для этих целей профессором Н.Н. Брушлинским и его учениками была разработана и предложена система интегральных (территориальных) рисков, а многие понятия, такие как индивидуальный и социальный риск, приобрели новые понятийные значения. Учеными Академии ГПС МЧС России [36, 42, 43] были предложены такие понятия, как локальный и интегральный риск.

К первым относятся отдельные объекты защиты: промышленные здания и сооружения, транспортные средства и т. п., на которых возможна реализация определенных опасностей.

Ко вторым рискам относятся сложные социально-экономические системы (города, населенные пункты, регионы, страны, континенты) которые

включают в себя различные элементы, зданий и сооружений, транспортные сети, промышленные и иные объекты, на которых возможна реализация комплекса угроз и опасностей, то есть они «суммируют» все локальные риски, присущие элементам защиты.

При проведении исследований по оценке и анализу рисков для социально-экономических систем используется имеющиеся массивы различных статистических данных, при исследовании локальных рисков, к сожалению, это очень сложно сделать, так как отсутствует соответствующая статистическая информация. В этой связи для локальных объектов защиты, как правило, используются различные комплексы других методов и теорий (теория прочности, надежности, методы имитационного моделирования и пр.).

К интегральным пожарным рискам (далее – пожарные риски) относятся [36, 42, 43]:

« R_1 – риск для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени, пожар/ чел. год;

R_2 – риск для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой), жертва/ пожар;

R_3 – риск для человека погибнуть при пожаре за единицу времени, жертва/ чел. год» [36, 42, 43].

Отсюда следует, что риски R_1 , R_2 , R_3 связаны между собой следующим соотношением

$$R_3 = R_1 \cdot R_2 \quad (2.1)$$

Риск R_1 характеризует возможность возникновения пожарной опасности, а риски R_2 , R_3 – возможные последствия возникновения пожарной опасности» [36, 42, 43].

Пожарные риски включают оценку возможности возникновения пожара и его некоторые последствия. Таким образом, при определении уровня пожарного риска необходимо знать частоту возникновения пожара на

том или ином объекте, а также возможные негативные последствия. Провести оценку пожарных рисков можно методами теории вероятности и математической статистики.

В СССР в конце 1970-х годов данные задачи впервые были решены с учетом пожарных рисков [44], а регулярное их исследование началось в начале 1990-х годов [37].

2.2 Сравнительный анализ пожарных рисков ряда стран и городов

В соответствии с вышеприведенной методикой необходимо выполнить анализ пожарных рисков некоторых стран и городов мира [45].

Для этого обстановку с пожарами в некоторых странах представим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Обстановка с пожарами в странах мира 2017 г. [46]

№	Страна	Население, тыс. чел.	Число		
			пожаров	погибших	травмированных
1	США	323128	1342000	3390	14650
2	Россия	146270	139500	8749	9905
3	Украина	42673	74221	1872	1351
4	Румыния	20121	27804	258	659
5	Казахстан	17500	19952	371	566
6	Беларусь	9505	5999	538	282
7	Кыргызстан	5522	3813	80	77
8	Финляндия	5463	12063	82	795
Итого		570182	1625352	15340	28285

Из таблицы 2.2 видно, что в 2017 г. в рассматриваемых странах произошло 1,62 млн пожаров, при которых погибло 15,3 тыс. и пострадало 28,2 тыс. человек. Наибольшее число пожаров зарегистрировано на США, наибольшее число погибших – в Российской Федерации.

Обстановка с пожарными рисками в рассматриваемых странах мира в 2016 г. представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Пожарные риски в странах мира 2017 г.

№	Страна	Пожарные риски				
		$R_1 \cdot 10^3$	$R_2 \cdot 10^2$	$R_3 \cdot 10^5$	$R_4 \cdot 10^2$	$R_5 \cdot 10^5$
1	США	4,2	0,3	1,0	1,1	4,5
2	Россия	1,0	6,3	6,0	7,1	6,8
3	Украина	1,7	2,5	4,4	1,8	3,2
4	Румыния	1,4	0,9	1,3	2,4	3,3
5	Казахстан	1,1	1,9	2,1	2,8	3,2
6	Беларусь	0,6	9,0	5,7	4,7	3,0
7	Кыргызстан	0,7	2,1	1,4	2,0	1,4
8	Финляндия	2,2	0,7	1,5	6,6	14,6
Итого		2,8	0,9	2,7	1,7	5,0

Из таблицы 2.3 видно, что в 2016 г. в рассматриваемых странах на 1000 жителей приходилось около 3 пожаров, на 100 тыс. человек пришлось 2,7 погибших и 5,0 травмированных. При каждом 100 пожарах погибало около 0,9 и получало увечья 1,7 человек.

Среднее число пожаров на 1000 жителей в рассматриваемых странах мира в 2017 г., представлено на рисунке 2.2.

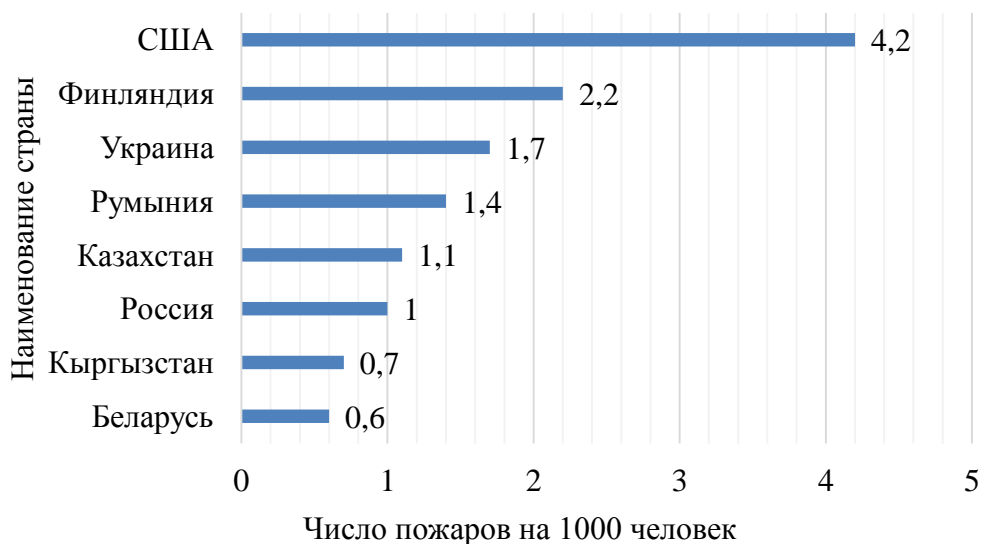


Рисунок 2.2 – Число пожаров в государствах-членах ЕврАзЭС на 1000 жителей в 2017 г.

Из рисунка 2.2 видно, что наибольший риск столкнуться с пожаром приходится на жителей США.

Согласно данным Центра пожарной статистики STIF [46] на 1 тыс. жителей городов мира в среднем приходится 1,4 пожара.

С помощью теории пожарных рисков [43], проведем исследования пожарной опасности некоторых городов мира.

Обстановку с пожарами в 15 городах мира можно представить в виде таблицы 2.4 и рисунка 2.3.

Таблица 2.4 – Основные пожарные риски в городах мира

№	Наименование города	Пожарные риски				
		$R_1 \cdot 10^3$	$R_2 \cdot 10^2$	$R_3 \cdot 10^5$	$R_4 \cdot 10^2$	$R_5 \cdot 10^5$
1	2	3	4	5	6	7
1	Токио	0,4	2,3	0,9	16,3	6,3
2	Москва	0,6	2,9	1,8	6,5	4,1
3	Гонконг	0,9	0,2	0,2	4,4	4,2
4	Париж	2,2	0,3	0,6	10,1	22,2
5	Минск	2,1	1	2,1	1,8	3,8
6	Бухарест	1	0,7	0,7	3	3
7	Будапешт	2,1	0,5	1	6,1	12,6
8	Алматы	0,7	1,9	1,3	4	10,3
9	Прага	1,9	0,3	0,5	5,8	10,8
10	Загреб	2	0,3	0,5	1,9	3,7
11	Нур-Султан	1,3	2,4	3,1	7,4	7,4
12	Рига	4	0,5	1,9	5,1	20,5
13	Хельсинки	1,5	0,8	1,2	5,3	8,1
14	Таллинн	3,5	0,5	1,8	2	7,1
15	Любляна	2,6	0,3	0,7	3,6	9,2
Итого		1,4	0,6	0,9	3,7	5,3

Из таблицы 2.4 видно, что в исследуемых городах на 1 тыс. жителей приходится около 1,4 пожаров, при 100 пожарах ежегодно погибает 0,6 и получает увечья 3,7 человек, на 100 тыс. человек приходится 1 погибший и порядка 5,3 травмированных.

Наибольшее число пожаров 1000 жителей приходится на города Рига (4), Таллинн (3,5) и Любляна (2,6). Наименьшее на города Токио (0,4) и Москва (0,6).

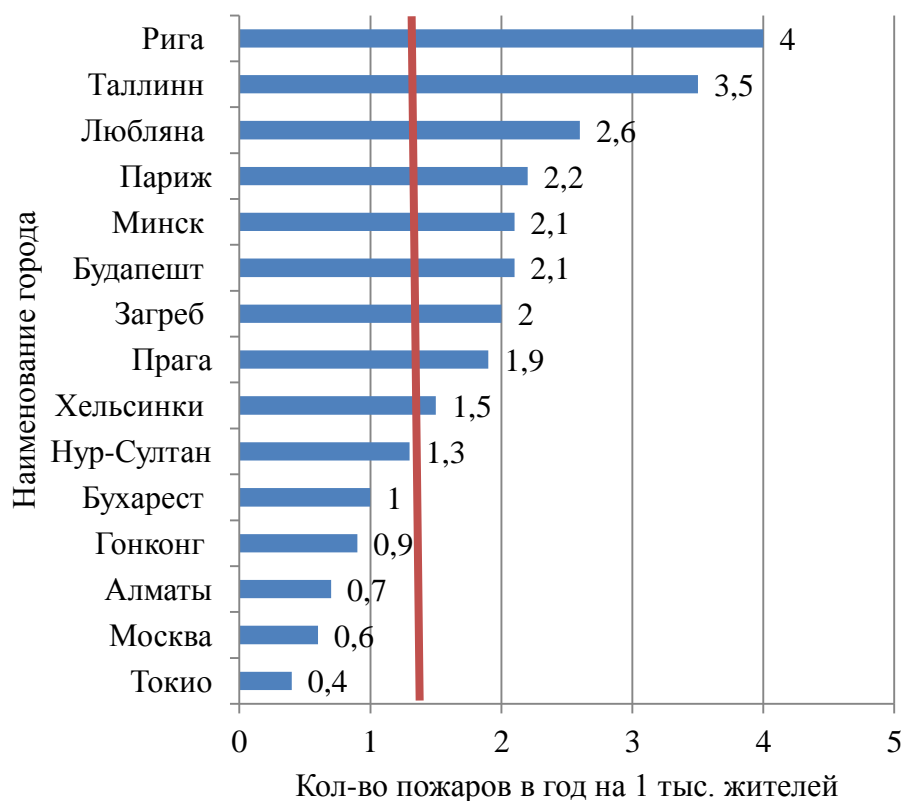


Рисунок 2.3 – Количество пожаров в городах на 1000 человек

Из рисунка 2.3 следует, что в 2017 г. в рассматриваемых городах на каждые 1000 чел. приходилось в среднем 1,4 пожара. Наибольший риск столкнуться с пожаром на 1000 чел. приходится на города Рига (4), Таллинн (3,5), Любляна (2,6), Париж (2,2), Будапешт (2,1), Минск (2,1), Загреб (2), Прага (1,9) и Хельсинки (1,5).

2.3 Индексный метод объединения пожарных рисков

В целях обеспечения соответствующего уровня пожарной безопасности городов и населенных пунктов необходимо решить некоторые проблемные вопросы, препятствующие эффективности ее достижения, что также позволит повысить результативность системы управления пожарными рисками [47]:

– для анализа пожарных рисков разработать соответствующую систему критериев, позволяющей оценивать интегральные пожарные риски;

– для проведения оценки результативности проводимых мероприятий по снижению пожарной опасности возможных интегральных рисков для городов, разработать модель на основе индексов.

Вышеизложенное обуславливает актуальность и значимость решения первой научной задачи.

Для решения данной научной задачи и оценки пожарной безопасности городов используем модель комплексной оценки пожарной опасности городов индексным методом.

Применение индексного метода для оценки пожарного риска и планирования деятельности системы обеспечения пожарной безопасности, следующие преимущества [48]:

1) индексы позволят определить соответствующие параметрические данные верхних и нижних границ, в пределах которых социально-экономические системы будут устойчиво функционировать и развиваться;

2) индексами можно устанавливать необходимые уровни приемлемого пожарного риска и ответственность за достижение поставленных целевых индикаторов подразделениями уполномоченных органов в области пожарной безопасности и администрацией городов;

3) индексы дают возможность заблаговременно определить возможные критические состояния в соответствующей социально-экономической системе, и провести необходимые экстренные мероприятия по минимизации последствий пожарного риска;

4) индексы также возможно применять при проведении качественного анализа интегральных пожарных рисков.

При использовании индексного метода внутри установленных границ создастся «информационное пространство», что является необходимым и достаточным преимуществом для выявления возможных интегральных пожарных рисков.

Индексный метод позволяет провести первичную оценку интегральных рисков и сравнить их между городами [48].

В целях упорядочения и систематизации в таблице 2.5 представлены этапы индексного моделирования комплексной оценки пожарных рисков городов.

Таблица 2.5 – Этапы индексного моделирования комплексной оценки пожарных рисков городов

Этап	Краткое содержание этапа моделирования
1 этап	Проводится сбор данных о произошедших пожарах и их последствиях за единицу времени
2 этап	Вычисляются основные пожарные риски [43]: R_1 – количество пожаров, приходящихся в год на одного человека; R_2 – количество погибших при одном пожаре; R_3 – количество людей, погибающих от пожаров за год, в расчете на одного человека; R_4 – количество пострадавших при одном пожаре; R_5 – количество людей, пострадавших от пожаров за год, в расчете на одного человека
3 этап	Проводится сравнительный анализ пожарных рисков путем ранжирования и присвоения соответствующего индекса J_{R_i} [47] Индекс присваивается по следующему принципу: чем выше показатель риска, тем выше индекс
4 этап	Комплексная оценка пожарной опасности проводится путем суммирования полученных итоговых индексов $J_k = \sum_{i=1}^5 J_{R_i}$. Таким образом, определяется комплексный показатель пожарного риска города [47]
5 этап	Определение интервальных значений комплексного показателя пожарной опасности $J_{k_{cp}} - 6 < J_{k_{cp}} < J_{k_{cp}} + 6$
6 этап	В завершении делается вывод о пожарной обстановке в городах и проводится анализ с целью разработки мер по ее улучшению (то есть по управлению пожарными рисками) [57]

Согласно приведенной модели, проведем оценку комплексного показателя пожарной опасности городов Республики Казахстан.

2.4 Оценка пожарной опасности городов Республики Казахстан на основе индексного метода

Для оценки пожарной опасности J_k индексным методом, представим пожарную обстановку в городах Республики Казахстан в виде таблицы 2.6 [49].

Таблица 2.6 – Обстановка с пожарами и их последствиями в городах Республики Казахстан в 2018 г.

№ п/п	Наименование	Население чел.	Число пожаров	Число жертв пожаров		Пожарный риск				
				Гибель	Травм.	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. С численностью населения от 100 тыс. и более										
1	Нур-Султан	1000000	2624	17	60	3,2	0,6	2,1	2,3	7,4
2	Алматы	1700000	3217	21	69	1,9	0,6	1,2	2,1	4,1
3	Шымкент	1200000	1965	8	14	2,2	0,4	0,9	0,7	1,6
4	Караганда	484510	2475	19	48	5,1	0,8	3,9	1,9	9,9
5	Актобе	387945	1032	6	31	2,7	0,6	1,5	3,0	7,9
6	Тараз	350300	738	11	15	2,1	1,5	3,1	2,0	4,3
7	Усть-Каменогорск	325803	1349	7	11	4,1	0,5	2,1	0,8	3,4
8	Семей	316667	917	6	24	2,9	0,6	1,9	2,6	7,6
9	Павлодар	300233	1712	10	13	5,7	0,6	3,3	0,8	4,3
10	Уральск	283629	1157	7	13	4,1	0,6	2,5	1,1	4,6
11	Атырау	265900	885	4	6	3,3	0,4	1,5	0,7	2,2
12	Кызылорда	264604	741	7	4	2,8	0,9	2,6	0,5	1,5
13	Туркестан	249414	272	2	1	1,1	0,3	0,8	0,4	0,4
14	Костанай	225807	1182	7	2	5,2	0,6	3,1	0,2	0,9
15	Петропавловск	208362	704	17	16	3,4	2,4	8,2	2,3	7,7
16	Актау	184175	648	1	2	3,5	0,1	0,5	0,3	1,1
17	Темиртау	182551	1097	7	11	6,0	0,6	3,8	1,0	6
18	Талдыкорган	162400	400	7	16	2,5	1,7	4,3	4,0	9,8
19	Кокшетау	154036	433	6	1	2,8	1,4	3,9	0,2	0,6
20	Экибастуз	149000	480	10	4	3,2	2,1	6,7	0,8	2,7
21	Жанаозен	130652	128	0	0	0,9	0	0	0	0
22	Рудный	123736	837	9	5	6,8	1,1	7,3	0,6	4,0
II. С численностью населения от 20 тыс. до 100 тыс.										
23	Кентау	86900	184	1	3	2,1	0,5	1,1	1,6	3,5
24	Жезказган	84763	666	0	4	7,8	0	0	0,6	4,7
25	Шардара	79300	112	0	0	1,4	0	0	0	0
26	Балхаш	78002	282	1	4	3,6	0,4	1,3	1,4	5,1
27	Кульсары	73500	147	1	0	2,0	0,7	1,4	0	0
28	Сатпаев	69934	350	2	5	5,0	0,6	2,9	1,4	7,1
29	Арысь	67122	133	1	0	1,9	0,7	1,5	0	0
30	Каскелен	64451	62	0	1	0,9	0	0	1,6	1,5
31	Капчагай	60781	59	2	2	0,9	3,4	3,3	3,4	3,3
32	Сарань	51413	362	1	6	7,0	0,3	1,9	1,6	11,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33	Талгар	48687	124	0	1	2,5	0	0	0,8	2,1
34	Риддер	48501	316	4	2	6,5	1,3	8,2	0,6	4,1
35	Степногорск	47019	285	3	0	6,1	1,1	6,4	0	0
36	Аксу	46083	260	1	4	5,6	0,4	2,2	1,5	8,7
37	Щучинск	45583	156	2	1	3,4	1,3	4,4	0,6	2,2
38	Есик	44531	38	1	2	0,8	2,6	2,2	5,3	4,5
39	Жаркент	41943	89	0	1	2,1	0	0	1,1	2,4
40	Сарыагаш	39758	216	1	6	5,4	0,5	0,3	2,8	1,9
41	Аягоз	38950	111	0	0	2,8	0	0	0	0
42	Зыряновск	38726	332	3	1	8,6	0,9	7,7	0,3	2,6
43	Шахтинск	37900	329	1	17	8,7	0,3	2,6	5,2	44,8
44	Житикара	35108	269	2	0	7,7	0,7	5,7	0	0
45	Шу	35000	69	3	1	1,9	4,3	8,6	1,4	2,9
46	Аксай	33642	107	1	0	3,2	0,9	2,9	0	0
47	Кандыагаш	32846	61	0	0	1,9	0	0	0	0
48	Аральск	31893	40	0	0	1,3	0	0	0	0
49	Текели	31000	48	1	0	1,5	2,1	3,2	0	0
50	Жетысай	29630	186	0	3	6,3	0	0	1,6	10,1
51	Атбасар	29614	138	6	2	4,7	4,3	20,3	1,4	6,8
52	Аркалык	28583	144	2	3	5,0	1,4	6,9	2,1	10,5
53	Шалкар	27976	54	0	1	1,9	0	0	1,8	3,6
54	Уштобе	27942	38	1	3	1,4	2,6	3,6	7,9	10,7
55	Абай	27890	169	1	0	6,1	0,6	3,6	0	0
56	Ленгер	25298	145	1	1	5,7	0,7	0,9	0,7	0,9
57	Хромтау	25284	58	0	2	2,3	0	0	3,4	7,9
58	Жанатас	22300	37	1	0	1,7	2,7	4,5	0	0
59	Каратау	22000	47	1	1	2,1	2,1	4,5	2,1	4,5
60	Алга	20220	70	0	0	3,5	0	0	0	0
III. С численностью населения до 20 тыс.										
61	Каражал	19172	34	0	0	1,8	0	0	0	0
62	Шемонаиха	18167	104	1	0	5,2	0,9	5,5	0	0
63	Ушарал	18082	19	0	0	1,1	0	0	0	0
64	Макинск	17896	47	3	0	2,6	6,4	16,8	0	0
65	Зайсан	15637	74	0	0	4,7	0	0	0	0
66	Сарканд	13889	29	0	0	2,1	0	0	0	0
67	Акколь	13672	78	4	0	5,7	5,1	29,3	0	0
68	Приозёрск	13258	173	1	0	13,0	0,6	7,5	0	0
69	Ерейментау	12518	44	2	0	3,5	4,5	15,9	0	0
70	Курчатов	11998	57	0	0	4,8	0	0	0	0
71	Эмба	11847	18	0	1	1,5	0	0	5,5	8,4
72	Тайынша	11697	35	2	0	3,0	5,7	16,7	0	0
73	Есиль	10554	94	0	0	8,9	0	0	0	0
74	Серебрянск	9438	31	0	0	3,3	0	0	0	0
75	Шар	9414	40	0	0	4,2	0	0	0	0
76	Каркаралинск	8713	43	0	1	4,9	0	0	2,3	11,5
77	Булаево	8694	33	0	0	3,8	0	0	0	0
78	Сергеевка	7370	10	1	0	1,4	0	0	0	0
79	Мамлютка	7320	37	0	0	5,1	0	0	0	0
80	Казалинск	7712	8	0	0	1,0	0	0	0	0
81	Державинск	6290	28	0	0	4,5	0	0	0	0
82	Форт-Шевченко	5337	11	0	0	2,1	0	0	0	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
83	Степняк	4800	14	0	0	2,9	0	0	0	0
84	Темир	2577	8	0	0	3,1	0	0	0	0
85	Жем	2015	3	0	0	1,4	0	0	0	0
	ИТОГО	10098748	32358	248	447	3,2	0,8	2,36	1,4	4,6

Из таблицы 2.6 следует, что в 2018 г. в городах Республики Казахстан проживало 10,1 млн человек или 63 % населения страны. В этот же год в городах Казахстана произошло более 32,3 тыс. пожаров, в результате которых погибло 248 человек и травмировано 447 человек.

На следующем этапе проводится анализ пожарной опасности городов с помощью теории интегральных пожарных рисков [43] (см. таблицу 2.6). Для этих целей воспользуемся статистическими данными о численности населения, данными по пожарной обстановке в городах Республики Казахстан и их последствиями. Проведенная оценка интегральных пожарных рисков в городах Республики Казахстан показала, что на 1 тыс. жителей городов в среднем в год приходится 3,2 пожара, на каждые 100 пожаров приходится 0,8 погибших 1,4 травмированных (см. таблицу 2.6).

Проведенная оценка интегральных пожарных рисков в городах Республики Казахстан не позволили выявить наиболее опасные в пожарном отношении города. Для разрешения этого проблемного вопроса используем индексный метод.

Индексы группы рисков J_{R_i} , $i = \overline{1,5}$ определяются в соответствии с ранжированием показателей пожарного риска. Ранжирование проводится по всем показателям пожарного риска R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 для рассматриваемых городов. Чем выше показатель пожарного риска, тем ниже индекс.

В соответствии с данными таблицы 2.6 путем ранжирования определены индексы рисков $J_{R_1}, J_{R_2}, J_{R_3}, J_{R_4}, J_{R_5}$ для исследуемых городов (таблица 2.7).

Из таблицы 2.7 видно, что в рассматриваемых городах по каждому риску получен соответствующий индекс J_{R_i} который колеблется $0 \rightarrow n$.

В некоторых городах индексы риска J_{R_i} равны 0 или же являются одинаковыми, это связано с тем что, во-первых, в этих городах в рассматриваемый период погибших и травмированных при пожарах не зарегистрировано; во-вторых, риск оказаться в условиях пожара, погибнуть или получить увечья были одинаковы.

Таблица 2.7 – Индексы рисков городов Республики Казахстан

№ п/п	Наименование	Индекс риска					
		J_{R_1}	J_{R_2}	J_{R_3}	J_{R_4}	J_{R_5}	J_k
1	2	3	4	5	6	7	8
I. С численностью населения от 100 тыс. и более							
1	Нур-Султан	10	6	7	13	13	49
2	Алматы	3	6	4	12	11	36
3	Шымкент	5	4	3	6	6	24
4	Караганда	15	7	13	10	18	63
5	Актобе	7	6	5	15	16	49
6	Тараз	4	11	10	11	10	46
7	Усть-Каменогорск	14	5	7	7	9	42
8	Семей	9	6	6	14	14	49
9	Павлодар	17	6	11	7	10	51
10	Уральск	14	6	8	9	11	48
11	Атырау	11	3	5	6	7	32
12	Кызылорда	8	8	9	4	5	34
13	Туркестан	2	2	2	3	1	10
14	Костанай	16	6	10	1	3	36
15	Петропавловск	12	15	17	13	15	72
16	Актау	13	1	1	2	4	21
17	Темиртау	18	6	12	8	12	56
18	Талдыкорган	6	12	14	16	17	65
19	Кокшетау	8	10	13	1	2	34
20	Экибастуз	10	14	15	7	8	54
21	Жанаозен	1	0	0	0	0	1
22	Рудный	19	9	16	5	10	59
II. С численностью населения от 20 до 100 тыс.							
23	Кентау	9	3	3	8	10	33
24	Жезказган	27	0	0	2	13	42
25	Шардара	4	0	0	0	0	4
26	Балхаш	15	2	4	6	14	41
27	Кульсары	8	5	5	0	0	18
28	Сатпаев	17	4	10	6	16	53
29	Арысь	7	5	6	0	0	18
30	Каскелен	2	0	0	8	2	12
31	Капчагай	2	12	12	12	9	47
32	Сарань	25	1	7	8	21	62
33	Талгар	11	0	0	4	4	19
34	Риддер	23	8	20	2	12	65

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	8	7	8
35	Степногорск	21	7	17	0	0	45
36	Аксу	19	2	8	7	18	54
37	Щучинск	13	8	14	2	5	42
38	Есик	1	11	8	13	12	45
39	Жаркент	9	0	0	5	6	20
40	Сарыагаш	18	3	1	11	3	36
41	Аягоз	12	0	0	0	0	12
42	Зыряновск	28	6	19	1	7	61
43	Шахтинск	29	1	9	13	22	74
44	Житикара	26	5	16	0	0	47
45	Шу	7	13	21	6	8	55
46	Аксай	12	6	10	0	0	28
47	Кандыагаш	7	0	0	0	0	7
48	Аральск	3	0	0	0	0	3
49	Текели	5	10	11	0	0	26
50	Жетысай	22	0	0	8	19	49
51	Атбасар	16	13	22	6	15	72
52	Аркалык	17	9	18	10	19	73
53	Шалкар	7	0	0	9	11	27
54	Уштобе	4	11	13	14	20	62
55	Абай	21	4	13	0	0	38
56	Ленгер	20	5	2	3	1	31
57	Хромтау	10	0	0	12	17	39
58	Жанатас	6	12	15	0	0	33
59	Каратау	9	10	15	10	12	56
60	Алга	14	0	0	0	0	14
III. С численностью населения до 20 тыс.							
61	Каражал	5	0	0	0	0	5
62	Шемонаиха	20	2	1	0	0	23
63	Ушарал	2	0	0	0	0	2
64	Макинск	7	6	5	0	0	18
65	Зайсан	16	0	0	0	0	16
66	Сарканд	6	0	0	0	0	6
67	Акколь	21	4	6	0	0	31
68	Приозёрск	23	1	2	0	0	26
69	Ерейментау	12	3	3	0	0	18
70	Курчатов	17	0	0	0	0	17
71	Эмба	4	0	0	2	1	7
72	Тайынша	9	5	4	0	0	18
73	Есиль	22	0	0	0	0	22
74	Серебрянск	11	0	0	0	0	11
75	Шар	14	0	0	0	0	14
76	Каркаралинск	18	0	0	1	2	21
77	Булаево	13	0	0	0	0	13
78	Сергеевка	3	0	0	0	0	3
79	Мамлютка	19	0	0	0	0	19
80	Казалинск	1	0	0	0	0	1
81	Державинск	15	0	0	0	0	15

Окончание таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8
82	Форт-Шевченко	6	0	0	0	0	6
83	Степняк	8	0	0	0	0	8
84	Темир	10	0	0	0	0	10
85	Жем	3	0	0	0	0	3

Полученные индексы суммируются по каждой группе городов $J_k = \sum_{i=1}^5 J_{R_i}$, в результате чего можно получить комплексный показатель пожарной опасности (таблица 2.7, рисунки 2.4–2.6).

Согласно полученным значениям комплексного показателя пожарной опасности J_k , для определения интервальных значений, рассчитаем среднее квадратичное отклонение для каждой группы городов

$$\sigma = \sqrt{\frac{(j_1 - J_{k_{cp}})^2 + (j_2 - J_{k_{cp}})^2 + \dots + (j_n - J_{k_{cp}})^2}{N_j}} \quad (2.2)$$

где среднее значение комплексного показателя пожарной опасности

$$J_{k_{cp}} = \frac{\sum J_i}{N_j}.$$

Согласно полученным средним квадратичным отклонениям, рассчитываются интервалы средних квадратичных отклонений для каждой группы городов Республики Казахстан $J_{k_{cp}} - \sigma < J_k < J_{k_{cp}} + \sigma$

Среднее значение комплексного показателя пожарной опасности в I группе городов равно $J_{k_{cp}} = 42,3$. Среднее квадратичное отклонение равно $\sigma = 17,3$. Таким образом, $J_{k_{cp}} \pm \sigma$ получаем интервалы средних квадратичных отклонений $25 < J_k < 59,6$.

По полученным интервалам проводится сравнительный анализ для каждой группы городов (см. рисунки 2.4–2.6).

Из рисунка 2.4 видно, что во входящих в I группу городах значения комплексного показателя пожарной опасности колеблется $1 \rightarrow 72$.

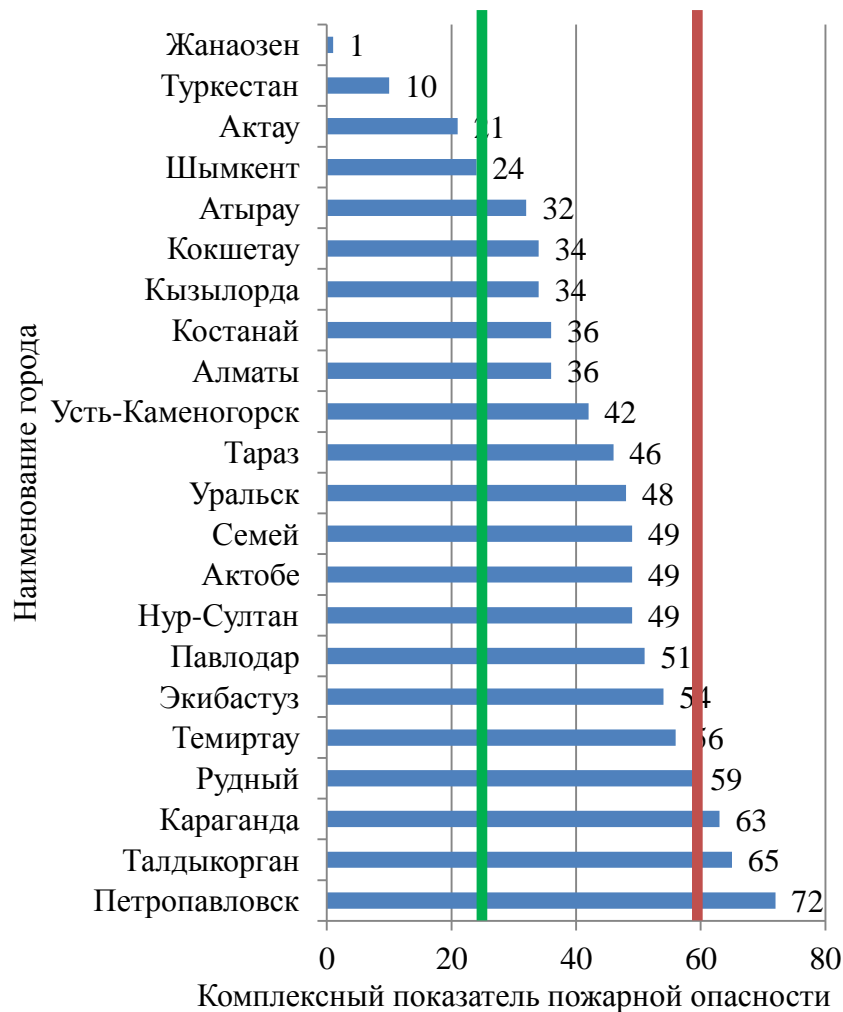


Рисунок 2.4 – Комплексный показатель пожарной опасности городов с численностью населения от 100 тыс. и более

Комплексный показатель пожарной опасности в 4 городах выходит за пределы правого значения.

В связи с чем сделаем вывод, что обстановка с пожарами и их последствиями в данных населенных пунктах была значительно хуже.

Максимальный комплексный показатель пожарной опасности определен в городе Петропавловск Северо-Казахстанской области ($J_k = 72$).

Также из числа наиболее опасных городов входящих в I группу по комплексному показателю пожарной опасности целесообразно выделить:

- Талдыкорган (Алматинская область);
- Караганда (Карагандинская область);
- Рудный (Костанайская область).

Оценка комплексного показателя пожарной опасности позволила определить, что наиболее благоприятная обстановка по всем исследуемым пожарным рискам зарегистрирована в следующих населенных пунктах Республики Казахстан (рисунок 2.4):

- Жанаозен (большой город, Мангистауская область);
- Туркестан (большой город, Туркестанская область);
- Актау (большой город, Мангистауская область);
- Шымкент (крупнейший город республиканского значения).

По результатам проведенной оценки комплексного показателя пожарной опасности установлено, что наиболее высоки риски пожаров и их последствий в городах Северо-Казахстанской, Алматинской, Карагандинской, и Костанайской областях.

Среди регионов Республики Казахстан, входящих в состав указанных областей, по повышенным рискам пожаров выделяются следующие города:

По Северо-Казахстанской области:

- Петропавловск (большой город, $J_k = 72$);

По Алматинской области:

- Талдыкорган (крупный город, $J_k = 65$).

По Карагандинской области:

- Караганда (крупный город, $J_k = 63$).

По Костанайской области:

- Рудный (большой город, $J_k = 59$).

Проведенный анализ показал, что из 4 городов с высоким комплексным показателем пожарной опасности, 2 являются крупными и 2 большими.

В границах интервальных значений находятся города:

- Темиртау (большой город, Карагандинская область);
- Экибастуз (большой город, Павлодарская область);
- Павлодар (крупный город, Павлодарская область);
- Семей (крупный город, Восточно-Казахстанская область);

- Актобе (крупный город, Актюбинская область);
- Нур-Султан (крупнейший город, столица республики);
- Уральск (крупный город, Западно-Казахстанская область);
- Тараз (крупный город, Жамбылская область);
- Усть-Каменогорск (крупный город, Восточно-Казахстанская область);
- Алматы (крупнейший город республиканского значения);
- Костанай (большой город, Костанайская область);
- Кызылорда (большой город, Кызылординская область);
- Кокшетау (большой город, Ақмолинская область);
- Атырау (большой город, Атырауская область).

Для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности данным городам необходимо, как минимум оставаться в границах установленного интервала (но относиться к такой ситуации, как к критической), а желательнее всего удерживать J_k ниже левой границы интервала.

Среднее значение комплексного показателя пожарной опасности во II группе городов равно $J_{k_{cp}} = 38,5$. Среднее квадратичное отклонение равно $\sigma = 19,7$. По значениям $J_{k_{cp}}$ и σ получим интервалы средних квадратичных отклонений $18,8 < J_{k_{cp}} < 58,2$. По полученным интервальным значениям проведем сравнительный анализ.

Из рисунка 2.5 видно, что в городах относящиеся ко II группе значения комплексного показателя пожарной опасности колеблется $3 \rightarrow 74$.

Комплексный показатель пожарной опасности в 7 городах выходит за пределы правого значения.

В связи с чем сделаем вывод, что обстановка с пожарами и их последствиями в данных населенных пунктах была значительно хуже.

Наибольший комплексный показатель пожарной опасности зафиксирован в городе Шахтинск Карагандинской области ($J_k = 74$).

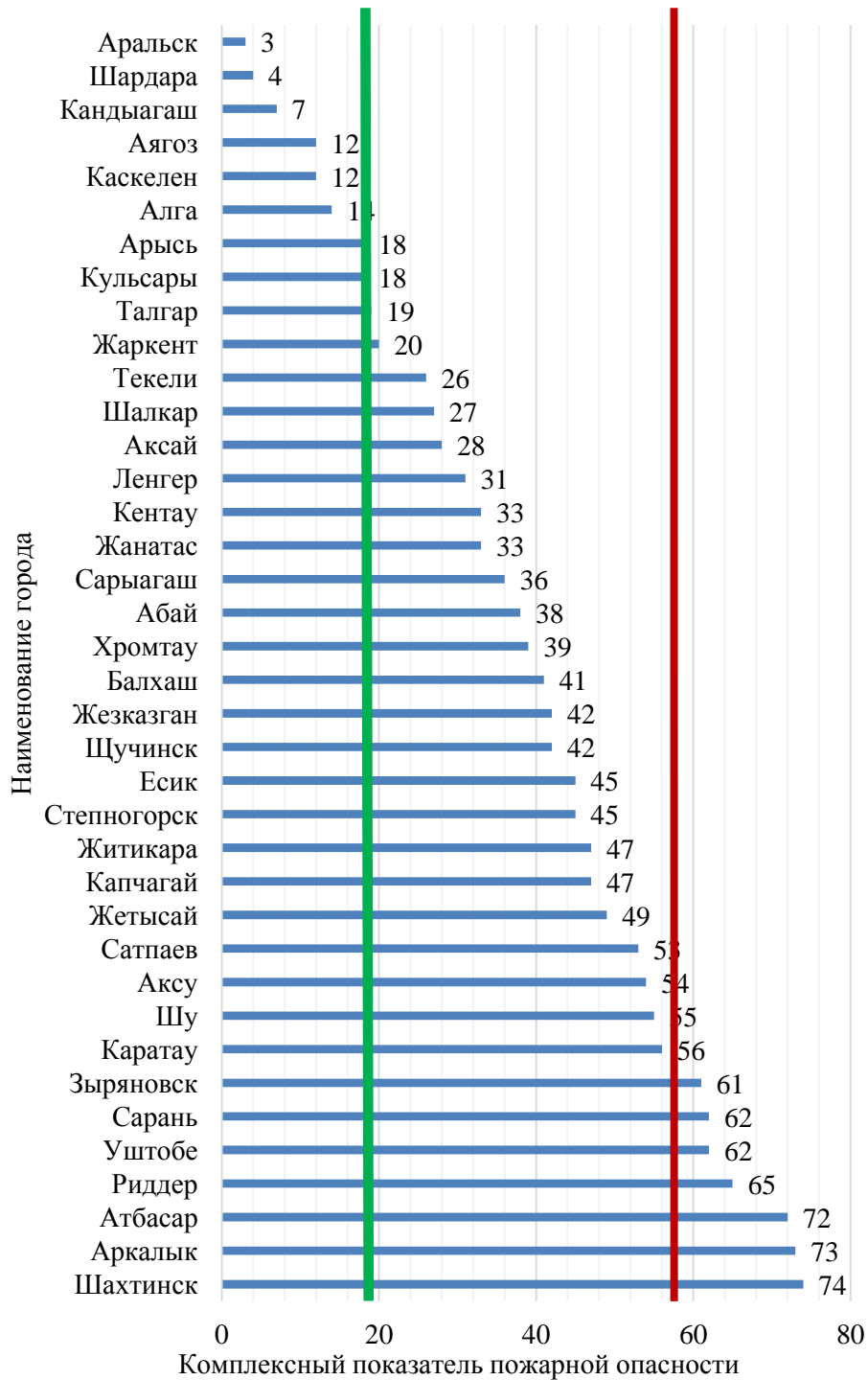


Рисунок 2.5 – Комплексный показатель пожарной опасности городов с численностью населения от 50 до 100 тыс. чел.

Кроме этого, из числа наиболее опасных городов Республики Казахстан по комплексному показателю пожарной опасности целесообразно выделить:

– Аркалык (Костанайская область);

- Атбасар (Акмолинская область);
- Риддер (Восточно-Казахстанская область);
- Уштобе (Алматинская область);
- Сарань (Карагандинская область);
- Зыряновск (Восточно-Казахстанская область).

Наиболее благополучная обстановка по всем исследуемым пожарным рискам зарегистрирована в следующих городах, относящихся ко второй категории (рисунок 2.5):

- Аральск (Кызылординская область);
- Шардара (Туркестанская область);
- Кандыагаш (Актюбинская область);
- Аягоз (Восточно-Казахстанская область);
- Каскелен (Алматинская область);
- Алга (Актюбинская область).

По результатам проведенной оценки комплексного показателя пожарной опасности городов, относящихся ко II группе установлено, что наиболее высоки риски пожаров и их последствий в городах Костанайской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской, Алматинской и Карагандинской областях.

Среди регионов Республики Казахстан, входящих в состав указанных областей, по повышенным рискам пожаров выделяются следующие города:

По Карагандинской области:

- Шахтинск (малый город, $J_k = 74$);
- Сарань (средний город, $J_k = 62$).

По Костанайской области:

- Аркалык (малый город, $J_k = 73$).

По Акмолинской области:

- Атбасар (малый город, $J_k = 72$).

По Восточно-Казахстанской области:

- Риддер (малый город, $J_k = 65$);

– Зыряновск (малый город, $J_k = 61$).

По Алматинской области:

– Уштобе (малый город, $J_k = 67$).

Проведенный анализ показал, что из 7 городов с высоким комплексным показателем пожарной опасности, 6 являются малыми и 1 средним.

В границах интервальных значений находятся города:

- Каратау (Жамбылская область);
- Шу (Жамбылская область);
- Аксу (Павлодарская область);
- Сатпаев (Карагандинская область);
- Жетысай (Туркестанская область);
- Капчагай (Алматинская область);
- Житикара (Костанайская область);
- Степногорск (Акмолинская область);
- Есик (Алматинская область);
- Щучинск (Акмолинская область);
- Жезказган (Карагандинская область);
- Балхаш (Карагандинская область);
- Хромтау (Актюбинская область).
- Арысь (Туркестанская область);
- Кульсары (Атырауская область);
- Талгар (Алматинская область);
- Жаркент (Алматинская область);
- Текели (Алматинская область);
- Шалкар (Актюбинская область);
- Аксай (Западно-Казахстанская область);
- Ленгер (Туркестанская область);
- Кентау (Туркестанская область);
- Жанатас (Жамбылская область);

- Сарыагаш (Туркестанская область);
- Абай (Карагандинская область).

Для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности данным городам необходимо, как минимум оставаться в границах установленного интервала (но относиться к такой ситуации, как к критической), а желательнее всего удерживать J_k ниже левой границы интервала.

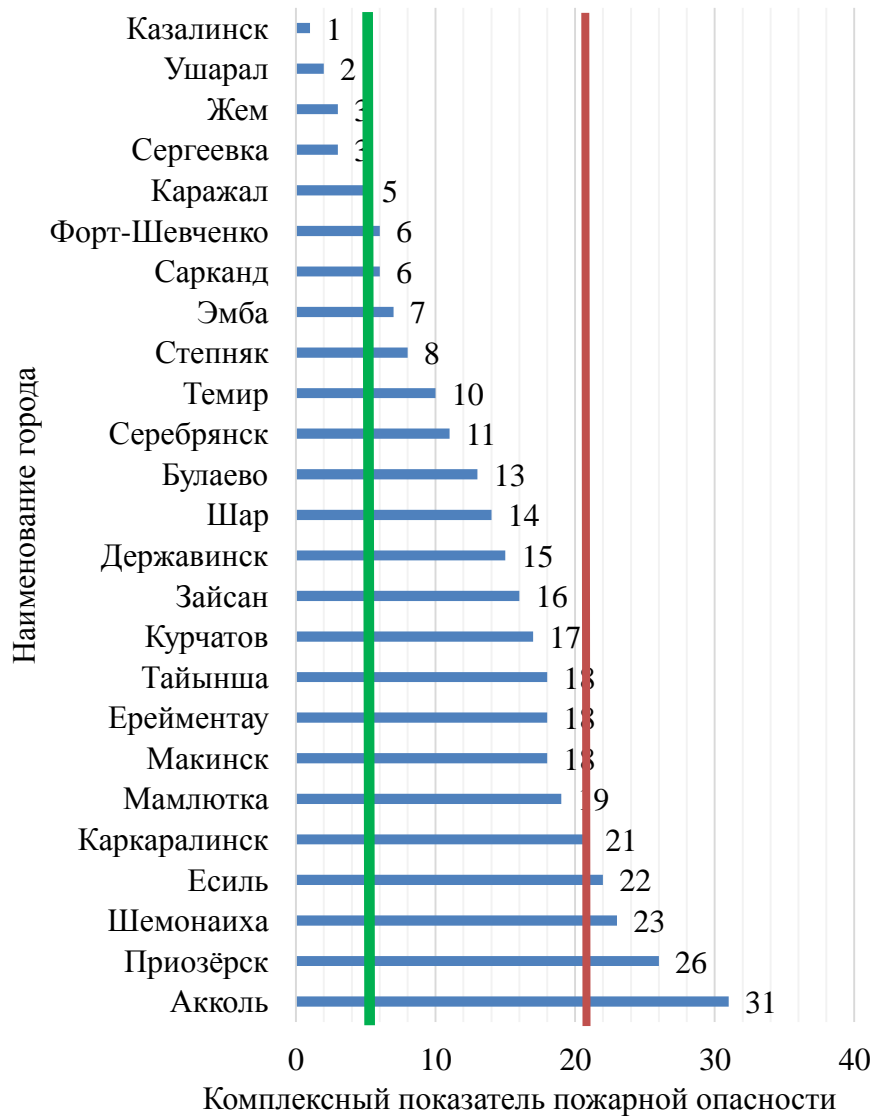


Рисунок 2.6 – Комплексный показатель пожарной опасности городов с численностью населения до 20 тыс. чел.

Среднее значение комплексного показателя пожарной опасности во III группе городов равно $J_{k_{cp}} = 13,3$. Среднее квадратичное отклонение равно $\sigma = 7,9$. По значениям $J_{k_{cp}}$ и σ получим интервалы средних

квадратичных отклонений $5,4 < J_{k_{cp}} < 21,2$. По полученным интервальным значениям проведем сравнительный анализ.

Из рисунка 2.6 видно, что в городах относящиеся к III группе значения комплексного показателя пожарной опасности колеблется $1 \rightarrow 31$.

Комплексный показатель пожарной опасности в 5 городах выходит за пределы правого значения.

В связи с чем сделаем вывод, что обстановка с пожарами и их последствиями в данных населенных пунктах была значительно хуже.

Наибольший комплексный показатель пожарной опасности зафиксирован в городе Акколь Акмолинской области ($J_k = 31$).

Кроме этого, в число наиболее опасных городов по комплексному показателю пожарной опасности целесообразно выделить:

- Приозерск (Карагандинская область);
- Шемонаиха (Восточно-Казахстанская область);
- Есиль (Акмолинская область);
- Каркаралинск (Карагандинская область).

По результатам проведенной оценки комплексного показателя пожарной опасности городов, относящихся к III группе, установлено, что наиболее высоки риски пожаров и их последствий в городах следующих областей:

- Карагандинской;
- Акмолинской;
- Восточно-Казахстанской.

Среди регионов Республики Казахстан, входящих в состав указанных областей, по повышенным рискам пожаров выделяются следующие города:

По Акмолинской области:

- Акколь (малый город, $J_k = 31$);
- Есиль (малый город, $J_k = 22$).

По Восточно-Казахстанской области:

- Шемонаиха (малый город, $J_k = 23$).

По Карагандинской области:

- Приозерск (малый город, $J_k = 26$);
- Каркаралинск (малый город, $J_k = 41$).

Наиболее благополучная обстановка по всем исследуемым пожарным рискам зарегистрирована в следующих городах, относящихся ко второй категории (рисунок 2.6):

- Казалинск (Кызылординская область);
- Ушарал (Алматинская область);
- Жем (Актюбинская область);
- Сергеевка (Северо-Казахстанская область);
- Каражал (Карагандинская область).

В границах интервальных значений находятся города:

- Мамлютка (Северо-Казахстанская область);
- Макинск (Акмолинская область);
- Ерейментау (Акмолинская область);
- Тайынша (Северо-Казахстанская область);
- Курчатов (Восточно-Казахстанская область);
- Зайсан (Восточно-Казахстанская область);
- Державинск (Акмолинская область);
- Шар (Восточно-Казахстанская область);
- Булаево (Северо-Казахстанская область);
- Серебрянск (Восточно-Казахстанская область);
- Темир (Актюбинская область);
- Степняк (Акмолинская область);
- Эмба (Актюбинская область);
- Сарканд (Алматинская область);
- Форт-Шефченко (Мандистауская область).

Для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности данным городам необходимо, как минимум оставаться в границах установленного

интервала (но относиться к такой ситуации, как к критической), а желательнее всего удерживать J_k ниже левой границы интервала.

В таблице 2.8 представлена сводная информация по городам и регионам республики, в которых комплексный показатель пожарной опасности выходят за пределы правого значения.

Таблица 2.8 – Сводная информация по городам и регионам республики

№ п/п	Наименование	Всего городов	Группа города		
			I	II	III
1	Акмолинская область	10	-	Атбасар	Акколь
2			-	-	Есиль
3	Актюбинская область	8	-	-	-
4	Алматинская область	10	Талдыкорган	Уштобе	-
5	Восточно-Казахстанская область	10	-	Риддер	Шемонаиха
6			-	Зыряновск	-
7	Жамбылская область	4	-	-	-
8	Западно-Казахстанская область	2	-	-	-
9	Карагандинская область	11	Караганда	Шахтинск	Приозерск
10			-	Сарань	Каркаралинск
11	Костанайская область	4	Рудный	Аркалык	-
12					
13	Павлодарская область	3	-	-	-
14	Северо-Казахстанская область	5	Петропавловск	-	-
15	Туркестанская область	7	-	-	-

Из таблицы 2.8 видно, что из 85 исследуемых городов в 16 комплексный показатель пожарной опасности превышает интервальные значения $J_{k_{cp}} - 6 < J_{k_{cp}} < J_{k_{cp}} + 6$. Наибольшее количество данных городов приходится на следующие области:

- Карагандинскую (5);
- Акмолинскую (3);
- Восточно-Казахстанскую (3);

- Алматинскую (2);
- Костанайскую (2);
- Северо-Казахстанскую (1).

Местным исполнительным и уполномоченным органам в области пожарной безопасности в целях обеспечения определенного уровня пожарной безопасности необходимо разрабатывать и реализовывать соответствующие управленческие решения по минимизации пожарного риска в городах.

2.5 Причины и объекты пожаров в Республике Казахстан

Для качественного анализ и исследования причин возникновения пожаров в городах Республики Казахстан, проведем их разделение на 3 основные группы: природные, техногенные и социальные [50]. К природным причинам относятся энергия Солнца, удары молнии, самовозгорания и т. п. К техногенным причинам относятся неисправности в электроприборах, электросетях, системах отопления, других инженерных сетях и приборах, которые повлекли за собой возникновение пожаров и их последствий. К социальным причинам пожаров относятся поджоги, неосторожное обращение с огнем, шалость детей с огнем, нарушение правил пожарной безопасности в быту и на производстве и т. п., т. е. виновником таких пожаров является человек [51].

Следует отметить большое влияние «человеческого фактора» на техногенные причины, так как технические причины являются не более чем последствием человеческой неграмотности, небрежности, отсутствия средств для приведения технических систем в пожаробезопасное состояние, либо желания сэкономить при монтаже, установке или эксплуатации различных приборов и инженерных систем [52].

Анализ пожаров, произошедших в городах Казахстана, показал, что до 38 % приходится на неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации электроприборов – 23 %, поджоги – 10 %, шалость детей – 3 % и т. д. (рисунок 2.7) [15].

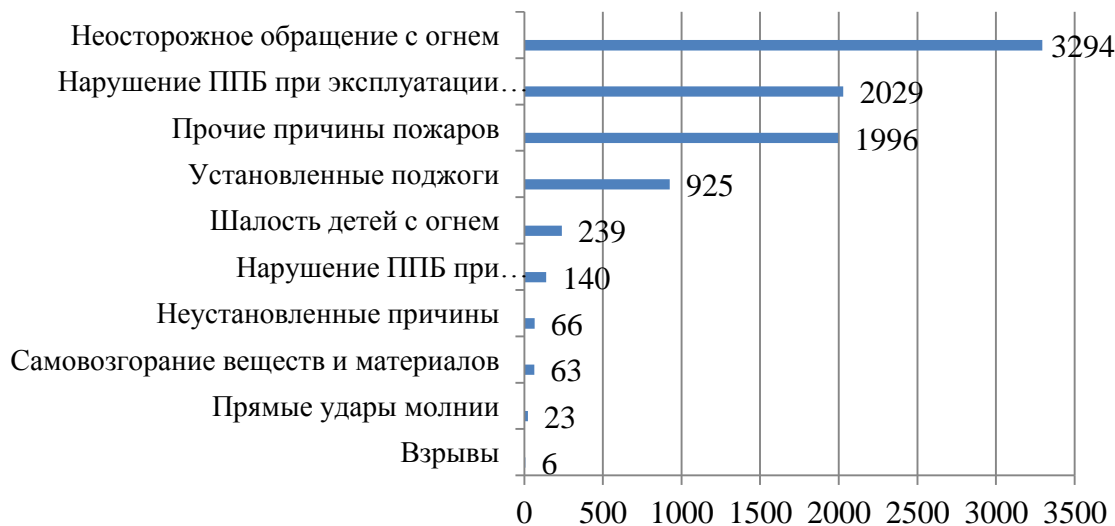


Рисунок 2.7 – Причины пожаров в городах Казахстана

Для определения причин возникновения пожаров, обусловленных действием трех вышеописанных факторов, представим обстановку с пожарами в городах Казахстана в виде таблицы 2.9.

Из таблицы 2.9 видно:

- в крупнейших городах наибольшее число пожаров приходится на нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации электроприборов (37,7 %) и неосторожное обращение с огнем (34,6 %);
- крупных на неосторожное обращение с огнем (46,3 %);
- больших на неосторожное обращение с огнем (48,1 %);
- средних на неосторожное обращение с огнем (31,3 %);
- малых на неосторожное обращение с огнем (33,5 %).

Данные пожары все произошли по вине «человеческого фактора», то есть социального [52].

Влияние «человеческого фактора» достаточно велико и среди техногенных причин пожаров, так как именно люди допускают небрежность

или неграмотность при монтаже, установке и эксплуатации различных приборов и инженерных систем [51].

Таблица 2.9 – Распределение пожаров и их последствий по причинам возникновения в городах Казахстана в 2018 г.

Причины пожаров	Кол-во / %	Классификация городов				
		Крупнейшие	Крупные	Большие	Средние	Малые
Установленные поджоги	Кол-во	76	361	134	119	235
	%	5,9	10,6	10,2	19,6	17,8
Нарушение ППБ при эксплуатации электроприборов	Кол-во	494	862	237	158	278
	%	37,7	25,2	18,1	26,1	21,2
Неосторожное обращение с огнем	Кол-во	454	1581	629	190	440
	%	34,6	46,3	48,1	31,3	33,5
Шалость детей с огнем	Кол-во	60	80	36	22	41
	%	4,6	2,3	2,8	3,6	3,1
Самовозгорание веществ и материалов	Кол-во	15	14	14	10	10
	%	1,1	0,4	1,1	1,6	0,8
Взрывы	Кол-во	1	2	2	0	1
	%	0,1	0,05	0,2	0	0,1
Прямые удары молнии или их вторичные воздействия	Кол-во	0	2	3	0	18
	%	0	0,05	0,2	0	1,3
Нарушение ППБ при производстве электросварочных и других огневых работ	Кол-во	16	43	41	13	27
	%	1,2	1,3	3,1	2,1	2,1
Не установленные причины	Кол-во	49	9	5	0	3
	%	3,7	0,2	0,4	0	0,2
Прочие причины пожаров	Кол-во	146	464	207	95	261
	%	11,1	13,6	15,8	15,7	19,9
ИТОГО	Кол-во	1311	3418	1308	607	1314
	%	100	100	100	100	100

Для анализа обстановки с пожарами в зависимости от объектов пожаров, представим их в виде таблицы 2.10.

Таблица 2.10 – Распределение пожаров по видам объектов

Объекты пожаров	Кол-во / %	Классификация городов				
		Крупнейшие	Крупные	Большие	Средние	Малые
С массовым пребыванием людей	Кол-во	223	97	21	11	20
	%	17,3	2,5	1,3	1,7	1,4
Жилой сектор	Кол-во	833	2594	866	466	1050
	%	64,7	68,6	55,6	73,2	74,8
Природные	Кол-во	2	18	3	4	24
	%	0,2	0,5	0,3	0,6	1,7
На прочих объектах	Кол-во	229	1074	667	156	311
	%	17,8	28,4	42,8	24,5	22,1
ИТОГО	Кол-во	1287	3783	1557	637	1405
	%	100	100	100	100	100

Из таблицы 2.10 видно, что наибольшее число пожаров в городах Казахстана приходится на жилой сектор и прочие объекты, в состав которых входят надворные постройки, на транспорте, промышленные и иные объекты.

Отсюда следует, что в работе по предупреждению пожаров особое внимание нужно уделить именно жилому сектору и адресной работе с населением [52].

Необходимо научиться снижать риски пожаров от неосторожного обращения с огнем и эксплуатации электрооборудования [52]. Решение данной задачи позволит существенно уменьшить число пожаров в городах Казахстана.

Выводы по главе

Анализ и оценка пожарных рисков показал, что в городах Республики Казахстан в 2017 г. проживало 63 % населения. В этот же период произошло более 32 тыс. пожаров и случаев горения, при которых погибли 248 и травмировано 447 человек. На 1 тыс. жителей городов в среднем в год приходилось 3,2 пожара, на каждые 100 пожаров пришлось 0,8 погибших и 1,4 травмированных.

Детальные исследования пожарных рисков в городах Республики Казахстан позволили определить уровень пожарной опасности.

Ранжирование пожарных рисков R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 дало возможность определить индексы пожарных рисков $J_{R_1}, J_{R_2}, J_{R_3}, J_{R_4}, J_{R_5}$, согласно которым установлен комплексный показатель пожарной опасности населенных пунктов Республики Казахстан.

Применение комплексной оценки пожарного риска с использованием индексного метода позволит выработать уполномоченным органам в области пожарной безопасности соответствующие научно-обоснованные управленческие решения по минимизации пожарного риска, что является одной из важнейших логичных составляющих организованного процесса управления пожарными рисками.

По результатам статистического исследования делаем выводы:

1. Основными причинами возникновения пожаров в городах являются социальные факторы;
2. Основными объектами возникновения пожаров является жилой сектор 66 %.

Влияние «человеческого фактора» достаточно велико и среди техногенных причин пожаров, так как именно люди допускают небрежность или неграмотность при монтаже, установке и эксплуатации различных приборов и инженерных систем.

ГЛАВА 3 МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

3.1 Потоки выездов подразделений пожарно-спасательных служб городов

В любом городе в случайный момент времени может произойти деструктивное событие (пожар, взрыв, дорожно-транспортное происшествие, авария в системах жизнеобеспечения, террористический акт и т. д.).

Число деструктивных событий (ДС), возникающих в определенное время (минута, час, сутки и др.), является постоянной случайной величиной, которая может принимать любые неотрицательные целые значения $0, 1, 2, \dots$.

В настоящее время имеется достаточно большое количество аргументов, сформированных на статистическом изучении потоков ДС, которые дают возможность сформулировать статистическое предположение о том, что в большинстве случаев потоки ДС могут описываться стационарным пуассоновским распределением [18]:

$$p_k(\tau) = \frac{(\lambda_{ДС} \cdot \tau)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda_{ДС} \tau} \quad (k=0, 1, 2, \dots), \quad (3.1)$$

где $p_k(\tau)$ – вероятность того, что за время τ на исследуемой территории возникает k деструктивных событий;

$\lambda_{ДС}$ – интенсивность (плотность) потока ДС, выз./сут.

Среднее число вызовов пожарных подразделений в сутки рассчитывается на основании дискретного вариационного ряда.

$$\lambda = \frac{\sum_{k=0}^n x_k m_k}{\sum_{k=0}^n m_k} \quad (3.2)$$

где x_k – число вызовов в сутки; m_k – число суток с указанным числом вызовов.

Используя формулы (3.1–3.2), производим расчет эмпирических и теоретических распределений для вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау за 2018 г.

$$\lambda = \frac{0 \cdot 82 + 1 \cdot 97 + 2 \cdot 81 + 3 \cdot 45 + 4 \cdot 25 + 5 \cdot 21 + 6 \cdot 14}{82 + 97 + 81 + 45 + 25 + 21 + 14} = 1,9.$$

В целях проверки предположения о пуассоновском характере потока вызовов пожарно-спасательных подразделений необходимо с помощью соответствующих критериев согласия путем сопоставления графиков распределения оценить степень близости полученных эмпирических распределений к предполагаемому теоретическому (к распределению Пуассона) [53].

Теоретическое распределение числа суток с тем или иным числом вызовов пожарных подразделений в течение анализируемого периода времени можно найти по формуле

$$f_k = \left(\sum_{k=0}^n m_k \right) \cdot P_k(\tau) \quad (3.3)$$

где $P_k(\tau)$ – теоретическая вероятность того или иного числа вызовов $k = 0, 1, 2, \dots, n$ на интервале времени $\tau = 1$ суткам.

Результаты расчетов представлены в таблице 3.1 и на рисунках 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау

Число вызовов k за время $\tau=1$ сут	Распределение числа вызовов			
	Эмпирическое		Теоретическое	
	Частота m_k	Вероятность $w_k(\tau)$	Частота f_k	Вероятность $p_k(\tau)$
0	82	0,2246	55,9	0,1531
1	97	0,2657	104,6	0,2865
2	81	0,2219	94,8	0,2597
3	45	0,1232	63,5	0,1739
4	25	0,0685	29,6	0,0811
5	21	0,0575	12,2	0,0334
≥ 6	14	0,0383	4,5	0,0123
Сумма	365,0	1,000	365,0	1,000

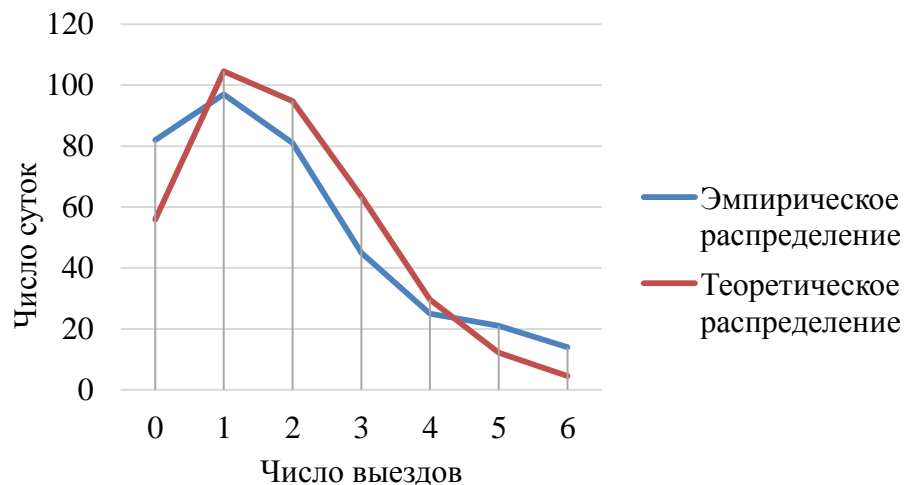


Рисунок 3.1 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау в 2018 г.

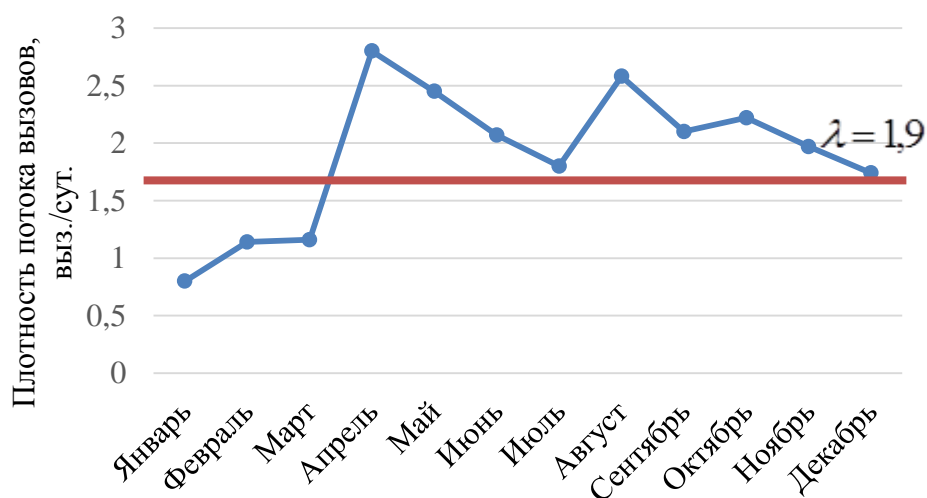


Рисунок 3.2 – Динамика плотности потока вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау по месяцам 2018 г.

Анализ рисунков 3.1 и 3.2 показывает:

- 1) в целом распределение числа вызовов достаточно близки друг другу, хотя это нужно проверить с помощью критерия согласия (см. рисунок 3.1);
- 2) потоки ДС в городе Кокшетау в 2018 г. не являются стационарными, поэтому согласие распределения, скорее всего, будет в данном случае неудовлетворительным.

Необходимо проверить данную гипотезу.

Для проверки целесообразности статистической гипотезы требуется произвести расчет так называемого критерия согласия – критерия Романовского [54]:

$$R = \frac{|\chi^2 - s|}{\sqrt{2s}}, \quad (3.4)$$

где R – критерий Романовского;

$k = n - 2$ – число степеней свободы.

Критерий Романовского взаимосвязан с критерием Пирсона [26]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (3.5)$$

где χ^2 – критерий Пирсона (или критерий хи-квадрат);

m_i – эмпирическая частота;

np_i – теоретическая частота.

Эмпирическое и теоретическое распределения числа выездов противопожарных подразделений г. Кокшетау представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Распределение числа вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау по месяцам 2018 г.

Месяц		Число выездов в сутки							Число суток	λ	χ^2	S	R
		0	1	2	3	4	5	≥ 6					
Январь	Эмпир.	17	7	4	2	1	0	0	31	0,80	6,18	7	0,37
	Теорет.	13,9	11,1	4,5	1,2	0,2	0,2	0,0					
Февраль	Эмпир.	8	11	6	3	0	0	0	28	1,14	1,15	7	1,21
	Теорет.	8,9	10,2	5,8	2,2	0,6	0,1	0,0					
Март	Эмпир.	10	11	6	3	1	0	0	31	1,16	0,28	7	1,49
	Теорет.	9,7	11,3	6,5	2,5	0,7	0,1	0,0					
Апрель	Эмпир.	1	7	9	3	4	4	2	30	2,80	4,89	7	0,03
	Теорет.	1,8	5,1	7,1	6,6	4,6	2,6	1,2					
Май	Эмпир.	5	10	6	2	1	4	3	31	2,45	17,76	7	4,03
	Теорет.	2,7	6,5	8,0	6,5	4,0	2,0	0,8					
Июнь	Эмпир.	6	3	11	6	2	1	1	30	2,07	6,48	7	0,47
	Теорет.	3,8	7,8	8,1	5,6	2,9	1,2	0,4					
Июль	Эмпир.	7	10	5	3	3	3	0	31	1,80	9,35	7	1,37
	Теорет.	5,1	9,2	8,3	4,9	2,2	0,8	0,2					
Август	Эмпир.	8	2	7	4	4	1	5	31	2,58	33,73	7	9,09
	Теорет.	2,3	5,9	7,8	6,7	4,4	2,8	1,2					
Сентябрь	Эмпир.	5	5	8	9	1	1	1	30	2,10	7,3	7	0,73
	Теорет.	3,7	7,7	8,1	5,6	2,9	1,2	0,4					
Октябрь	Эмпир.	6	7	6	5	2	4	1	31	2,22	8,02	7	0,95
	Теорет.	3,4	7,5	8,3	6,1	3,3	1,5	0,5					
Ноябрь	Эмпир.	4	12	6	3	3	1	1	30	1,97	6,29	7	0,41
	Теорет.	4,2	8,2	8,1	5,3	2,6	1,0	0,3					
Декабрь	Эмпир.	5	12	7	2	3	2	0	31	1,74	6,64	7	0,52
	Теорет.	5,4	9,4	8,2	3,8	1,7	0,6	0,1					
Год	Эмпир.	82	97	82	45	25	21	14	365	1,90	47,1	7	13,3
	Теорет.	55,9	104,6	94,8	63,5	29,6	12,2	4,5					

Очевидно, чем меньше значения величины χ^2 , тем больше оснований полагать, что эмпирическое распределение частот удовлетворительно описывается теоретическим распределением [55].

$$\chi^2 = \frac{(82 - 55,9)^2}{55,9} + \frac{(97 - 104,6)^2}{104,6} + \frac{(81 - 94,8)^2}{94,8} + \frac{(45 - 63,5)^2}{63,5} + \frac{(25 - 29,6)^2}{29,6} + \frac{(21 - 12,2)^2}{12,2} + \frac{(14 - 4,5)^2}{4,5} = 47,1$$

$$R = \frac{|47,1 - 5|}{\sqrt{2 \cdot 5}} = 13,3.$$

Полученное значение $R = 13,3 > 3$ означает, что согласие между эмпирическим и теоретическим распределениями вызовов по суткам следует признать неудовлетворительным.

Это происходит потому, что поток вызовов нестационарный.

Из таблицы 3.2 видно, что вызовы пожарно-спасательных служб города Кокшетау в 2018 г. распределены неравномерно. Максимальные значения $\lambda = 2,8$ (выз./сут) в апреле месяце в 3,5 раза больше минимального значения $\lambda = 0,8$ (выз./сут) в январе и в 1,5 раза больше чем среднее значение $\lambda = 1,9$ (выз./сут) за год. Поэтому нужно разделить поток на 3 части (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Распределение числа вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау с учетом сезонных выездов

Месяц		Число выездов в сутки						Числ о суток	λ	χ^2	S	R
		0	1	2	3	4	≥ 5					
Январь-март	Эмпир.	35	29	16	8	2	0	90	1,0 3	1,8 3	4	0,8
	Теорет.	32,1	33,1	17,0	5,8	1,5	0,0					
Апрель-август	Эмпир.	27	32	38	18	14	24	153	2,3 4	49, 0	4	15, 9
	Теорет.	14,7	34,4	40,3	31,4	18,4	8,6					
Сентябрь - декабрь	Эмпир.	20	36	27	19	9	11	122	2,0	12, 7	4	3,0
	Теорет.	16,5	33,0	33,0	22,0	11,0	4,4					

В результате произведенных перерасчетов распределения вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау критерий Романовского

составил январь-март $R = 0,8 < 3$; апрель-август $R = 15,9 > 3$; сентябрь-декабрь $R = 3,0 = 3$

Установлено, что поток вызовов противопожарных подразделений принимает стационарный вид в январе-марте.

Плотность потока вызовов по трем периодам колеблется от 1,03 до 2,34 вызовов в сутки (рисунок 3.3).

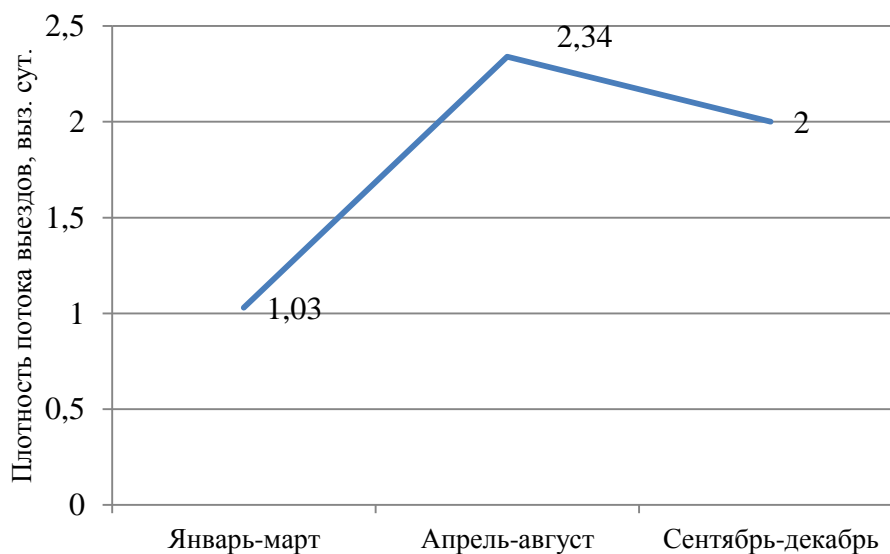


Рисунок 3.3 – Динамика плотности потока вызовов пожарно-спасательных служб города Кокшетау по трем периодам 2018 г.

Таким образом, по результатам статистического исследования и моделирования вероятностного распределения числа вызовов противопожарных подразделений города Кокшетау в 2018 г. установлено, что в целом поток вызовов является нестационарным.

В случаях исключения некоторых вызовов, поток вызовов пожарно-спасательных служб города Кокшетау принимает стационарный вид и описывается законом распределения Пуассона, что позволяет использовать известные математические модели в исследовании процессов функционирования пожарно-спасательных служб [56].

3.2 Временные характеристики процесса функционирования пожарно-спасательных служб городов

3.2.1 Время следования подразделений к месту вызова

Основной параметр оперативной деятельности пожарно-спасательных служб городов – время прибытия первых противопожарных подразделений к месту вызова. Одной из основных составляющих данного показателя является время следования. Авторами [57] для анализа среднего значения времени следования, $\bar{t}_{\text{след}}$ первых противопожарных подразделений к месту вызова.

Данный параметр вычисляется с помощью формулы

$$\bar{t}_{\text{ср.след}} = \frac{0,6K_n}{v_{\text{ср.след}}} \sqrt{\frac{S}{N_d}}, \quad (3.6)$$

где K_n – безразмерный коэффициент непрямолинейности уличной сети, который в городских условиях, принимается равным в интервале от 1 до $\sqrt{2} \approx 1,4$; $v_{\text{ср.след}}$ – средняя скорость следования пожарных автомобилей в городе (км/мин); S – площадь территории города (км²); N_d – число пожарно-спасательных депо в городе.

Используя данную методику, был проведен анализ среднего времени следования $\bar{t}_{\text{ср.след}}$ пожарно-спасательных служб 25 городов мира (таблица 3.4).

Из таблицы 3.4 видно, что наибольшее время следования $\bar{t}_{\text{ср.след}}$ приходится на города Хоной и Белград (более 20 мин). Данные значения показывают, что максимальное время следования в этих городах будет превышать 70 мин, что недопустимо для пожарно-спасательных подразделений.

Таблица 3.4 – Расчетные значения $\bar{\tau}_{\text{ср.след}}$ для городов мира

№	Город	S , км ²	$N_{\text{д}}$	$\bar{\tau}_{\text{след}}$, МИН	$\tau_{\text{след}}^{\text{max}}$, МИН
1	Дели	1483	51	8,4	20
2	Токио	2189	81	8,1	20
3	Москва	2561	102	7,8	20
4	Каир	214	65	2,8	7
5	Нью-Йорк	834	218	3,1	9
6	Лондон	1580	112	5,9	15
7	Гонконг	1104	88	5,5	15
8	Париж	760	77	4,9	12
9	Ханой	3345	15	23,3	75
10	Берлин	932	77	5,4	15
11	Мельбурн	811	45	6,7	18
12	Санкт-Петербург	1436	66	7,2	18
13	Киев	839	25	9,0	22
14	Белград	3227	19	20,3	70
15	София	1349	13	15,9	45
16	Мадрид	608	14	10,3	25
17	Будапешт	525	21	7,8	20
18	Варшава	517	21	7,7	20
19	Афины	412	15	8,2	20
20	Вена	415	61	4,1	11
21	Нур-Султан	376,1	17	7,3	20
22	Алматы	308,2	13	7,6	20
23	Минск	308	39	4,4	12
24	Тайпей	272	43	3,9	10
25	Бухарест	2258	26	4,6	12
	Среднее	1147	57	8,0	22

В остальных городах, за исключением Софии, значения $\bar{\tau}_{\text{ср.след}}$ расположены в интервале от 3 до 10 мин. Наилучшая ситуация со временем следования к месту вызова складывается в городах Каир и Нью-Йорке, где имеется много пожарно-спасательных служб на сравнительно небольших площадях.

Анализ деятельности пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан в 2018 г. показал, что противопожарные подразделения в 29 % от всех вызовов не укладываются в нормативное время прибытия к месту пожара (рисунок 3.4).

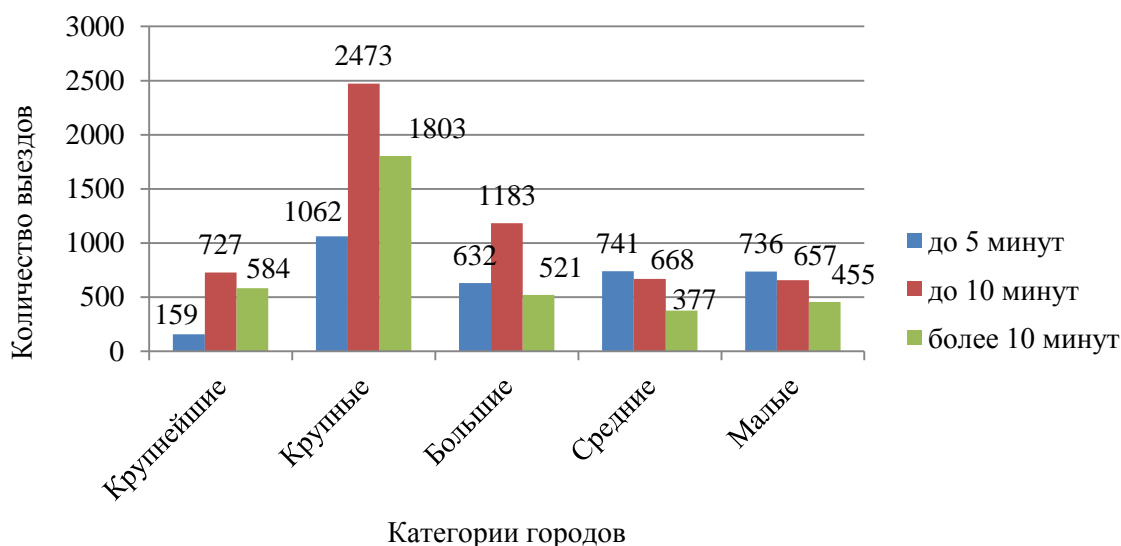


Рисунок 3.4 – Время следования пожарных подразделений в городах Казахстана в 2018 г.

Из рисунка 3.4 видно, что в крупнейших городах складывается наиболее сложная обстановка, где противопожарные подразделения в 39,7 % вызовов не укладываются в нормативное время. Такая же сложная ситуация прослеживается в крупных городах, где данный показатель составляет 33,8 % [58].

Нормативное время следования пожарно-спасательных подразделений к месту вызова связано с таким фактором, как время свободного развития пожара. При данном временном показателе возникают опасные факторы пожара (ОФП), в результате воздействия которых могут погибнуть или получить увечья люди, находящиеся в здании и не успевшие эвакуироваться по различным причинам (алкогольное опьянение, невозможность двигаться и пр.). Из-за воздействия ОФП также с каждой минутой увеличивается экономический ущерб от пожара. В этой связи задачей пожарно-спасательных подразделений является спасение людей и минимизация социально-экономического ущерба. Чем раньше придут пожарно-

спасательные подразделения, тем меньше успеет развиваться пожар, и значит, легче будет его ликвидировать и минимизировать последствия [59].

Время прибытия пожарно-спасательных служб к месту вызова в городе Кокшетау в 2018 году показано на рисунке 3.5.

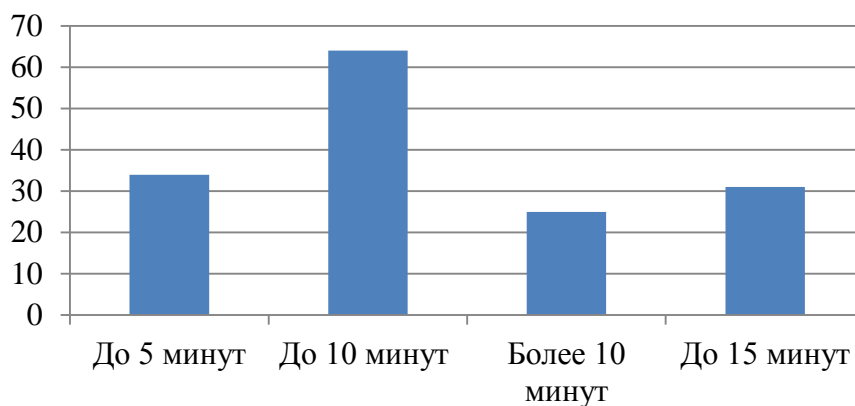


Рисунок 3.5 – Время прибытия пожарно-спасательных служб к месту вызова

Из рисунка 3.5 видно, что в 37 % всех выездов пожарно-спасательные подразделения города прибывают к месту вызова за время более чем 10 мин [60].

По данным рисунка 3.5 и формуле 3.7 проведем расчет среднего времени следования противопожарных подразделений города Кокшетау к месту вызова.

$$\bar{\tau}_{сл} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \left(\frac{\tau_k + \tau_{k+1}}{2} \right)}{\sum_{k=1}^n m_k}, \quad (3.7)$$

$$\bar{\tau}_{сл} = \frac{2,5 \cdot 34 + 7,5 \cdot 63 + 12 \cdot 25}{34 + 63 + 25} = 7,0 \text{ мин.}$$

Среднее время следования противопожарных подразделений города Кокшетау к месту вызова составляет $\bar{\tau}_{ср.след} = 7,0$ мин.

Проведем исследования среднего времени следования $\bar{\tau}_{ср.след}$ к месту вызова пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан. Значения K_n примем для всех городов равным 1,3, скорость следования

$v_{\text{ср.след}}$ для крупнейших, крупных и больших городов примем равной 28 км/ч, а для средних и малых 30 км/ч. Результаты расчетов представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчетные значения $\bar{\tau}_{\text{ср.след}}$ для городов Республики Казахстан

№	Наименование города	S , км ²	N_d	$v_{\text{ср.след}}$	$\bar{\tau}_{\text{след}}$, мин расчет.	$\tau_{\text{след}}^{\text{max}}$, мин
1	2	3	4	5	6	7
Свыше 1 млн чел и республиканского значения						
1	Нур-Султан	376,1	17	28	8,0	20
2	Алматы	308,2	13	28	8,3	20
3	Шымкент	262,5	7	28	10,4	25
От 250–500 тыс. чел						
1	Караганда	247,6	10	28	8,4	20
2	Актобе	97,6	4	28	8,4	20
3	Тараз	142,4	3	28	11,7	25
4	Усть-Каменогорск	213,2	8	28	8,8	20
5	Семей	146,6	6	28	8,4	20
6	Павлодар	176,7	4	28	11,3	25
7	Уральск	150	8	28	7,4	20
8	Атырау	112,2	3	28	10,4	25
9	Кызылорда	105,9	5	28	7,8	20
От 100–250 тыс. чел						
1	Костанай	111,2	3	28	10,3	25
2	Петропавловск	132,6	4	28	9,8	25
3	Актау	44,7	3	28	6,6	18
4	Темиртау	96,1	2	28	11,8	25
5	Талдыкорган	100	4	28	8,5	20
6	Туркестан	78,0	1	28	15,0	45
7	Кокшетау	81	3	28	7,0	20
8	Экибастуз	38,9	2	28	7,5	20
9	Жанаозен	37,5	2	28	7,4	20
10	Рудный	36,3	1	28	10,2	25
От 50–100 тыс. чел						
1	Кентау	45,1	1	30	10,5	25
2	Жезказган	47,0	1	30	10,7	25
3	Шардара	13,0	1	30	5,6	18
4	Балхаш	23,0	1	30	7,5	20
5	Кульсары	29,3	1	30	8,4	20
6	Сатпаев	11,0	1	30	5,2	15
7	Арысь	23,4	1	30	5,6	20
8	Каскелен	26,2	1	30	7,9	20
9	Капчагай	16,7	1	30	6,4	18
10	Сарань	26,1	1	30	7,9	20

От 20–50 тыс. чел						
1	2	3	4	5	6	7
1	Талгар	18,0	1	30	6,6	18
2	Риддер	31,2	2	30	6,2	18
3	Степногорск	28,5	1	30	8,3	20
4	Аксу	13,7	1	30	5,8	18
5	Щучинск	16,8	3	30	3,7	10
6	Есик	25,8	1	30	7,9	20
7	Жаркент	11,5	1	30	5,3	15
8	Сарыагаш	18,5	1	30	6,7	18
9	Аягоз	16,0	1	30	6,2	18
10	Зыряновск	24,8	3	30	4,5	11
11	Шахтинск	20,0	1	30	7,0	18
12	Житикара	23,3	1	30	7,5	20
13	Шу	19,3	1	30	6,5	18
14	Аксай	37,5	2	30	6,7	18
15	Кандыагаш	11,7	1	30	5,3	15
16	Аральск	22,1	1	30	7,3	18
17	Текели	20,1	1	30	7,0	18
18	Жетысай	18,5	1	30	6,7	18
19	Атбасар	19,7	1	30	6,6	18
20	Аркалык	15,6	1	30	6,2	18
21	Шалкар	32,4	1	30	8,9	20
22	Уштобе	19,9	1	30	6,6	18
23	Абай	20,0	1	30	7,0	18
24	Ленгер	31,2	1	30	8,7	20
25	Хромтау	20,8	1	30	7,1	18
26	Жанатас	23,1	1	30	7,4	20
27	Каратау	17,7	1	30	6,5	18
28	Алга	18,9	1	30	6,8	18
От 10–20 тыс. чел						
1	Каражал	12,6	1	30	5,5	15
2	Шемонаиха	9,7	1	30	4,8	15
3	Ушарал	28,1	1	30	8,3	20
4	Макинск	5,1	1	30	3,5	10
5	Зайсан	14,9	1	30	6,0	18
6	Сарканд	16,1	1	30	6,2	18
7	Акколь	9,4	1	30	4,6	15
8	Приозёрск	14,5	1	30	5,9	15
9	Ерейментау	17,8	1	30	6,6	18
10	Курчатов	11,0	1	30	5,2	15
11	Эмба	20,1	1	30	7,0	18
12	Тайынша	30,0	1	30	8,5	20
13	Есиль	10,0	1	30	4,9	15
Менее 10 тыс. чел						
1	Серебрянск	9,8	1	30	4,8	15
2	Шар	8,7	1	30	4,6	15
3	Каркаралинск	14,1	1	30	5,7	15
4	Булаево	18,2	1	30	6,4	18
5	Казалинск	12,6	1	30	5,5	15
6	Сергеевка	16,4	1	30	6,3	18
7	Мамлютка	3,5	1	30	2,9	10
8	Державинск	23,9	1	30	7,6	20

9	Форт-Шевченко	6,5	1	30	4,0	11
10	Степняк	5,8	1	30	3,7	10
11	Темир	4,5	1	30	3,3	10
12	Жем	2,8	0	0	0	0

Из таблицы 3.5 видно, что наибольшее время следования $\bar{t}_{\text{ср.след}}$ приходится на город Туркестан – 15,7 мин. При этом максимальное время следования будет достигать 45 мин, что недопустимо для пожарно-спасательных подразделений.

В городах Темиртау, Тараз, Павлодар, Жезказган, Кентау, Атырау, Костанай, Рудный и Петропавловск, среднее время следования расположены в интервале от 10,2 до 12,3 мин. Данные значения показывает, что максимальное время следования в этих городах будет превышать 20 мин.

В остальных городах республики среднее время следования пожарно-спасательных подразделений расположено в интервале от 3,2 до 10 мин.

3.2.2 Время обслуживания вызова

Для определения времени обслуживания проведем анализ оперативной деятельности подразделений пожарно-спасательной службы города Кокшетау.

Пожарную безопасность города Кокшетау осуществляют подразделения специализированной пожарной части (СПЧ-1), пожарные части (ПЧ-2 и ПЧ-3) Государственного учреждения «Служба пожаротушения и аварийно-спасательных работ» Департамента по чрезвычайным ситуациям Акмолинской области [61].

Численность личного состава подразделений на 1 января 2016 г. составляет 158 человек. На вооружении подразделений состоят 16 единиц основной пожарной техники, 10 специальной и 29 вспомогательной [61].

Результаты анализа оперативной деятельности противопожарных подразделений города Кокшетау в 2018 г. представлены в таблице 3.6 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.6 – Данные оперативной деятельности противопожарных подразделений города Кокшетау

Причины выезда	На пожары	На аварийно-спасательные работы	На случаи горения, не берущиеся на учет как пожары	ДТП	Ложные	Итого
Количество	122	189	375	10	–	696
%	17,5	27,1	53,8	1,4	0	100

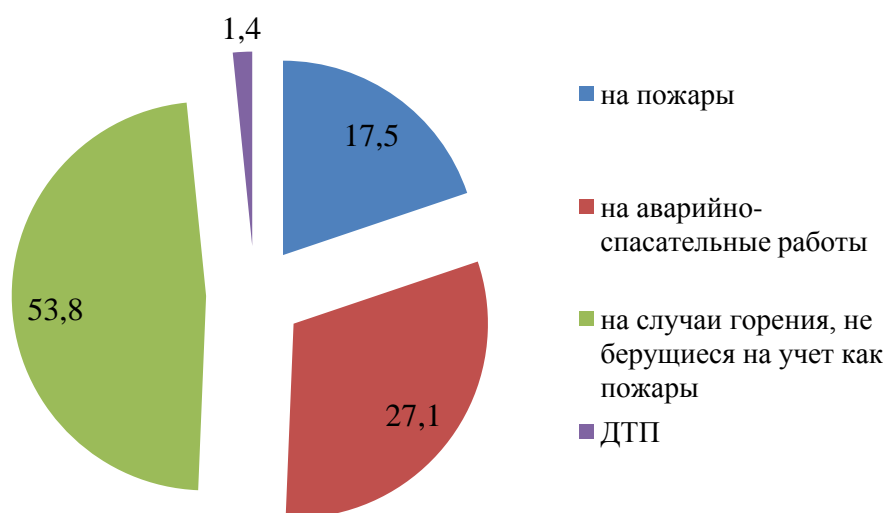


Рисунок 3.6 – Структура выездов противопожарных подразделений города Кокшетау

Из таблицы 3.6 и рисунка 3.6 видно, что наибольшее число выездов зарегистрировано на ликвидацию загораний – 53,8 % от общего числа вызовов за исследуемый период, наименьшее число на ДТП – 1,4 %. Кроме этого, были осуществлены выезды: на ликвидацию пожаров – 122 случаев (17,5 %); на аварийно-спасательные работы (АСР) – 189 случаев (27,1 %) [61].

Количество выездов по объектам пожаров показано на рисунке 3.7.

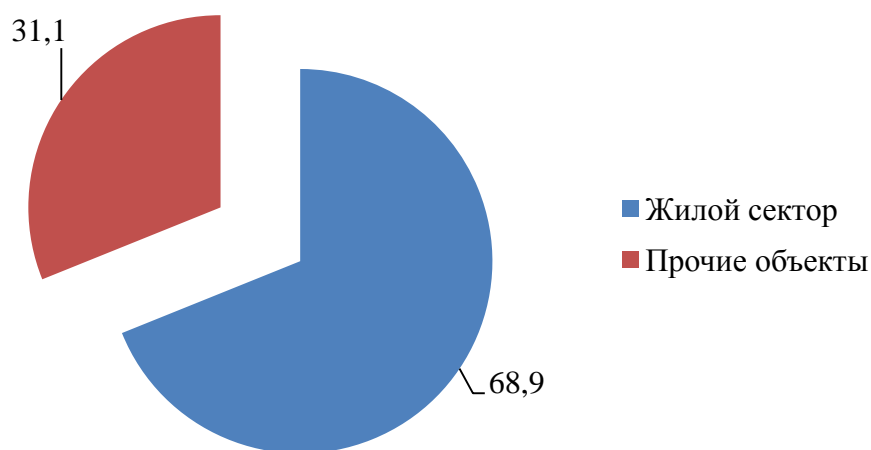


Рисунок 3.7 – Количество выездов по объектам пожаров противопожарных подразделений города Кокшетау

Из рисунка 3.7 видно, что противопожарными подразделениями города совершено наибольшее количество выездов на пожары в жилой сектор 68,9 % (84 выезда) и 31,1 % (38 выездов) на прочие объекты.

Количество ликвидированных пожаров силами одного караула показано в таблице 3.7 и на рисунке 3.8.

Таблица 3.7 – Количество ликвидированных пожаров силами одного караула

Наименование	Ликвидировано пожаров силами одного караула					С привлечением дополнительных сил
	первым стволом от емкости АЦ	с установкой АЦ на водисточник	от емкости нескольких АЦ	без подачи стволов	с использованием ранцевых систем пожаротушения	
Количество	61	0	30	3	0	28
%	50	0	24,6	2,5	0	22,9

Как видно из таблицы 3.7 и рисунка 3.8, в 2018 году в городе Кокшетау силами одного караула ликвидировано 77 % всех пожаров, ликвидирован первым стволом от емкости АЦ – 61 пожар, от ёмкости нескольких АЦ – 30 и без подачи стволов – 3. Для ликвидации 22,9 % пожаров привлекались дополнительные силы и средства. Таким образом, в 2018 году в городе произошло порядка 28 крупных пожаров [61].

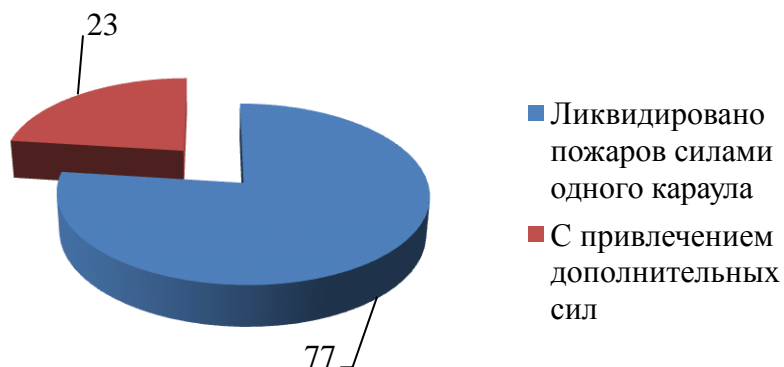


Рисунок 3.8 – Количество ликвидированных пожаров силами одного караула

Основной временной характеристикой процесса пожаротушения является время занятости пожарно-спасательных служб. Под временем занятости пожарно-спасательных служб понимается промежуток времени от момента выезда из депо по вызову до момента его постановки в боевой расчет, то есть до момента его готовности к следующему выезду после возвращения в депо [62].

Данный интервал времени является суммой нескольких продолжительных промежутков времени [58]:

- время следования;
- время разведки и боевого развертывания;
- время локализации пожара;
- время разборки конструкций и проливки;
- время постановки в боевой расчет.

Указанные временные характеристики процесса пожаротушения являются непрерывными случайными величинами и могут быть описаны соответствующими функциями распределения и числовыми характеристиками.

Наибольшее значение для математического моделирования имеет время обслуживания подразделениями пожарно-спасательных служб вызовов. Эту величину необходимо знать прежде всего для обоснования численности оперативных отделений пожарно-спасательных службы.

Среднее время обслуживания одного вызова определяется по формуле следующей [57]:

$$\bar{\tau}_{обсл} = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \left(\frac{\tau_k + \tau_{k+1}}{2} \right)}{\sum_{k=1}^n m_k} \quad (3.8)$$

Проведенные расчеты по формуле (3.7) показали, что в городе Кокшетау среднее время обслуживания одного вызова составило $\bar{\tau}_{обсл} = 35,3$ мин.

Для описания вероятностного распределения случайной величины $\tau_{обсл}$ продолжительности времени занятости пожарно-спасательных служб обслуживанием вызова с помощью показательного закона распределения необходимо определить значение параметра, предоставляющего собой интенсивность потока «освобождения» от обслуживания вызовов. Значение параметра μ оценивается по выражениям [58]:

$$\mu = \frac{1}{\tau_{обсл}}, \quad (3.9)$$

$$\mu = \frac{1}{35,3} = 0,03.$$

Зная значение параметра μ и эмпирические данные, определим вероятность попадания значения случайной величины $\tau_{обсл}$ в тот или иной интервал времени по следующей формуле (3.10) [26]:

$$P \{ \tau_k \leq \tau_{обсл} < \tau_{k+1} \} = e^{-\mu\tau_k} - e^{-\mu\tau_{k+1}}. \quad (3.10)$$

Теоретическое распределение числа вызовов по выделенным интервалам значений времени обслуживания найдем по формуле (3.11):

$$f_k = P_k \cdot \sum_{k=1}^n m_k, \quad (3.11)$$

где n – число интервалов.

Эмпирическую вероятность попадания времени обслуживания в тот или иной период рассчитывают формуле

$$W_i = \frac{m_k}{\sum m_k}. \quad (3.12)$$

Результаты расчетов теоретического и эмпирического распределений представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Теоретическое и эмпирическое распределение времени занятости на пожарах пожарно-спасательными службами города Кокшетау

Номер интервала i	Интервал значений величины $\tau_{обсл}$	Распределение			
		Эмпирическое		Теоретическое	
		Частота m_i	Вероятность W_i	Частота f_i	Вероятность P_i
1	0-15	174	0,2500	252,3	0,3623
2	15-30	231	0,3319	162,9	0,2340
3	30-45	111	0,1595	102,7	0,1475
4	45-60	97	0,1393	69,5	0,0998
5	60-75	49	0,0704	44,7	0,0642
6	75-90	28	0,0402	28,6	0,0411
7	90-105	3	0,0043	17	0,0244
8	105-120	2	0,0029	10,8	0,0155
9	120-135	1	0,0014	7,5	0,0107
Итого	–	696	1	696	1

Гистограмма теоретического и эмпирического распределения времени обслуживания пожаров представлена на рисунке 3.9.

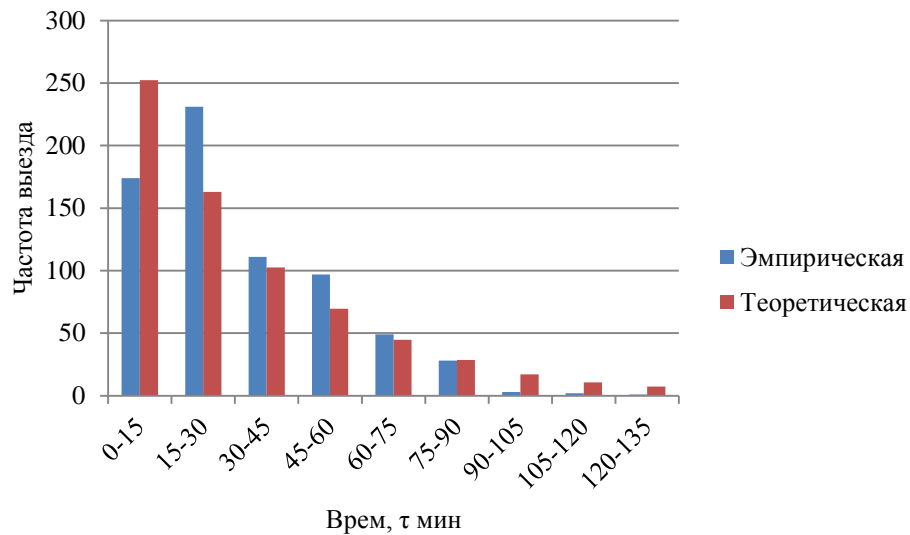


Рисунок 3.9 – Гистограмма эмпирического и теоретического распределений длительности времени обслуживания вызовов пожарно-спасательных служб в городе Кокшетау

Из рисунка 3.9 можно сделать вывод об удовлетворительном соответствии эмпирического и теоретического распределений. Это соответствие проверим, используя критерий Романовского (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Определение критерия Романовского

Интервалы	m_k	f_k	$m_k - f_k$	$(m_k - f_k)^2$	$\frac{(m_k - f_k)^2}{f_k}$
1	174	252,3	- 78,3	6130,9	24,3
2	231	162,9	68,1	4637,6	28,4
3	111	102,7	8,3	68,9	0,67
4	97	69,5	27,5	756,2	10,9
5	49	44,7	4,3	18,5	0,41
6	28	28,6	- 0,6	0,36	0,01
7	3	17	- 14,0	196,0	11,5
8	2	10,8	8,8	77,4	7,2
9	1	7,5	- 6,5	42,2	5,6
Итого	696	696	0		88,9

По формуле 3.4. рассчитаем критерий Романовского [54]:

$$R = \frac{|88,9 - 7|}{\sqrt{7 \cdot 2}} = 22,1$$

Так как величина критерия Романовского по своему абсолютному значению больше 3, то экспоненциальный закон распределения может быть принят в качестве математической модели данного эмпирического

распределения числа вызовов пожарно-спасательных служб по времени обслуживания [58].

3.3 Скорость следования пожарно-спасательных автомобилей

В соответствии с Техническим регламентом «Общие требования к пожарной безопасности» [21], время прибытия первой пожарно-спасательной службы к месту вызова в городах должно быть $\tau_{\max} = 10$ мин.

Это означает, что в городах среднее время прибытия должно составлять 3–4 мин.

Возникает практически важный вопрос: как реализовать эти требования на практике? Какие для этого нужны организационно-управленческие решения?

Здесь, прежде всего, необходимо разумно согласовать два параметра: скорость движения пожарных автомобилей по улицам города и число пожарных депо. При этом теоретически возможны два пути решения вопроса по своевременному прибытию противопожарных подразделений к месту вызова. Первый – резко повысить среднюю скорость движения пожарно-спасательных автомобилей (например, до 60 км/ч и больше) по улицам городов. Тогда, возможно, удалось бы снизить значение среднего времени прибытия до 3–4 мин и добиться выполнения норматива.

Второй путь – существенное увеличение числа пожарных депо, которое повлечет за собой огромные финансовые затраты, т. к. придется нести затраты на строительство, закупку пожарной техники и на содержание личного состава [63].

Однако первый путь невозможен. В ноябре 2013 г. была опубликована статья немецких специалистов [64] именно на эту тему. Они исследовали скорость движения обычных автомобилей на улицах Берлина и детально изучили скорость движения по этим улицам пожарных автомобилей разного

типа спешащих на вызовы. Оказалось, что обычные автомобили двигаются со средней скоростью 24,1 км/ч, а пожарные – 31,8 км/ч в разные часы суток, дни недели и месяцы года. Колебания при этом весьма незначительные (например, скорость в январе – 30,8 км/ч, а в июне – 32,2 км/ч). Такая же ситуация и в Лондоне, и в Варшаве, и в Риме, и в Париже [65–66]. Ни о каких 60 км/ч говорить не приходится.

Авторами [27, 28] на основе геоинформационных данных проведено исследование скорости следования пожарно-спасательных служб города Москвы.

При исследовании скорости следования пожарно-спасательных автомобилей к месту вызова авторами [24, 25] учитывались различные факторы: расстояние до места вызова; тип пожарно-спасательного автомобиля; день недели; время суток; перепад высот.

Установлено, что средняя скорость следования к месту вызова для всех пожарных автомобилей составляет 35,13 км/ч, а для АЦ – 33,69 км/ч. (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Средние показатели по типам пожарно-спасательных автомобилей [25]

Тип ПА	Число выездов	Среднее расстояние, км	Средняя скорость, км/ч
АЦ	504	5,27	33,69
АСА	687	7,46	36,91
АБГ	25	9,23	38,25
АЛ и АПК	134	4,57	31,02
Всего	1350	6,40	35,13

Из таблицы 3.10 видно, что наибольшая скорость следования приходится на автомобили газодымозащитной службы (39,25 км/ч), наименьшая на автолестницы и коленчатые подъемники (31,02 км/ч).

Влияние дня недели на скорость следования пожарно-спасательных автомобилей показало, что будние дни негативно сказываются на скорости

следования из-за загруженности транспортной среды, невзирая на имеющиеся преимущество движения (рисунок 3.10).

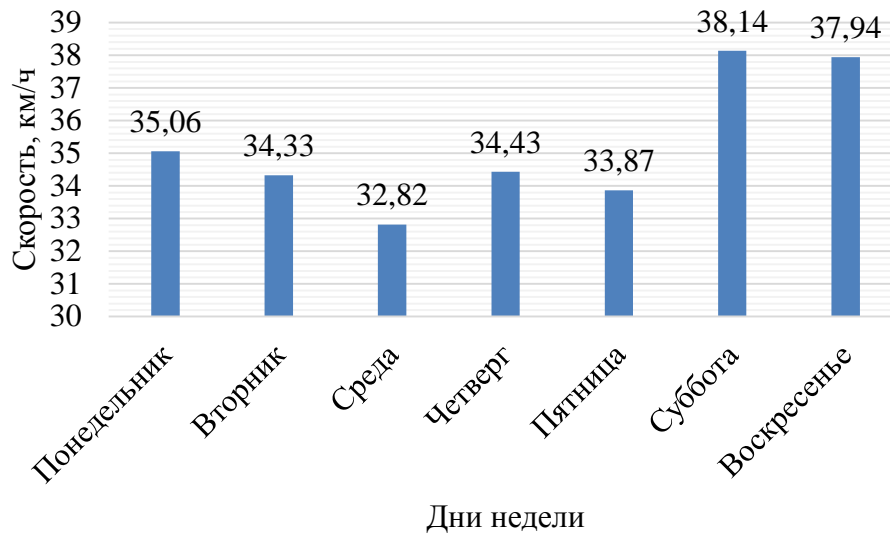


Рисунок 3.10 – Распределение средней скорости пожарно-спасательных автомобилей по дням недели [25]

Влияние времени суток на скорость следования аналогично, как и день недели. При загруженности транспортной сети в «часы пик» скорость следования пожарно-спасательных автомобилей также снижается.

При отсутствии геоинформационных данных среднюю скорость следования пожарно-спасательных автомобилей можно определить по формуле (3.13):

$$v_{\text{ср.след}} = \frac{L}{t}, \quad (3.13)$$

где L – расстояние от пожарного депо до места вызова, км; t – время следования, ч.

Для расчета скорости следования пожарно-спасательных автомобилей к месту вызова исследованы 190 выездов пожарно-спасательных служб города Кокшетау, совершенных в период с января по май месяц 2018 г. [61].

Результаты расчета скорости следования пожарно-спасательных автомобилей представлены на рисунке 3.11.

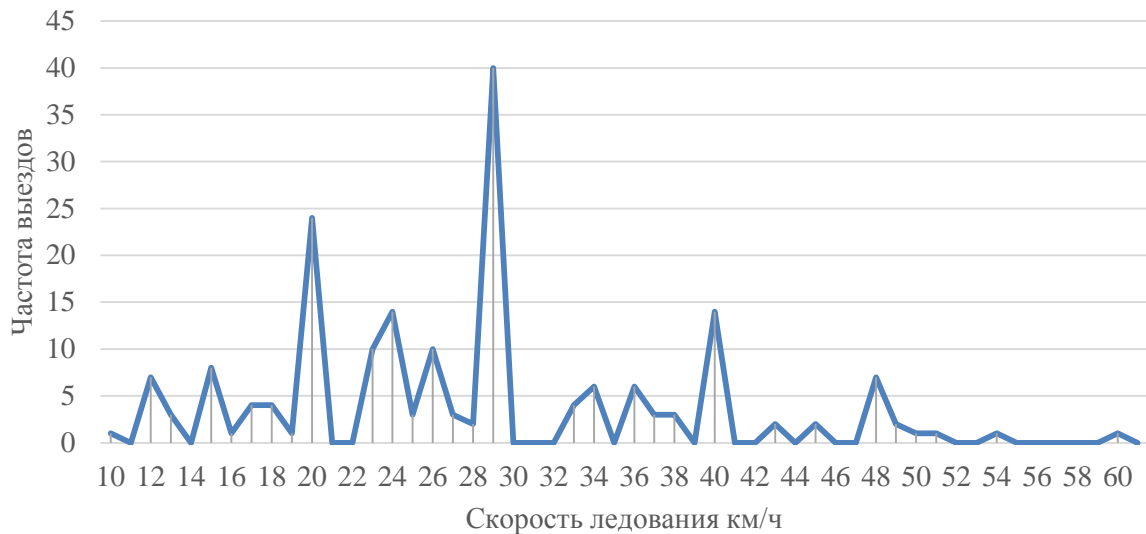


Рисунок 3.11 – Данные по скорости следования пожарно-спасательных автомобилей

Из рисунка 3.11 видно, наибольшее количество выездов приходится на скорость следования 29 км/ч. В единичных случаях скорость следования превышала 40 км/ч.

Согласно данным рисунка 3.11, проведен расчет среднего времени следования пожарно-спасательных служб города Кокшетау к месту вызова. Средняя скорость следования по городу составила $v_{\text{ср.след}} = 28$ км/ч.

3.4 Использование пожарно-спасательной техники

По данным таблицы 3.6 определяем число n_l вызовов пожарно-спасательных служб в городе, по каждому из которых выезжало определенное число l основных пожарно-спасательных автомобилей (ПА) ($l = 1, 2, \dots, L$, где L – максимальное число выезжавших по вызову ПА). Для полученных в результате подсчетов значений частот n_l должно выполняться соотношение [58]:

$$\sum_{l=1}^L n_l = n, \quad (3.14)$$

где n – общее число вызовов пожарно-спасательных служб в городе за период времени наблюдения $T_{\text{набл}} = 365$ сут.

Вычисление доли ω_i , которую в общем числе вызовов составляют вызовы, для обслуживания которых привлекалось определенное число l ПА:

$$\omega_l = \frac{n_l}{n}. \quad (3.15)$$

Перечень различных значений числа l выезжавших по вызову ПА, каждому из которых поставлено в соответствие значение частоты n_l и частости ω_i , образует дискретный вариационный ряд, представленный в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Распределение числа вызовов на пожары, в зависимости от количества привлекавшийся для их обслуживания ПА

Количество ПА, l	Число вызовов (частота), n_l	Относительная частота, ω_l
1	2	3
1	365	0,5244
2	171	0,2456
3	131	0,1968
4	23	0,0330
5	2	0,0028
6	1	0,0014
7	1	0,0014
8	1	0,0014
9	1	0,0014
Всего	696	1,000

По результатам статистического исследования можно констатировать, что около 77 % от общего числа вызовов в городе обслуживается с привлечением не более двух ПА, т. е. силами одного караула.

Исследуем данные по использованию автолестниц (АЛ) пожарно-спасательной службой города Кокшетау за 5 месяцев в 2018 г. (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Распределение числа вызовов на пожары, в зависимости от количества привлекаемых для их обслуживания автолестниц

Число автолестниц, r	1	2	Итого
Число вызовов, обслуженных r автолестницами, a_r	17	1	18
Эмпирическая вероятность использования автолестниц, a_r	0,94	0,06	1,0

Из таблицы 3.13 видно, что в городе Кокшетау частота выезда АЛ значительно ниже, чем у основной пожарной техники. При этом в 94 % выездов выезжает одна АЛ.

В процессе оперативной деятельности пожарно-спасательных служб возникает ситуация (k), в которой обслуживанием вызовов в охраняемом районе одновременно занято некоторое число (k) ПА ($k = 0, 1, 2, \dots$).

Расчет вероятности $p(k)$ того, что в произвольный момент времени обслуживанием вызовов в исследуемом районе будут одновременно заняты k ПА, был произведен последовательно для $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ с помощью формул (3.16–3.18) [58]:

$$p(0) = \exp(-\alpha), \quad (3.16)$$

$$\alpha = \lambda \cdot \tau_{обсл}, \quad (3.17)$$

$$p(k) = \frac{\alpha}{k} \sum_{l=1}^k l \cdot w_l \cdot p(k-l); \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \quad (3.18)$$

где α – приведенная интенсивность потока вызовов, эрл.; $\tau_{обсл}$ – среднее время обслуживания вызова пожарно-спасательных службами в год, мин; w_l – относительная частота (частость) привлечения определенного числа ПА для обслуживания вызова.

По результатам анализа оперативной деятельности пожарно-спасательной службы города Кокшетау за 2017 г. были получены следующие значения исследуемых параметров:

$$\alpha = \lambda \cdot \tau_{обсл} = 0,12 \cdot 0,6 = 0,07 \text{ эрл.};$$

$$p\{0\} = \exp\{-\alpha\} = \exp(-0,07) = 0,9323;$$

$$p\{1\} = \alpha \cdot w_1 \cdot p\{0\} = 0,07 \cdot 0,5244 \cdot 0,9323 = 0,0342;$$

$$p\{2\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{1\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{0\}) / 2 = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0342 + 2 \cdot 0,2456 \times \\ \times 0,9323) / 2 = 0,0166;$$

$$p\{3\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{2\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{1\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{0\}) / 3 = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0166 + \\ + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0342 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,9323) / 3 = 0,0137;$$

$$p\{4\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{3\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{2\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{1\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{0\}) / 4 = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0137 + \\ + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0166 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0342 + 4 \cdot 0,0330 \cdot 0,9323) / 4 = 0,0028;$$

$$p\{5\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{4\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{3\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{2\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{1\} + 5 \cdot w_5 \cdot p\{0\}) / 5 = \\ = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0028 + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0137 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0166 + 4 \cdot 0,0330 \cdot \\ 0,0342 + 5 \cdot 0,0028 \cdot 0,9323) / 5 = 0,0003;$$

$$p\{6\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{5\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{4\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{3\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{2\} + 5 \cdot w_5 \cdot p\{1\} + 6 \cdot w_6 \cdot p\{0\}) / 6 = \\ = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0003 + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0028 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0137 + 4 \cdot 0,0330 \cdot \\ 0,0166 + 5 \cdot 0,0028 \cdot 0,0342 + 6 \cdot 0,0014 \cdot 0,9323) / 6 = 0,0001;$$

$$p\{7\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{6\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{5\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{4\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{3\} + 5 \cdot w_5 \cdot p\{2\} + 6 \cdot w_6 \cdot p\{1\} + \\ + 7 \cdot w_7 \cdot p\{0\}) / 7 = \\ = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0001 + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0003 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0028 + 4 \cdot 0,0330 \cdot \\ 0,0137 + 5 \cdot 0,0028 \cdot 0,0166 + 6 \cdot 0,0014 \cdot 0,0342 + 7 \cdot 0,0014 \cdot 0,9323) / 7 = \\ 0,0000;$$

$$p\{8\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{7\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{6\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{5\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{4\} + 5 \cdot w_5 \cdot p\{3\} + \\ + 6 \cdot w_6 \cdot p\{2\} + 7 \cdot w_7 \cdot p\{1\} + 8 \cdot w_8 \cdot p\{0\}) / 8 = \\ = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0000 + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0001 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0003 + 4 \cdot 0,0330 \cdot \\ 0,0028 + 5 \cdot 0,0028 \cdot 0,0137 + 6 \cdot 0,0014 \cdot 0,0166 + 7 \cdot 0,0014 \cdot 0,0342 + 8 \cdot \\ 0,0014 \cdot 0,9323) / 8 = 0,0000;$$

$$p\{9\} = \alpha \cdot (w_1 \cdot p\{8\} + 2 \cdot w_2 \cdot p\{7\} + 3 \cdot w_3 \cdot p\{6\} + 4 \cdot w_4 \cdot p\{5\} + 5 \cdot w_5 \cdot p\{4\} + \\ + 6 \cdot w_6 \cdot p\{3\} + 7 \cdot w_7 \cdot p\{2\} + 8 \cdot w_8 \cdot p\{1\} + 9 \cdot w_9 \cdot p\{0\}) / 9 = \\ = 0,07 \cdot (0,5244 \cdot 0,0000 + 2 \cdot 0,2456 \cdot 0,0000 + 3 \cdot 0,1968 \cdot 0,0001 + 4 \cdot 0,0330 \cdot \\ 0,0003 + 5 \cdot 0,0028 \cdot 0,0028 + 6 \cdot 0,0014 \cdot 0,0137 + 7 \cdot 0,0014 \cdot 0,0166 + 8 \cdot \\ 0,0014 \cdot 0,0342 + 9 \cdot 0,0014 \cdot 0,9323) / 9 = 0,0000.$$

Суммарная длительность времени $T\{k\}$ пребывания в ситуации $\{k\}$ за период времени наблюдения $T_{набл}$ вычислялась по следующей формуле [26]:

$$T\{k\} = T_{набл} \cdot p\{k\}, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (3.19)$$

Длительность периода времени наблюдения за процессом функционирования пожарно-спасательных служб города Кокшетау составила $T_{набл} = 1 \text{ год} = 8760 \text{ ч}$:

$$T\{0\} = 8760 \cdot 0,9323 = 8166,9 \text{ ч};$$

$$T\{1\} = 8760 \cdot 0,0342 = 299,6 \text{ ч};$$

$$T\{2\} = 8760 \cdot 0,0166 = 145,4 \text{ ч};$$

$$T\{3\} = 8760 \cdot 0,0137 = 120,0 \text{ ч};$$

$$T\{4\} = 8760 \cdot 0,0028 = 24,5 \text{ ч};$$

$$T\{5\} = 8760 \cdot 0,0003 = 2,6 \text{ ч};$$

$$T\{6\} = 8760 \cdot 0,0001 = 1,7 \text{ ч};$$

$$T\{7\} = 8760 \cdot 0,0000 = 0,9 \text{ ч};$$

$$T\{8\} = 8760 \cdot 0,0000 = 0,0 \text{ ч};$$

$$T\{9\} = 8760 \cdot 0,0000 = 0,0 \text{ ч}.$$

Частота $f\{k\}$ (среднее число случаев в единицу времени) возникновения ситуации $\{k\}$ в результате поступления вызовов вычислялась по формуле

$$f\{k\} = n \sum_{l=1}^k w_l \cdot p\{k-l\}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \quad (3.20)$$

$$f\{1\} = n \cdot w_1 \cdot p\{0\} = 696 \cdot 0,5244 \cdot 0,9323 = 340,3 \text{ случаев};$$

$$f\{2\} = n \cdot (w_1 \cdot p\{1\} + w_2 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0342 + 0,2456 \cdot 0,9323) = 171,8 \text{ случаев};$$

$$f\{3\} = n \cdot (w_1 \cdot p\{2\} + w_2 \cdot p\{1\} + w_3 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0166 + 0,2456 \cdot 0,0342 + 0,1968 \cdot 0,9323) = 139,6 \text{ случаев};$$

$f\{4\} = n \cdot (w_1 \cdot p\{3\} + w_2 \cdot p\{2\} + w_3 \cdot p\{1\} + w_4 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0137 + 0,2456 \cdot 0,0166 + 0,1968 \cdot 0,0342 + 0,0330 \cdot 0,9323) = 33,9$ случаев.

$f\{5\} = n \cdot (\omega_1 \cdot p\{4\} + \omega_2 \cdot p\{3\} + \omega_3 \cdot p\{2\} + \omega_4 \cdot p\{1\} + \omega_5 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0028 + 0,2456 \cdot 0,0137 + 0,1968 \cdot 0,0166 + 0,0330 \cdot 0,0342 + 0,0028 \cdot 0,9323) = 7,3$ случаев.

$f\{6\} = n \cdot (\omega_1 \cdot p\{5\} + \omega_2 \cdot p\{4\} + \omega_3 \cdot p\{3\} + \omega_4 \cdot p\{2\} + \omega_5 \cdot p\{1\} + \omega_6 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0003 + 0,2456 \cdot 0,0028 + 0,1968 \cdot 0,0137 + 0,0330 \cdot 0,0166 + 0,0028 \cdot 0,0342 + 0,0014 \cdot 0,9323) = 2,6$ случаев.

$f\{7\} = n \cdot (\omega_1 \cdot p\{6\} + \omega_2 \cdot p\{5\} + \omega_3 \cdot p\{4\} + \omega_4 \cdot p\{3\} + \omega_5 \cdot p\{2\} + \omega_6 \cdot p\{1\} + \omega_7 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0001 + 0,2456 \cdot 0,0003 + 0,1968 \cdot 0,0028 + 0,0330 \cdot 0,0137 + 0,0028 \cdot 0,0166 + 0,0014 \cdot 0,0342 + 0,0014 \cdot 0,9323) = 0,6$ случаев.

$f\{8\} = n \cdot (\omega_1 \cdot p\{7\} + \omega_2 \cdot p\{6\} + \omega_3 \cdot p\{5\} + \omega_4 \cdot p\{4\} + \omega_5 \cdot p\{3\} + \omega_6 \cdot p\{2\} + \omega_7 \cdot p\{1\} + \omega_8 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0000 + 0,2456 \cdot 0,0001 + 0,1968 \cdot 0,0003 + 0,0330 \cdot 0,0028 + 0,0028 \cdot 0,0137 + 0,0014 \cdot 0,0166 + 0,0014 \cdot 0,0342 + 0,0014 \cdot 0,9323) = 0,0$ случаев.

$f\{9\} = n \cdot (\omega_1 \cdot p\{8\} + \omega_2 \cdot p\{7\} + \omega_3 \cdot p\{6\} + \omega_4 \cdot p\{5\} + \omega_5 \cdot p\{4\} + \omega_6 \cdot p\{3\} + \omega_7 \cdot p\{2\} + \omega_8 \cdot p\{1\} + \omega_9 \cdot p\{0\}) = 696 \cdot (0,5244 \cdot 0,0000 + 0,2456 \cdot 0,0000 + 0,1968 \cdot 0,0001 + 0,0330 \cdot 0,0003 + 0,0028 \cdot 0,0028 + 0,0014 \cdot 0,0137 + 0,0014 \cdot 0,0166 + 0,0014 \cdot 0,0342 + 0,0014 \cdot 0,9323) = 0,0$ случаев.

Значения параметров одновременной занятости числа оперативных отделений пожарно-спасательных служб города Кокшетау обслуживанием вызовов в 2016 г. представлены в таблице 3.14.

По результатам проведенного анализа одновременной занятости пожарно-спасательных служб обслуживанием вызовов в городе Кокшетау в 2017 году установлено, что примерно 93 % времени исследуемые подразделения находятся в ситуации, в которой все оперативные отделения на основных ПА свободны от обслуживания вызовов.

Таблица 3.14 – Значения характеристик одновременной занятости пожарно-спасательных служб обслуживанием вызовов в городе Кокшетау

Число k одновременно занятых ПА	Число вызовов n	Вероятность возникновения $p\{k\}$	Суммарная длительность времени $T\{k\}$, час в год	Частота возникновения $f\{k\}$, случаев в год
0	–	0,9323	8166,9	–
1	365	0,0342	299,6	340,3
2	171	0,0166	145,4	171,8
3	131	0,0137	120,0	139,6
4	23	0,0028	24,5	33,9
5	2	0,0003	2,6	7,3
6	1	0,0001	1,7	2,6
7	1	0,0000	0,9	0,6
8	1	0,0000	0,0	0,0
9	1	0,0000	0,0	0,0
Всего	696	1,00000	8760,0	696,00

Зная вероятностные характеристики одновременной занятости оперативных отделений обслуживанием вызовов, можно обосновать количество N оперативных отделений на основных ПА в составе дежурных караулов пожарно-спасательной службы города Кокшетау достаточное для того, чтобы обеспечить безотказное обслуживание вызовов [67].

Выводы по главе

Анализ динамики оперативного реагирования пожарно-спасательных служб города Кокшетау на чрезвычайные ситуации в 2017 году показал, что наибольшее количество выездов зарегистрировано на ликвидацию загораний – 47,7 % от общего числа вызовов за исследуемый период, аварийно-спасательные работы – 30,8 %, на ликвидацию пожаров 19,8 %.

Результаты статистического исследования и моделирования вероятностного распределения числа вызовов пожарно-спасательных служб показали, что в целом поток вызовов является нестационарным.

В случаях исключения некоторых вызовов в исследуемый период поток вызовов принимает стационарный вид в январе-марте и описывается законом распределения Пуассона, что позволило использовать известные математические модели в исследовании процессов функционирования пожарно-спасательных служб.

Установлено, что наибольшее число вызовов обслуживалось одним отделением на АЦ – 365 вызовов (52,4 % от общего числа вызовов за исследуемый период), двумя отделениями на АЦ – 171 вызов (24,6 %), три отделения на АЦ – 137 вызовов (19,7 %), четыре отделения на АЦ – 23 вызова (3,3 %).

С использованием математического моделирования процесса одновременной занятости пожарно-спасательных служб города Кокшетау обслуживанием вызовов определено, что примерно 96 % времени исследуемые подразделения находятся в ситуации, в которой все оперативные отделения на основных ПА свободны от обслуживания вызовов.

Установлено, что для оперативного реагирования на пожары и чрезвычайные ситуаций в городе Кокшетау в случаях одновременного обслуживания вызовов достаточно трех отделений на основных ПА.

ГЛАВА 4 АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ГАРНИЗОНА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ

4.1 Алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города

Ранее в разделе 1.4 было установлено, что в нормативно-правовых актах Республики Казахстан в области проектирования пожарно-спасательных служб существуют противоречия, что затрудняет обеспечение необходимого уровня пожарной безопасности в городах и населенных пунктах.

Применение положений теории моделирования пожарно-спасательных служб [26], систематизации существующих алгоритмов проектирования подразделений [26, 54–60, 68–72], позволили автору разработать алгоритм определения ресурсов пожарно-спасательных служб (депо) городов Республики Казахстан (рисунок 4.1).

Приведенный на рисунке 4.1 алгоритм целесообразно реализовывать поэтапно [73]:

1. На первом этапе задается среднее время следования $\bar{t}_{сл}$ пожарно-спасательных служб к месту вызова.

2. На втором этапе с учетом среднего времени следования $\bar{t}_{сл}$ (км/мин), средней скорости следования $\bar{V}_{сл}^2 = 25 \div 36$ (км/ч), площади населенного пункта $S_{гор.}$ (км²), коэффициента непрямолинейности уличной сети k_n , изменяющийся в зависимости от сети города от 1 до $\sqrt{2} \approx 1,4$ и безразмерного эмпирического коэффициента α , учитывающая особенности каждого населенного пункта и чаще всего находится в интервале от 0,3 до 0,5.

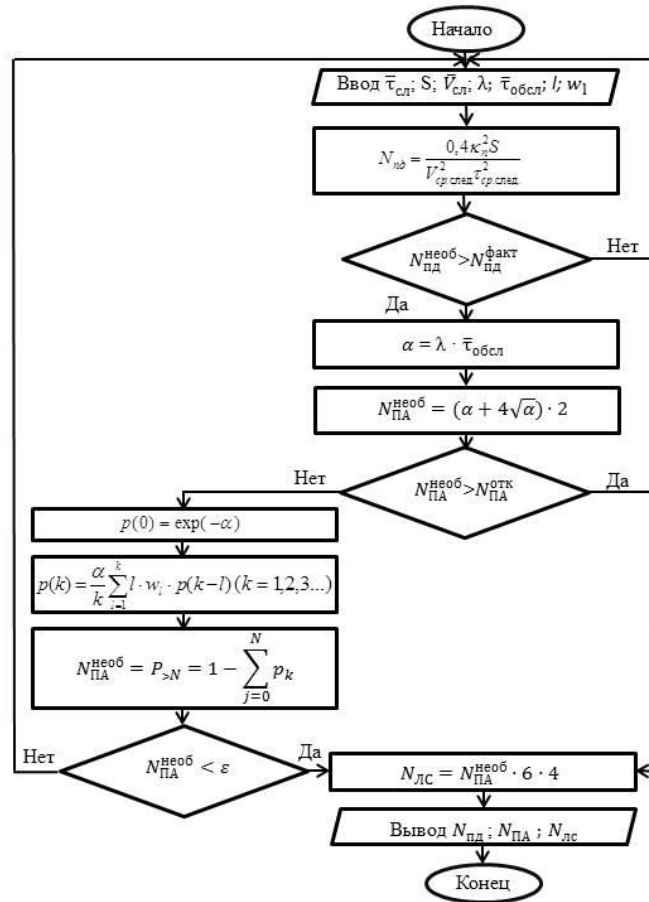


Рисунок 4.1 – Алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города

$\bar{\tau}_{сл}$ - среднее время следования пожарно-спасательных служб к месту вызова;
 n_l - число вызовов пожарных автомобилей, S - застроенная площадь города, км²;
 $\bar{V}_{сл}$ – средняя скорость следования пожарного автомобиля к месту вызова, км/ч;
 l - перечень различных значений числа выезжавших по вызову пожарных автомобилей;
 w_1 – относительная частота; λ – плотность потока вызова, выз/сут; α – приведенная интенсивность потока вызовов, эрл.; $\tau_{обсл}$ – среднее время обслуживания вызова пожарно-спасательными службами в год, мин; $N_{пд}$ – количество пожарных депо; $N_{ЛС}$ – количество пожарных автомобилей; $N_{ЛС}$ – количество личного состава; P_k – вероятность того, что одновременно заняты оперативной работой k однотипных пожарных автомобилей;
 ε – риск такой ситуации, когда потребуется больше чем N автомобилей; $P_{>N}$ – вероятность того, что потребуется одновременно больше автомобилей, чем N имеющихся в гарнизоне

3. На третьем этапе определяется необходимое число ПА тремя способами [74]:

1) первый способ – производится из расчета по одному ПА в депо;

2) второй способ (ориентировочный) – учитывается одновременная занятость ПА, рассчитанная по приведенной интенсивности потока вызовов, эрл. $a = \lambda \cdot \tau_{\text{ср.обсл.}}$;

3) третий способ (основной) – учитывается вероятность того, что в городе может быть занято N отделений пожарно-спасательных служб $P_{>N}$, число одновременно занятых j отделений пожарно-спасательных служб p_j и критическое значение вероятности отказа ε .

4. На четвертом этапе определяется необходимое число личного состава $N_{\text{ЛС}}$, из расчета один ПА – 6 человек личного состава. Полученные данные умножаются на количество дежурных смен, в нашем случае на 4. По необходимости добавляется спецтехника. Таким же образом определяется численность других основных и специальных ПА, личного состава пожарных депо и пр.

4.2 Проектирование гарнизона пожарно-спасательной службы города Кокшетау

В соответствии с указанным алгоритмом определения необходимого числа ПА, пожарно-спасательных служб и необходимого числа личного состава (см. рисунок 4.1), проведем проектирование гарнизона города Кокшетау.

Площадь территории города составляет 81 км^2 , т. е. $S_{\text{общ}} = S_{\text{застр}} = 81 \text{ км}^2$, коэффициент примем $k_{\text{н}}=1,3$.

В 3 главе рассчитали среднее время следования пожарно-спасательных служб города Кокшетау к месту вызова, которое составило $\bar{\tau}_{\text{сл}} = 9,2$ мин, скорость следования $\bar{V}_{\text{сл}}^2 = 28$ (км/ч), $\alpha = 0,4$

Для первого способа $N_{ПА}^{min} = N_d$ число пожарных депо, требуемых городу Кокшетау, вычислим по формуле (4.1), разработанной профессором Н.Н. Брушлинским [26]:

$$N_d = \frac{\alpha \cdot k_H^2 \cdot S_{гор.}}{\bar{V}_{сл}^2 \cdot \bar{\tau}_{сл}^2} \quad (4.1)$$

Подставляя ранее полученные значения, получим $N_d = \frac{0,4 \cdot 1,96 \cdot 81}{0,22 \cdot 49,0} = 5$ депо.

Таким образом, для первого способа городу необходимо 5 депо и 5 ПА соответственно.

По второму способу городу потребуется $N_{ПА} = (0,07 + 4\sqrt{0,07}) \cdot 2 = 3$ ПА.

В оперативной деятельности подразделений пожарно-спасательной службы может возникать ситуация $\{> N\}$, в которой обслуживанием вызовов одновременно занято число ПА, превышающее их исходное количество.

Вероятность $p\{> N\}$ того, что в произвольный момент времени заданного числа N ПА недостаточно для обслуживания вызовов на исследуемой территории, вычисляется по следующей формуле [58].

$$p\{> N\} = 1 - p\{\leq N\} = 1 - \sum_{k=0}^N p\{k\} \quad (N = 0, 1, 2, 3, \dots), \quad (4.2)$$

$$p\{> 0\} = 1 - p\{0\} = 1 - 0,9323 = 0,0677;$$

$$p\{> 1\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} = p\{> 0\} - p\{1\} = 0,0677 - 0,0342 = 0,0335;$$

$$p\{> 2\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} = p\{> 1\} - p\{2\} = 0,0335 - 0,0166 = 0,0169;$$

$$p\{> 3\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} = p\{> 2\} - p\{3\} = 0,0169 - 0,0137 = 0,0032;$$

$$p\{> 4\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} = p\{> 3\} - p\{4\} = 0,0032 - 0,0028 = 0,0004;$$

$$p\{> 5\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} - p\{5\} = p\{> 4\} - p\{5\} = 0,0004 - 0,0003 = 0,0001;$$

$$p\{> 6\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} - p\{5\} - p\{6\} = p\{> 5\} - p\{6\} = 0,0001 - 0,0001 = 0,0000;$$

$$p\{> 7\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} - p\{5\} - p\{6\} - p\{7\} = \\ = p\{> 6\} - p\{7\} = 0,0001 - 0,0000 = 0,0000;$$

$$p\{> 8\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} - p\{5\} - p\{6\} - p\{7\} - \\ - p\{8\} = p\{> 7\} - p\{8\} = 0,0000 - 0,0000 = 0,0000;$$

$$p\{> 9\} = 1 - p\{0\} - p\{1\} - p\{2\} - p\{3\} - p\{4\} - p\{5\} - p\{6\} - p\{7\} - \\ - p\{8\} - p\{9\} = p\{> 8\} - p\{9\} = 0,0000 - 0,0000 = 0,0000.$$

Ожидаемая за период времени наблюдения $T_{\text{набл}}$ суммарная продолжительность $T\{> N\}$ одновременной занятости обслуживанием вызовов в охраняемом районе числа ПА, превышающего заданное значение N (т.е. с привлечением дополнительных ПА), оценивается по формуле

$$T\{> N\} = T_{\text{набл}} \cdot p\{> N\} = T_{\text{набл}} - \sum_{k=0}^N T\{k\} \quad (N = 0, 1, 2, \dots), \quad (4.3)$$

Частота возникновения отказов (как полных, так и частичных) $f_{\text{отк}}(N)$ в обслуживании вызовов в охраняемом районе при заданном числе N ПА вычисляется по формуле

$$f_{\text{отк}}(N) = \lambda - \sum_{k=1}^N f\{k\} = f_{\text{отк}}(N - 1) - f\{N\} \quad (N = 0, 1, 2, 3, \dots), \quad (4.4)$$

$$f_{\text{отк}}(0) = \lambda = 696 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(1) = \lambda - f\{1\} = 696 - 340,3 = 355,7 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(2) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} = f_{\text{отк}}\{1\} - f\{2\} = 355,7 - 171,8 = 183,9 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(3) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} = f_{\text{отк}}\{2\} - f\{3\} = 183,9 - 139,6 = 44,3 \\ \text{случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(4) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} = f_{\text{отк}}\{3\} - f\{4\} = 44,3 - 33,9 = 10,4 \\ \text{случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(5) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} - f\{5\} = f_{\text{отк}}\{4\} - f\{5\} = 10,4 - 7,3 = \\ 3,1 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(6) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} - f\{5\} - f\{6\} = f_{\text{отк}}\{5\} - f\{6\} = 3,1 - \\ 2,5 = 0,6 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(7) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} - f\{5\} - f\{6\} - f\{7\} = f_{\text{отк}}\{6\} - f\{7\} = 0,6 - 0,6 = 0,0 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(8) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} - f\{5\} - f\{6\} - f\{7\} - f\{8\} = f_{\text{отк}}\{7\} - f\{8\} = 0,0 - 0,0 = 0,0 \text{ случаев};$$

$$f_{\text{отк}}(9) = \lambda - f\{1\} - f\{2\} - f\{3\} - f\{4\} - f\{5\} - f\{6\} - f\{7\} - f\{8\} - f\{9\} = f_{\text{отк}}\{8\} - f\{9\} = 0,0 - 0,0 = 0,0 \text{ случаев.}$$

Частота возникновения полных отказов $f_{\text{по}}(N)$ в обслуживании вызовов в охраняемом районе при заданном числе N ПА определяется по формуле

$$f_{\text{по}}(N) = \lambda \cdot p\{> (N - 1)\} = \lambda \cdot (1 - \sum_{k=0}^{N-1} p\{k\}) \quad (N=1,2,3,\dots). \quad (4.5)$$

Частота возникновения частичных отказов $f_{\text{ч.о}}(N)$ в обслуживании вызовов в охраняемом районе при заданном числе N ПА вычисляется по формуле

$$f_{\text{ч.о}}(N) = f_{\text{отк}}(N) - f_{\text{по}}(N) \quad (N = 0, 1, 2, 3, \dots). \quad (4.6)$$

Результаты расчетов для обоснования требуемого количества ПА пожарно-спасательной службы города Кокшетау представлены в таблице 4.1. Таблица 4.1 – Расчетные значения критериев для обоснования числа оперативных отделений пожарно-спасательных служб города Кокшетау

Число ПА N	Вероятность возникновения нехватки ПА $p\{> N\}$	Суммарная длительность времени $T\{> N\}$, ч	Частота отказов, случаев		
			$f_{\text{отк}}(N)$	$f_{\text{по}}(N)$	$f_{\text{ч.о}}(N)$
0	0,0677	593,05	696	696	0
1	0,0355	310,98	355,7	47,12	308,58
2	0,0169	148,04	183,9	12,63	171,27
3	0,0032	28,03	44,3	3,11	41,19
4	0,0004	3,50	10,4	0,14	10,26
5	0,0001	0,88	3,1	0,00	3,10
6	0,0000	0,00	0,6	0,00	0,60
7	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
8	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00
9	0,0000	0,00	0,0	0,00	0,00

Из таблицы 4.1 видно, что для противопожарной защиты города Кокшетау в случаях одновременного обслуживания вызовов достаточно 5 отделений на основных ПА. При этом суммарная продолжительность занятости дополнительных отделений обслуживанием вызовов в городе составит около 0,88 ч/год.

По результатам расчетов установлено, что значения всех критериев монотонно убывают с увеличением числа оперативных отделений в городе (что соответствует повышению уровня противопожарной защиты города), поэтому из экономических соображений разумно ограничиться таким числом N отделений, которое обеспечивает достаточно малые значения рассматриваемых критериев [75].

Требуемое количество личного состава рассчитаем по формуле

$$N_{\text{ЛС}} = [N_{\text{АЦ}} \cdot 6 + N_{\text{АЛ}} \cdot 2] \cdot 4 + N_{\text{нач.состав}} \quad (4.7)$$

где $N_{\text{АЦ}}$ – количество ПА в подразделении; 6 – боевой расчет одного ПА; $N_{\text{АЛ}}$ – количество автолестниц; 2 – боевой расчет одной АЛ; 4 – количество дежурных смен; $N_{\text{нач.состав}}$ – начальствующий состав подразделения.

Анализ деятельности пожарно-спасательной службы города Кокшетау показал, что для одновременного обслуживания вызовов достаточно 9 отделений на основных ПА [76].

При среднем времени следования 7,0 мин в городе должно быть 5 депо.

$$N_{\text{ЛС}} = [9 \cdot 6 + 2 \cdot 2] \cdot 4 + 5 \cdot 3 = 247 \text{ человек л/с.}$$

Таким образом, получаем, что для обеспечения функционирования 5 пожарно-спасательных служб с 6 АЦ и 2 АЛ необходимо 247 человек личного состава.

Согласно приведенному алгоритму определения необходимого числа ПА, пожарно-спасательных служб и необходимого числа личного состава, проведены расчеты для всех 85 городов Республики Казахстан (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Фактическое и требуемое количество пожарных депо, пожарной техники и личного состава

№ п/п	Наименование	$N_{Пч.}$ треб.	$N_{Пч.}$ факт.	$N_{Пч.}$ необход.	$N_{АЦ.}$ АНР, АБР треб.	$N_{АЦ.}$ АНР, АБР факт.	$N_{АЦ.}$ АНР, АБР необход.	$N_{АЛ.}$ КП треб.	$N_{АЛ.}$ КП факт.	$N_{АЛ.}$ КП необход.	$N_{Лс}$ треб.	$N_{Лс.}$ факт.	$N_{Лс}$ необход.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Нур-Султан	20	17	3	48	62	- 14	20	9	11	1372	1201	171
2	Алматы	17	13	4	42	71	- 29	17	12	5	1195	839	356
3	Шымкент	14	7	7	35	24	11	14	4	10	994	486	508
4	Караганда	13	10	3	33	56	- 23	13	10	3	935	688	247
5	Актобе	6	4	2	14	10	4	6	3	3	396	229	167
6	Тараз	7	3	4	18	9	9	7	3	4	509	304	205
7	Усть-Каменогорск	12	8	4	33	33	0	12	4	8	924	217	707
8	Семей	7	6	1	19	29	- 10	7	4	3	533	148	385
9	Павлодар	9	4	5	24	24	0	9	4	5	675	194	481
10	Уральск	8	8	0	22	27	- 5	8	4	4	616	420	196
11	Атырау	6	3	3	13	16	- 3	6	3	3	378	154	224
12	Кызылорда	6	5	1	14	22	- 8	6	5	1	402	209	193
13	Костанай	6	3	3	14	13	1	6	3	3	402	191	211
14	Петропавловск	7	4	3	19	11	8	7	2	5	533	247	286
15	Актау	3	3	0	10	10	0	3	7	- 4	273	199	74
16	Темиртау	6	2	4	14	10	4	6	1	5	396	152	244
17	Талдыкорган	6	4	2	15	15	0	6	3	3	426	136	290
18	Туркестан	4	1	0	9	4	5	4	1	3	260	88	172
19	Кокшетау	5	4	1	12	9	3	2	2	0	247	158	89
20	Экибастуз	2	2	0	8	8	0	2	2	0	214	96	118
21	Жанаозен	2	2	0	5	4	1	2	1	1	142	201	- 59
22	Рудный	2	1	1	6	5	1	2	1	1	166	77	89
23	Кентау	2	1	1	5	3	2	1	1	0	134	59	75
24	Жезказган	2	1	1	6	11	- 5	1	1	0	158	79	79
25	Шардара	1	1	0	3	2	1	1	1	0	83	53	30
26	Балхаш	1	1	0	4	6	- 2	1	1	0	107	86	21
27	Кульсары	1	1	0	4	4	0	1	1	0	107	61	46
28	Сагпаев	1	1	0	3	6	- 3	1	1	0	83	85	- 2
29	Арысь	1	1	0	3	3	0	1	1	0	83	48	35
30	Каскелен	1	1	0	3	5	- 2	1	1	0	83	45	38
31	Капчагай	1	1	0	3	5	- 2	1	1	0	83	32	51
32	Сарань	1	1	0	3	7	- 4	1	1	0	83	64	19
33	Талгар	1	1	0	3	5	- 2	1	1	0	83	50	33
34	Риддер	2	2	0	7	7	0	1	1	0	182	79	103
35	Степногорск	1	1	0	3	5	- 2	1	1	0	83	49	34
36	Аксу	1	1	0	3	5	- 2	1	1	0	83	50	33
37	Щучинск	1	3	- 2	3	15	- 12	1	1	0	83	233	- 150
38	Есик	1	1	0	3	5	- 2	1	2	- 1	83	37	46
39	Жаркент	1	1	0	3	4	- 1	1	1	0	83	26	57
40	Сарыагаш	1	1	0	3	2	1	1	1	0	83	102	- 19
41	Аягоз	1	1	0	3	4	- 1	1	1	0	83	27	56
42	Зыряновск	1	3	- 2	3	14	- 11	1	1	0	83	64	19
43	Шахтинск	1	1	0	3	6	- 3	1	1	0	83	68	15
44	Житикара	1	1	0	4	3	1	1	1	0	107	43	64
45	Шу	1	1	0	3	2	1	0	0	0	83	23	60

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
46	Ақсай	2	2	0	5	4	1	1	1	0	134	68	66
47	Кандыағаш	1	1	0	3	2	1	1	1	0	83	22	61
48	Аральск	1	1	0	4	4	0	0	0	0	99	35	64
49	Текели	1	1	0	3	3	0	0	0	0	75	22	53
50	Жетғысай	1	1	0	3	4	-1	0	0	0	75	121	-46
51	Атбасар	2	1	1	5	5	0	1	1	0	134	40	94
52	Арқалық	1	1	0	3	3	0	1	1	0	83	62	21
53	Шалқар	2	1	1	5	3	2	0	0	0	126	24	102
54	Ушғобе	1	1	0	3	4	-1	0	0	0	75	20	55
55	Абай	1	1	0	3	6	-3	1	1	0	83	61	22
56	Ленгер	2	1	1	5	3	2	1	1	0	134	94	40
57	Хромтау	1	1	0	3	2	1	0	0	0	75	20	55
68	Приозёрск	1	1	0	3	4	-1	1	1	0	75	49	26
69	Ерейментау	1	1	0	3	3	0	0	0	0	75	25	50
70	Курчатов	1	1	0	3	4	-1	0	0	0	75	32	43
71	Эмба	1	1	0	2	2	0	0	0	0	51	13	38
72	Тайынша	1	1	0	2	3	-1	1	1	0	59	22	37
73	Есиль	1	1	0	2	6	-4	0	0	0	51	37	14
74	Серебрянск	1	1	0	2	3	-1	1	1	0	59	48	11
75	Шар	1	1	0	2	4	-2	0	0	0	51	14	37
76	Карқаралинск	1	1	0	2	5	-3	0	0	0	51	24	27
77	Булаево	1	1	0	2	3	-1	0	0	0	51	22	29
78	Сергеевка	1	1	0	2	1	1	0	0	0	51	14	37
79	Мамлютка	1	1	0	2	3	-1	0	0	0	51	23	28
80	Казалинск	1	1	0	2	3	-1	0	0	0	51	22	29
81	Державинск	1	1	0	2	3	-1	0	0	0	51	23	28
82	Форт-Шевченко	1	1	0	2	2	0	0	0	0	51	36	15
83	Степняк	1	1	0	2	4	-2	0	0	0	51	31	20
84	Темир	1	1	0	2	2	0	0	0	0	51	13	38
85	Жем	1	0	1	2	0	2	0	0	0	51	0	51
ИТОГО		238	181	61	621	735	61	201	122	84	17198	9418	8051

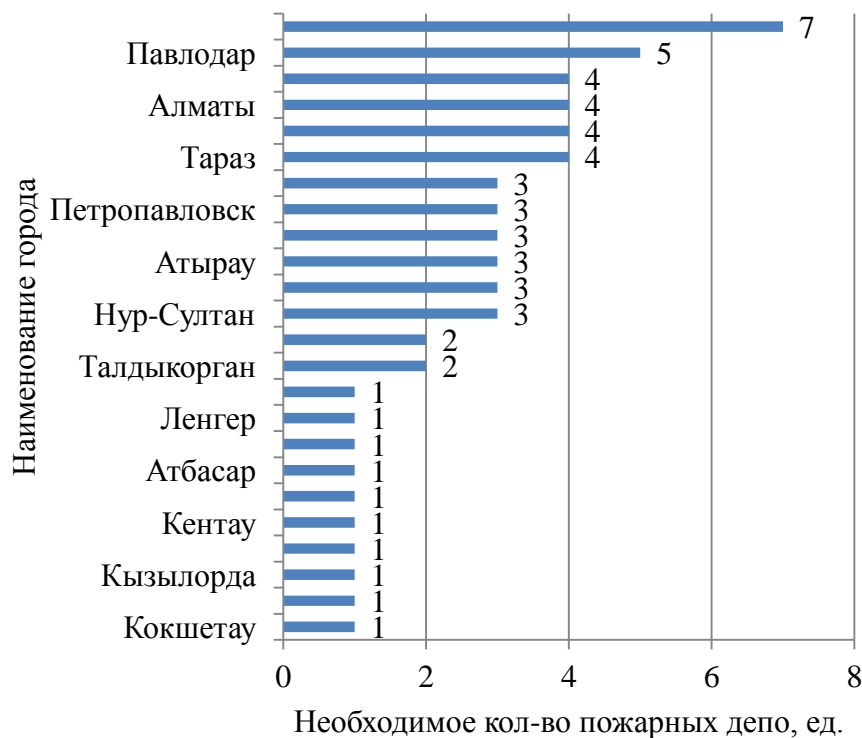


Рисунок 4.4 – Дополнительно необходимое количество пожарных частей в городах Республики Казахстан

Из таблицы 4.3 и рисунка 4.4 видно, что из 85 городов республики в 24 требуется строительство дополнительно 61 пожарных депо. Наибольшее количество пожарных депо требуется в городе республиканского значения Шымкент (7). Из числа городов Республики Казахстан с нехваткой пожарных депо выделяются (таблица 4.3 и рисунок 4.4):

- Павлодар – 5 ПЧ (крупный город, Павлодарская область);
- Тараз – 4 ПЧ (крупный город, Жамбылская область);
- Усть-Каменогорск – 4 ПЧ (крупный город, Восточно-Казахстанская область);
- Алматы – 4 ПЧ (крупнейший город республиканского значения);
- Темиртау - 4 ПЧ (большой город, Карагандинская область);
- Нур-Султан – 3 ПЧ (крупнейший город, столица республики);
- Караганда – 3 ПЧ (крупный город, Карагандинская область);
- Атырау – 3 ПЧ (крупный город, Атырауская область);
- Костанай – 3 ПЧ (большой город, Костанайская область);

- Петропавловск – 3 ПЧ (большой город, Северо-Казахстанская область);
- Туркестан – 3 ПЧ (большой город, Туркестанская область);
- Талдыкорган – 2 ПЧ (большой город, Алматинская область);
- Актобе – 2 ПЧ (крупный город, Актюбинская область);
- Семей – 1 ПЧ (крупный город, Восточно-Казахстанская область);
- Кызылорда – 1 ПЧ (крупный город, Кызылординская область);
- Рудный – 1 ПЧ (большой город, Костанайская область);
- Кокшетау – 1 ПЧ (большой город, Ақмолинская область);
- Кентау – 1 ПЧ (средний город, Туркестанская область);
- Жезказган – 1 ПЧ (средний город, Карагандинская область);
- Атбасар – 1 ПЧ (малый город, Ақмолинская область);
- Шалкар – 1 ПЧ (малый город, Актюбинская область);
- Ленгер – 1 ПЧ (малый город, Туркестанская область);
- Жем – 1 ПЧ (малый город, Актюбинская область).

По результатам проведенного исследования установлено, что из 24 городов в которых требуется дополнительное строительство пожарных депо, 9 являются крупными, 7 большими, 4 малыми, 2 крупнейшими и 2 средними.

Из таблицы 4.3. и рисунка 4.5 видно, что для оперативного прибытия к месту вызова и проведения работ по тушению пожаров пожарно-спасательным подразделениям требуется дополнительно 61 основной пожарной техники [77].

Наибольшее количество основной пожарной техники необходимо в городе Шымкент (11).

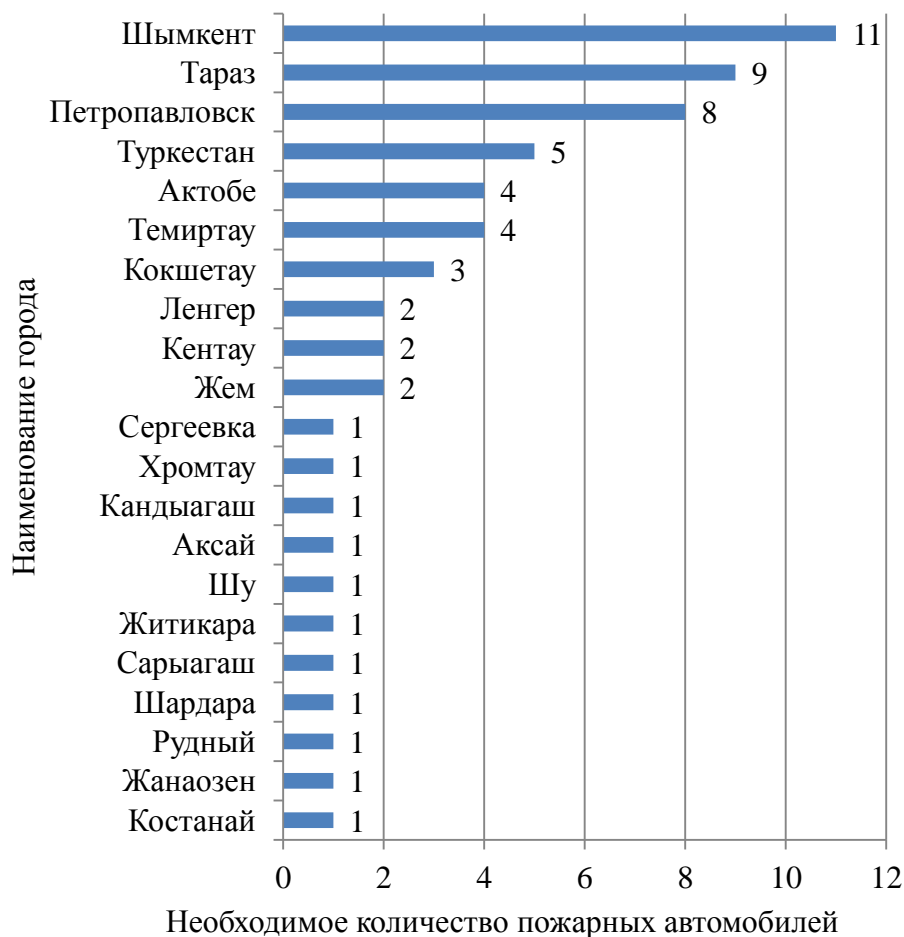


Рисунок 4.5 – Дополнительно необходимое количество пожарных автомобилей в городах Республики Казахстан

Из числа городов Республики Казахстан с нехваткой основной пожарной техники выделяются (таблица 4.3 и рисунок 4.5):

- Тараз – 9 АЦ (крупный город, Жамбылская область);
- Петропавловск – 8 АЦ (большой город, Северо-Казахстанская область);
- Туркестан – 5 АЦ (большой город, Туркестанская область);
- Актобе – 4 АЦ (крупный город, Актыбинская область);
- Темиртау – 4 АЦ (большой город, Карагандинская область);
- Кокшетау – 3 АЦ (большой город, Акмолинская область);
- Ленгер – 2 АЦ (малый город, Туркестанская область);
- Кентау – 2 АЦ (средний город, Туркестанская область);
- Жем – 2 АЦ (малый город, Актыбинская область);

- Костанай – 1 АЦ (большой город, Костанайская область);
- Сергеевка – 1 АЦ (малый город, Северо-Казахстанская область);
- Хромтау – 1 АЦ (малый город, Актюбинская область);
- Кандыгааш – 1 АЦ (малый город, Актюбинская область);
- Аксай – 1 АЦ (малый город, Западно-Казахстанская область);
- Шу – 1 АЦ (малый город, Алматинская область);
- Житикара – 1 АЦ (малый город, Костанайская область);
- Сарыагаш – 1 АЦ (малый город, Туркестанская область);
- Шардара – 1 АЦ (средний город, Туркестанская область);
- Рудный – 1 АЦ (большой город, Костанайская область);
- Жанаозен – 1 АЦ (большой город, Мангистауская область).

По результатам проведенного исследования установлено, что из 21 городов в которых требуется дополнительное количество основной пожарной техники, 9 являются малыми, 7 большими, 3 крупными и 2 средними.

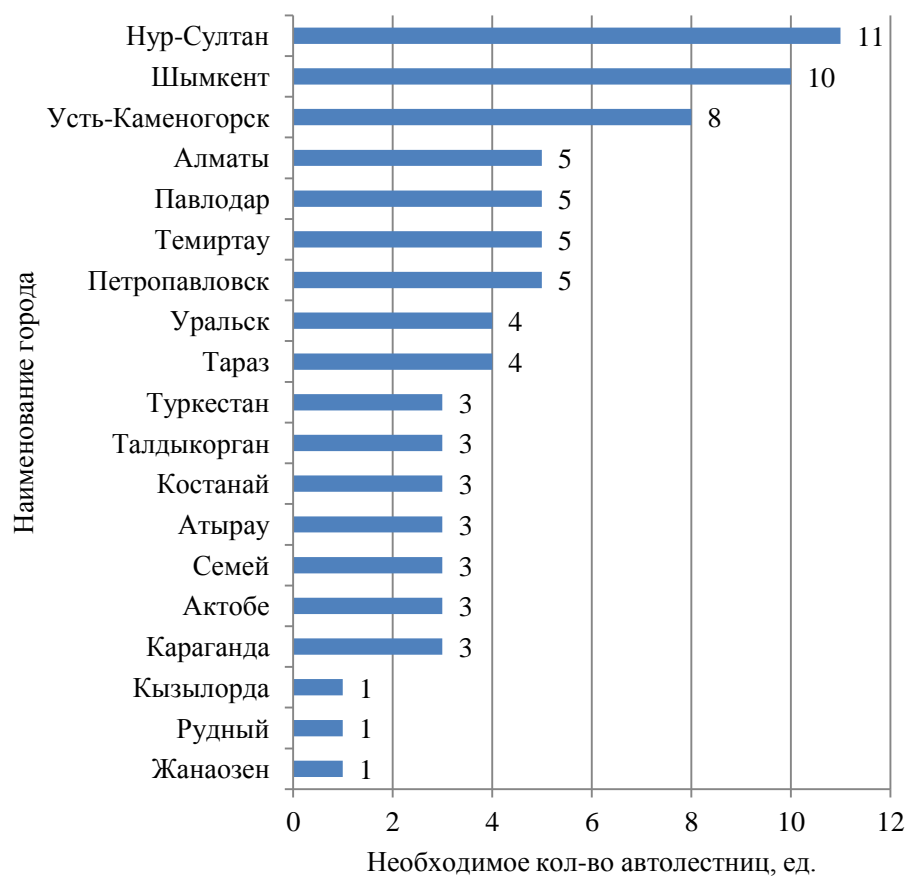


Рисунок 4.6 – Дополнительно необходимое количество автолестниц в городах Республики Казахстан

Из таблицы 4.3. и рисунка 4.6 видно, что для оперативного обеспечения процесса тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ пожарно-спасательным подразделениям требуется дополнительно 84 АЛ.

Наибольшее количество АЛ необходимо в крупнейшем городе столице республике Нур-Султан (11).

По результатам проведенного исследования установлено, что из 20 городов в которых требуется дополнительное количество АЛ, 10 являются крупными, 8 большими и 2 крупнейшими [78].

Из таблицы 4.3 и рисунка 4.7 видно, что для эффективного функционирования противопожарных подразделений необходимо увеличить штат личного состава на 8051 человек в 80 городах Республики Казахстан.

Наибольшее количество личного состава необходимо в крупном городе Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанская область 707 человек.

Из числа городов Республики Казахстан с нехваткой личного состава выделяются (таблица 4.3 и рисунок 4.7):

- Шымкент – 508 человек (город республиканского значения);
- Павлодар – 481 человек (крупный город, Павлодарская область);
- Семей – 385 человек (крупный город, Восточно-Казахстанская область);
- Алматы – 356 человек (крупнейший город республиканского значения);
- Талдыкорган – 290 человек (крупный город, Алматинская область);
- Петропавловск – 286 человек (большой город, Северо-Казахстанская область);
- Караганда – 247 человек (крупный город, Карагандинская область);
- Темиртау – 244 человек (большой город, Карагандинская область);
- Атырау – 224 человек (большой город, Атырауская область);
- Костанай – 211 человек (большой город, Костанайская область);
- Тараз – 205 человек (крупный город, Жамбылская область);
- Уральск – 196 человек (крупный город, Западно-Казахстанская область);
- Кызылорда – 193 человек (крупный город, Кызылординская область).

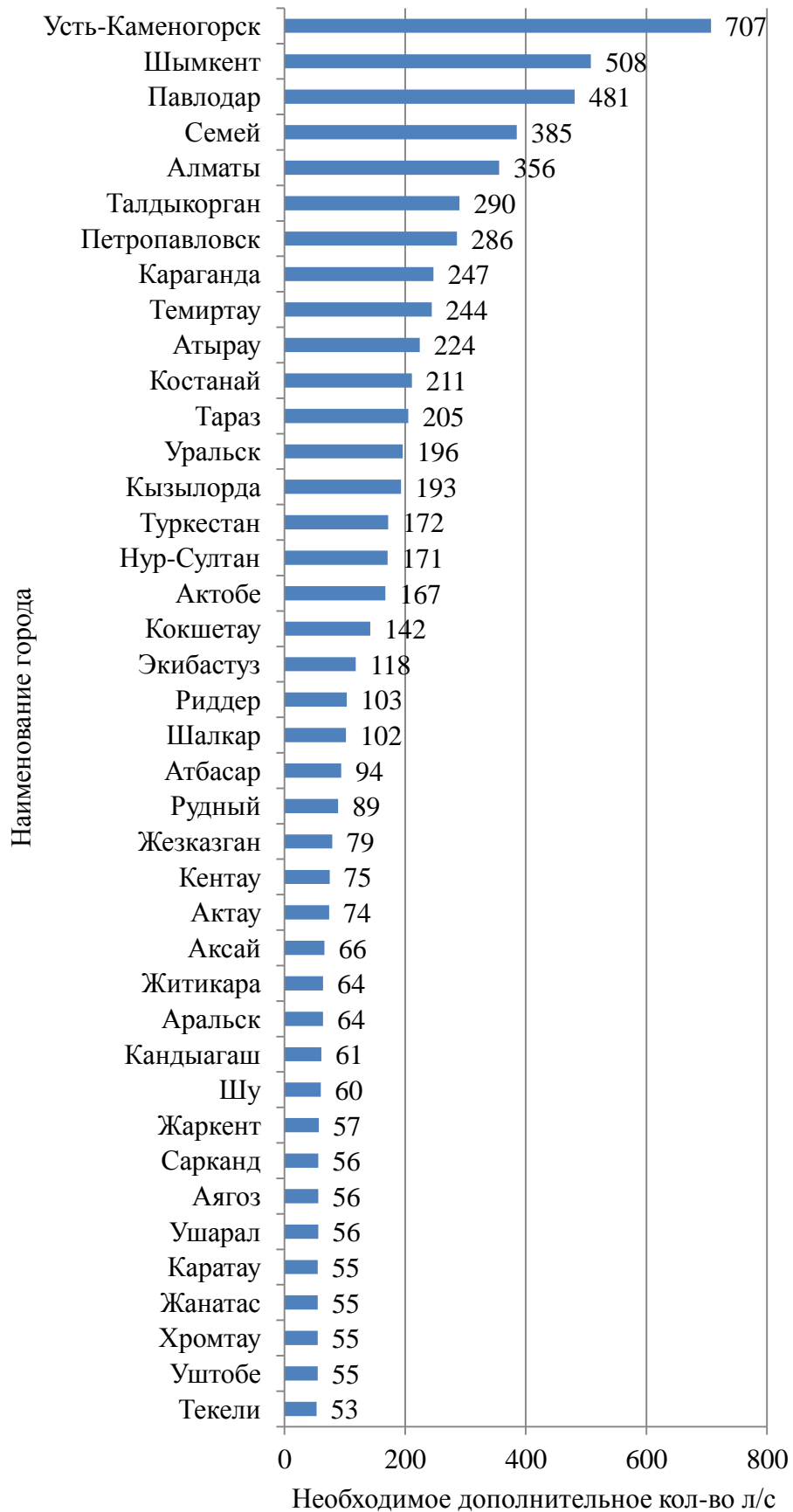


Рисунок 4.7 – Дополнительно необходимое количество личного состава в противопожарных подразделениях городов Республики Казахстан

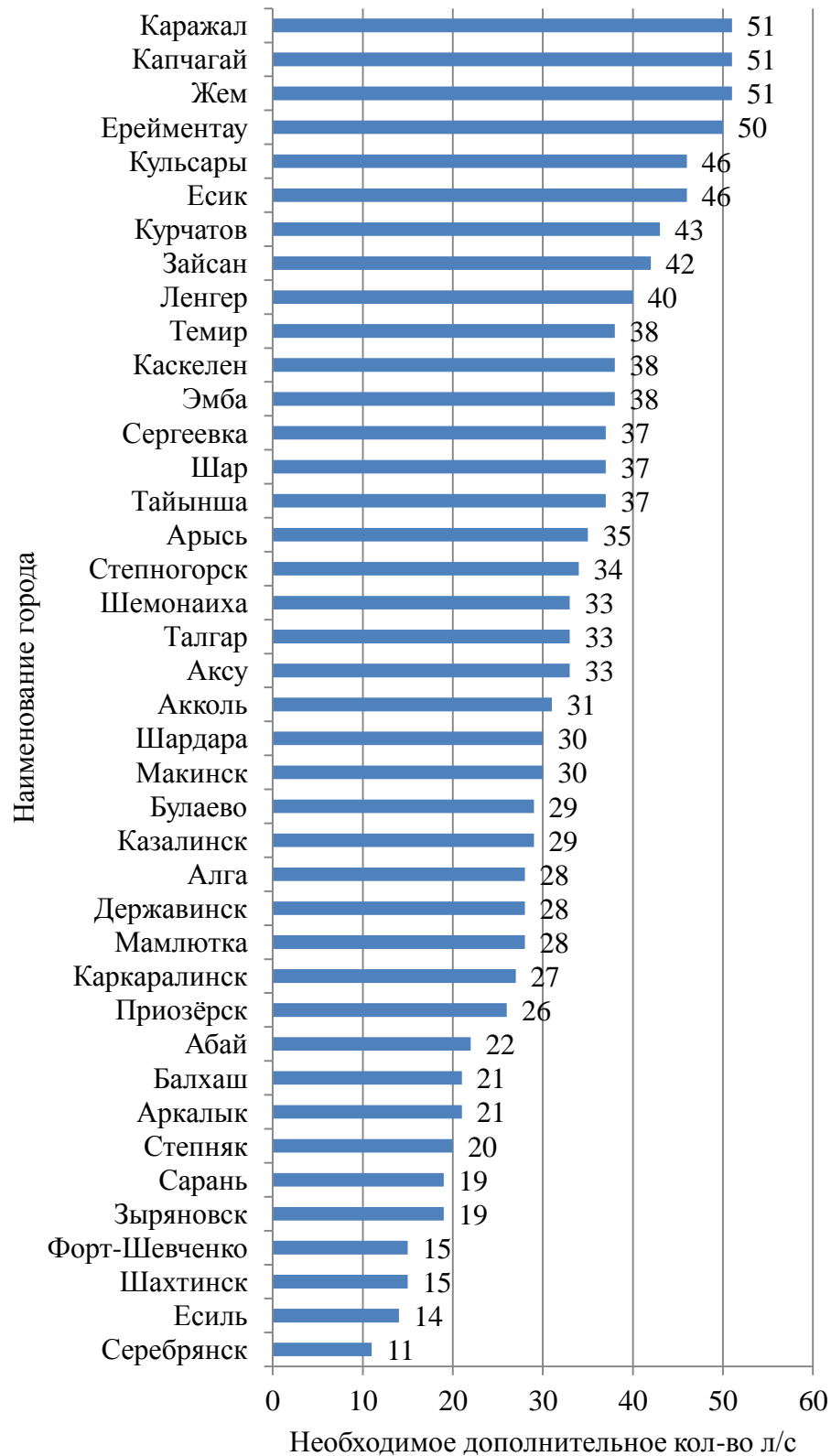


Рисунок 4.7 – Окончание

По результатам проведенного исследования установлено, что из 14 городов с наибольшим количеством нехватки личного состава, 9 являются крупными, 4 большими и 1 крупнейшим [79].

Из таблицы 4.4 видно, что при размещении пожарных депо в соответствии с требованиями нормативных документов, 10 мин следования к месту вызова (при среднем значении 3 мин), количество депо необходимых для обеспечения противопожарной защитой всех населенных пунктов будет достаточно велико [81].

Необходимое количество пожарных депо с учетом среднего времени следования от 3 до 7 мин в разрезе крупных и больших городов Республики Казахстан представлено в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет необходимого количества пожарных депо с учетом среднего времени следования 3 и 7 мин

№ п/п	Наименование	Количество пожарных депо					
		Факт.	Среднее время следован. $\tau = 3$ мин	Среднее время следован. $\tau = 4$ мин	Среднее время следован. $\tau = 5$ мин	Среднее время следован. $\tau = 6$ мин	Среднее время следован. $\tau = 7$ мин
1	Нур-Султан	17	128	84	54	37	20
2	Алматы	13	105	69	44	31	17
3	Шымкент	7	89	58	37	26	14
4	Караганда	10	84	55	35	25	13
5	Актобе	4	33	22	14	10	6
6	Тараз	3	48	32	20	14	7
7	Усть-Каменогорск	8	73	47	30	21	12
8	Семей	6	50	33	21	15	7
9	Павлодар	4	60	39	25	17	9
10	Уральск	8	51	33	21	15	8
11	Атырау	3	38	25	16	11	6
12	Кызылорда	5	36	24	15	10	6
13	Костанай	3	38	25	16	11	6
14	Петропавловск	4	45	29	19	13	7
15	Актау	3	15	10	6	4	3
16	Темиртау	2	33	21	14	10	6
17	Талдыкорган	4	34	22	14	10	6
18	Туркестан	1	26	17	11	8	4
19	Кокшетау	3	27	18	12	8	5
20	Экибастуз	2	13	9	6	4	2

Из таблицы 4.5 видно, что при среднем времени следования к месту вызова 3 мин в крупных и больших городах республики необходимо большое количество пожарных депо [82]. При этом в среднем на одно депо будет приходиться от 3 до 10 выездов в год. Содержание такого количества противопожарных подразделений экономически не целесообразно.

Таким образом, наиболее рациональным временем следования к месту вызова в городах должно быть в среднем 7 мин., а для населенного пункта в среднем 14 мин [83]. При этом максимальное время следования к месту вызова составит 23 и 42 мин соответственно [84].

Моделирование времени следования к месту вызова противопожарных подразделений в соответствии с распределением Эрланга при $r = 3$, $\tau_{\text{ср}} = 7$ мин показало, что в 56,6 % выездов ППС будут укладываться до 7 мин, в 30,6 % от 7 до 10 мин, в 12,8 % более 10 мин [85].

Таким образом, при среднем времени следования $\tau_{\text{ср}} = 7$ мин противопожарные подразделения в 87,2 % выездов будут укладываться в 10 мин [86].

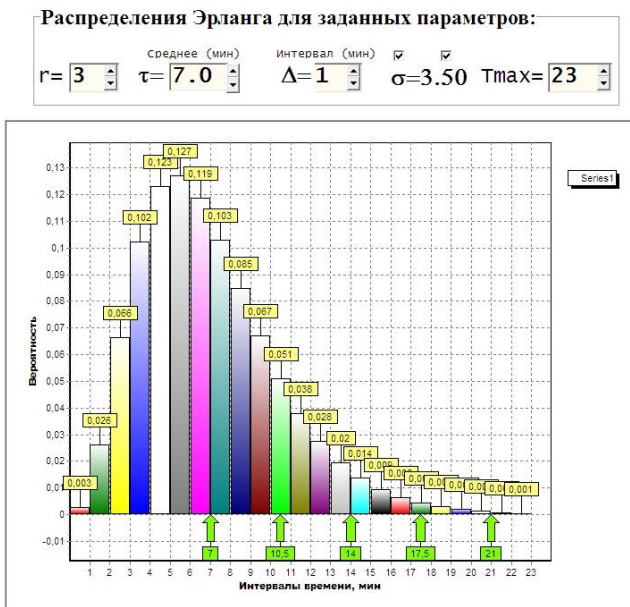


Рисунок 4.8 – Распределение времени прибытия в городах Республики Казахстан, оцениваемое по «правилу 46» (показано стрелками)

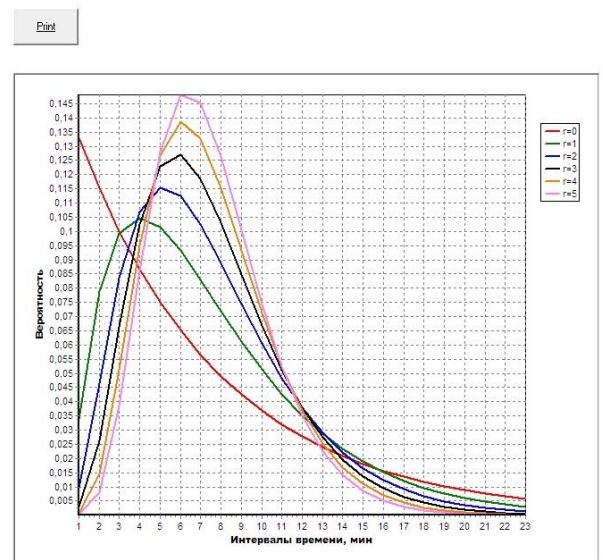


Рисунок 4.9 – Семейство распределений Эрланга для времени прибытия в городах Республики Казахстан при $\tau_{\text{ср}} = 7$ мин

С учетом среднего времени следования 7 мин к месту вызова в городах потребуется дополнительно около 61 пожарного депо,

на строительство которых потребуется более 9,9 млрд рублей (таблица 2 приложения А).

На основании проведенного математического моделирования по использованию основной и специальной техники [87], определено необходимое их количество для противопожарных подразделений с учетом численности населения (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Нормативы положенности основной и специальной пожарной техники [26]

Численность населения, тыс. чел.	АЦ, АН (боевой расчет)	Резерв АЦ, АН	АЛ, КП	АГДЗС	АСА	АСО
Менее 10	2	1	1*	–	1	-
От 10–20	3	1	1*	–	1	-
От 20–50	3–5	2	1*	–	1	-
От 50–100	5–7	2–3	2	1	1	-
От 100–250	6–14	3–7	10	1	1	-
От 250–500	14–34	7–15	13	2	2	1
От 500 до 1000	35–45	15–20	14	4	4	2
Нур-Султан	48	24	20	5	5	3
Алматы	42	22	17	5	5	3
* При наличии зданий высотой 4 этажа и более.						

Из таблицы 4.6 видно, что для крупных городов с численностью свыше 1 млн человек необходимое число основной и специальной пожарной техники дано ориентировочно, так как для подобных сложных систем необходимо проводить соответствующее математическое моделирование с учетом их специфики [88].

Определено также необходимое количество противопожарных подразделений при средней скорости следования 7 мин [89] в зависимости (таблица 4.7):

- от скорости движения к месту вызова;
- площади территории города.

Таблица 4.7 – Количество противопожарных подразделений

Площадь города S , км ²	20	35	40	50	70	90	100	150	200	300	400	500	600	700
Средняя скорость движения v , км/ч	30	30	30	30	30	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Число депо	1	2	2	3	4	5	6	8	11	16	22	25	32	38
Площадь обслуживания одного депо S , км ²	20	17	20	17	17	18	17	19	18	19	18	20	19	18
Радиус обслуживания одного депо R , км	2,8	2,6	2,8	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7	2,6	2,8	2,7	2,6

Из таблицы 4.7 видно, что необходимое число противопожарных подразделений зависит от площади территории города, средней скорости и времени следования к месту вызова [90]. При этом площадь и радиус обслуживания одного противопожарного подразделения $S = 17 - 20$ км² и $R_{\text{обс}} = 2,6 - 2,8$ км соответственно.

Выводы по главе

Применение положений теории моделирования противопожарных служб, систематизации существующих алгоритмов проектирования подразделений позволили разработать алгоритм определения ресурсов гарнизона пожарно-спасательной службы города.

С целью повышения эффективности системы обеспечения пожарной безопасности городов Республики Казахстан, на основании результатов исследований, проведенных в данной работе, разработаны научно-обоснованные нормы по определению необходимого числа противопожарных подразделений.

Основу для разработки нормативов составляют выводы по итогам анализа существующих нормативно-правовых актов и деятельности пожарно-спасательных подразделений городов.

По результатам исследований обосновано наиболее рациональное среднее время следования к месту вызова в городах, которое составляет 7 мин.

С учетом данного времени следования в 24 городах потребуется дополнительно около 61 противопожарного подразделения, на строительство которых потребуется более 9,9 млрд рублей.

Таким образом, при реализации предлагаемых норм будет устранено существующее противоречие в нормативно-правовых актах и значительно будет повышен уровень пожарной безопасности городов и населенных пунктов Республики Казахстан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных исследований получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен анализ нормативно-правовой базы организационной системы обеспечения пожарной безопасности Республики Казахстан характеризующий обоснование необходимого числа пожарных депо и пожарно-спасательной техники показал, что в настоящее время отсутствуют научно-обоснованные нормативно-правовые акты по определению необходимого числа пожарно-спасательных подразделений; существующие нормативно-правовые акты заимствованы в зарубежных странах, не подходят для обеспечения пожарной безопасности городов и противоречат друг другу.

2. Разработанная индексная модель оценки комплексного показателя пожарной опасности, которая позволила установить объективный уровень пожарной опасности городов Республики Казахстан. Оценка пожарной опасности городов с применением индексной модели позволит вырабатывать соответствующие научно-обоснованные решения по управлению пожарными рисками городов Республики Казахстан.

3. Проведено детальное математико-статистическое моделирование потоков вызовов, временных характеристик процесса функционирования городских пожарно-спасательных служб (время следования и обслуживания, скорость следования). В результате проведенного математико-статистического моделирования установлено, что потоки вызовов описываются законом распределения Пуассона, примерно в 96 % времени исследуемые подразделения находятся в ситуации, в которой все оперативные отделения на основных пожарных автомобилях свободны от обслуживания вызовов.

4. Разработан алгоритм определения сил и средств гарнизона пожарно-спасательной службы города. Алгоритм позволил определить необходимое число пожарно-спасательных подразделений, пожарной техники и личного

состава города с учетом рационального среднего времени следования пожарно-спасательных служб к месту вызова 7 мин. Установлено, что в 24 городах Республики Казахстан требуется дополнительное строительство 61 пожарного депо на общую сумму 9,9 млрд. рублей.

5. Разработаны научно-обоснованные нормативно-правовые основы по определению необходимого числа пожарно-спасательных служб, которые позволят устранить существующие противоречия в нормативно-правовых актах проектирования гарнизонов пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Комитета по статистике Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://www.stat.gov.kz> (дата обращения 08.01.2016).
2. История древних городов Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kazakhstan.orexca.com/rus/kazakhstan_history_cities.shtml (дата обращения 12.02.2016).
3. Закон Республики Казахстан «Об административно-территориальном устройстве Республики Казахстан» от 8 декабря 1993 года № 2572-ХІІ [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30111667#pos=0;0 (дата обращения 16.02.2016).
4. Закон Республики Казахстан «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан» от 16 июля 2001 года № 242 [Электронный ресурс] // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P090000021> (дата обращения 13.03.2016).
5. Строительные нормы и правила Республики Казахстан СНиП РК 3.01-01-2008 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов» [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178#pos=0;0 (дата обращения 14.03.2016).
6. Шеденов, У.К. Город как каркас наукоемкой экономики. [Текст] / У.К. Шеденов, Б.А. Жунусов // Стратегия «Казахстан-2050» и проблемы конкурентоспособности национальных экономик стран СНГ : сб. материалов 6-й Международной научной конференции. – Актобе: Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, 2014. – С. 120–132.

7. Пространственные модели агломераций. Развитие городских агломераций: аналитический обзор. Выпуск 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://enter.giprogor.ru/files/Development_of_urban_agglomerations_Vol2.pdf

8. Постановление Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Программы развития моногородов на 2012-2020 годы» от 25 мая 2012 года № 683 [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31203906 (дата обращения 04.05.2016).

9. Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана [Электронный ресурс] // Официальный сайт президента Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazakhstan-n-a-nazarbaeva-narodu-kazakhstan_1339760819 (дата обращения 27.06.2016).

10. Нурланова, Н.К. Города как точки роста экономического пространства Казахстана: тенденции и перспективы развития [Текст] / Н.К. Нурланова // Проблемы развития территории. – 2016. – № 5 (85). – С. 201–216.

11. Послание Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А. народу Казахстана “Казахстанский путь – 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее” (от 17 января 2014г.) [Электронный ресурс] // Официальный сайт президента Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazakhstan-nnazarbaeva-narodu-kazakhstan-17-yanvaryu-2014-g (дата обращения 12.09.2016).

12. Волчкова, И.В. Теоретические и практические подходы к исследованию процессов формирования городских агломераций [Текст] /

И.В. Волчкова. // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 29 (308). – С. 42–49.

13. Бочарова, М. Конструктор будущего: какими будут казахстанские агломерации [Электронный ресурс] // Аналитический Интернет-журнал Власть. Режим доступа: https://vlast.kz/obsshestvo/konstruktor_budusshego_kakimi_budut_kazahstanskije_aglomeracii-4147.html (дата обращения 12.10.2016).

14. Деятельность Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://emer.gov.kz/ru/deyatelnost> (дата обращения 21.11.2016).

15. Кусаинов, А.Б. Анализ обстановки с пожарами в городах Республики Казахстан [Текст] / А.Б. Кусаинов // Пожары и чрезвычайные ситуаций: предотвращение и ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 54–57.

16. Брушлинский, Н.Н. Организация пожарно-спасательных служб в городах мира [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, М.П. Григорьева // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 1. – С. 49–55.

17. Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11.04.2014г. № 188 [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31534450 (дата обращения 21.12.2016).

18. Брушлинский, Н.Н. Организационно-управленческие исследования в сфере обеспечения пожарной безопасности страны : монография [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, О.В. Иванова, В.Л. Семиков, Н.Л. Присяжнюк, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 57 с.

19. Строительные нормы Республики Казахстан СН РК 2.02-04-2014 «Проектирование объектов органов противопожарной службы» [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим

доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33348878 (дата обращения 21.01.2017).

20. Свод правил СП РК 2.02-105-2014 «Проектирование объектов органов противопожарной службы» [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37997408 (дата обращения 21.01.2017).

21. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан «Об утверждении технического регламента «Общие требования к пожарной безопасности» от 23 июня 2017 года № 439 [Электронный ресурс] // Информационный портал ПАРАГРАФ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37086623 (дата обращения 01.02.2017).

22. Кусаинов, А.Б. Пожарная обстановка в намеченных для проведения международной выставки «ЭКСПО-2017» городах Казахстана [Электронный ресурс] / А.Б. Кусаинов // Технологии техносферной безопасности. 2016. – № 3 (67). Режим доступа <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/06-03-16.ttb.pdf> (дата обращения 05.02.2017).

23. Захаров, И.А. Анализ обстановки с пожарами в городе Астана перед проведением международной выставки «Экспо – 2017» [Электронный ресурс] / И.А. Захаров, С.В. Соколов // Технологии техносферной безопасности. 2016. – № 5 (69). Режим доступа <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-5/24-05-16.ttb.pdf> (дата обращения 05.06.2016).

24. Сибиряков, М.В. Анализ геоинформационных данных о следовании пожарно-спасательных подразделений к местам экстренных вызовов [Электронный ресурс] / М.В. Сибиряков // Технологии техносферной безопасности. – 2016 – № 6 (70). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/23-06-16.ttb.pdf> (дата обращения 09.04.2016).

25. Соколов, С.В. Определение преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке [Электронный ресурс] /

С.В. Соколов, М.В. Сибиряков // Технологии техносферной безопасности. – 2017 – № 1 (71). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/31-01-17.ttb.pdf> (дата обращения 14.04.2017).

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

27. 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.

28. Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Издательство «Флайст», Информационно-издательский центр «Геополитика», 2001. – 240 с.

29. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [сайт]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836556> (дата обращения 11.05.2017).

30. Акимов, В.А., Лесных, В.В., Радеев, Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах : учебное пособие [Текст] / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радеев – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

31. Ковалевич, О.М. К вопросу об определении «степени риска». [Текст] / О.М. Ковалевич // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях – М.: ВИНТИ. – 2001. – № 1. – С. 73–80.

32. Кризисы и риск: к вопросу взаимосвязи категорий [Текст] / В.А. Акимов, Б.Н. Порфирьев // Проблемы анализа риска. – М.: Деловой экспресс. – 2004. – № 1. – С. 38–49.

33. Брушлинский, Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях – М.: ВИНТИ. – 2002. – № 4. – С. 230–234.

34. Брушлинский, Н.Н. К вопросу о вычислении рисков [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ. – 2004. – № 1. – С. 71–73.

35. 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.

36. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование. Под ред. Н.Н. Брушлинского и Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. - 370 с.

37. Брушлинский, Н.Н. Оценка рисков пожаров и катастроф [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 1992. – № 1. – С. 13–39.

38. Присяжнюк, Н.Л. Категория «чрезвычайная ситуация» и ее связь с пожаром [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева // Материалы тринадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности» – СБ-2004. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – С. 289–291.

39. 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.

40. 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. – № 3 (79). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-3/03-03-18.ttb.pdf> (дата обращения 23.05.2019).

41. Присяжнюк, Н.Л. Экономическая оценка управленческих решений [Текст]: учеб. пособие / Н. Л. Присяжнюк. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. - 153 с.

42. 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.

43. Брушлинский, Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложение [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 82 с.

44. Брушлинский, Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы [Текст] / Н.Н. Брушлинский. – М.: Стройиздат, 1981. – 95 с.

45. Брушлинский, Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения: монография [Текст] / Н.Н. Брушлинский и [др.]. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.

46. 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.

47. Кусаинов, А.Б. Комплексный показатель пожарной опасности городов [Текст] / А.Б. Кусаинов // Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан. – Кокшетау: Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2017. – № 1 (25). – С. 19–28.

48. 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.

49. Раимбеков, К.Ж. Матричный метод оценки интегральных рисков чрезвычайных ситуаций [Текст] / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов // Техносферная безопасность / Technosphere safety – 2018. – № 3 (20). Режим доступа: <http://uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyu-elektronnyu-zh> (дата обращения 14.11.2018).

50. Брушлинский, Н.Н. Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков, С.В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. –2008. – № 3. – С. 92–99.

51. Брушлинский, Н.Н. Человечество и пожары [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер. – М.: Маска, 2007. – 142 с.

52. Раимбеков, К.Ж. Анализ и оценка пожарных рисков в Республике Казахстан : монография [Текст] / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов. – Кокшетау: Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2016. – 66 с.

53. Совершенствование организации и управления пожарной охраной: Совм. издание СССР – НРБ [Текст] / Н.Н. Брушлинский, А.К. Микеев, Г.С. Бозуков и др.; под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.

54. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства [Текст] / Н.Н. Брушлинский, В.В. Кафидов, В.И. Козлачков и др.; под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.

55. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

56. Брушлинский, Н.Н. Методологические, теоретические и прикладные проблемы противопожарных служб в городах [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алёхин // Научно-техническое обеспечение деятельности ГПС : сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1997. – С. 29–41.

57. Брушлинский, Н.Н. Разработка научных обоснований нормативов численности пожарно-спасательных подразделений и спасательных подразделений МЧС России (п. 5 (V) Плана научно-исследовательских и

опытно-конструкторских работ МЧС России на 2017 год, утвержденного приказом МЧС России от 12.04.2017 №161) [Текст]: Отчет о НИР / Брушлинский Н.Н., С.В. Соколов, Е.М. Алехин, М.П. Григорьева. - М.: Академия государственной противопожарной службы МЧС России. - 2017. - 57 с.

58. Брушлинский, Н.Н. Моделирование процесса функционирования пожарной охраны [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Итоги науки и техники. Серия «Пожарная охрана». – М.: ВИНТИ, 1974. – Т. 2. – С. 136.

59. Брушлинский, Н.Н. Фактор времени [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Д.А. Костюченко, С.А. Лупанов, С.В. Соколов // Пожарное дело. – 2012. – № 4. – С. 26–29.

60. Гаврилей, В.М. Распределение оперативных подразделений пожарной охраны по районам города [Текст] / В.М. Гаврилей, Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Экономика и управление в пожарной охране : сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1983. – С. 125–130.

61. Деятельность Департамента по чрезвычайным ситуациям Ақмолинской области [Электронный ресурс] // Официальный сайт Департамента по чрезвычайным ситуациям Ақмолинской области [сайт]. Режим доступа: <http://dchs.akmol.kz/content/protivopogharnaya-slughba> (дата обращения 13.11.2017).

62. Давыдов, А.П. Фактор времени [Текст] / А.П. Давыдов // Пожарное дело. – 2012. – № 4. – С. 4–8.

63. Брушлинский, Н.Н. Оценка стоимости реализации некоторых позиций «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Н.Л. Присяжнюк, В.И. Морозов // Сб. ст. по вопросам технического регулирования в области пожарной безопасности. – М.: Эко-Пресс, – 2010. — С. 34–49.

64. Матюшин, А.В. Зарубежный опыт обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны [Текст] / А.В. Матюшин, А.А.

Порошин, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. – 2005. – № 2. – С. 74–82.

65. Walker, W. Fire Department Deployment Analysis: A Public Policy Analysis Case Study [Текст] / W. Walker, J.M. Chaiken, E. Ignall. – New York: North Holland, - 1979. – 673 p.

66. 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.

67. Захаров, И.А. Анализ деятельности противопожарной службы города Астана [Электронный ресурс] / И.А. Захаров // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2 (72). Режим доступа <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/17-02-17.ttb.pdf> (дата обращения 12.09.2017).

68. Мешалкин, Е.А. Ресурсы пожарной охраны: анализ зарубежной и отечественной практики: Обз. инф. Вып.8. / Е.А. Мешалкин. – М.: ВНИИПО, 1992. – 69с.

69. Брушлинский, Н.Н. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алёхин и др. // Пожаровзрывобезопасность – 2016. – Т. 25. – № 8 (25). – С. 6–16. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.6-16

70. Захаров, И.А. Применение компьютерных технологий для оценки возможностей пожарно-спасательного гарнизона при крупных пожарах и чрезвычайных ситуациях [Текст] / И.А. Захаров // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. 8-й международной научно-практической конференции. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2017. – С. 190–192.

71. Климкин, В.И. Совершенствование организации и управления оперативной деятельностью пожарных подразделений города Москвы на

основе применения технологий имитационного моделирования : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 [Текст] / Климкин Виктор Иванович – М.: 2005. – 141 с.

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

73. Кусаинов, А.Б. Алгоритм оргпроектирования гарнизона противопожарной службы города [Текст] / А.Б. Кусаинов // Пожаровзрывобезопасность – 2018. – Т. 27. – № 11. – С. 23–29. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.11.23-29

74. Кусаинов, А.Б. Алгоритм определения необходимого числа противопожарных подразделений города [Текст] / А.Б. Кусаинов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций – 2018 : сб. ст. по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч.– Воронеж: Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2018. – С. 377–380.

75. Алёхин, Е.М. О проверке адекватности математических моделей процесса функционирования аварийно-спасательных служб [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 1997. – № 10. – С. 47–54.

76. Алёхин, Е.М. Методологические, теоретические и прикладные аспекты проблем проектирования противопожарных служб в городах [Электронный ресурс] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Сб. трудов ВНИИПО МВД РФ. – М., 1997. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

77. Алёхин, Е.М. Компьютерные имитационные системы для деятельности экстренных служб города [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н.

Брушлинский, С.В. Соколов // Программные продукты и системы. – 1994. – № 4. – С. 27–32.

78. Алёхин, Е.М. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов // Вестник РАЕН. – 2012. – № 3. – С. 27–34.

79. Лобода, А.В. Анализ расположения подразделений пожарной охраны в городах (на примере г. Воронежа) [Электронный ресурс]: / А.В. Лобода, И.А. Муконина // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – № 4 (9) Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М.: 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

80. Кусаинов, А.Б. Обоснование необходимости внесения изменений и дополнений в некоторые нормативные правовые акты в области проектирования объектов органов противопожарной службы [Текст] / А.Б. Кусаинов // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы Дней науки с международным участием, посвященных Году гражданской обороны. — В 2 ч.– Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. — Ч. 1 – С. 85–89.

81. Абдурагимов, Г.И. К оптимизации районов выезда пожарных частей г. Москвы [Текст] / Г.И. Абдурагимов // Противопожарная защита жилого комплекса города Москвы: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – С. 90–91.

82. Абдурагимов, Г.И. О методе оценки вероятностных характеристик прибытия подразделений пожарной охраны [Текст] / Г.И. Абдурагимов // Современные проблемы тушения пожаров: материалы науч.-практ. конф. – М: МИПБ МВД России, 1999. –С. 45–48.

83. Соколов, С.В. Анализ и оценка времени прибытия пожарных подразделений к местам вызовов в Санкт-Петербурге в 2006–2015 гг.

[Электронный ресурс] / С.В. Соколов, Е.А. Судаков // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2. (66). Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/34-02-16.ttb.pdf> (дата обращения 27.01.2018).

84. Абдурагимов, Г.И. О методе оценки вероятностных характеристик прибытия подразделений пожарной охраны // Современные проблемы тушения пожаров: Материалы науч.-практ. конф. - М: МИПБ МВД России, 1999. - С. 45 - 48.

85. Алёхин, Е.М. О распределении Эрланга и некоторых его приложениях [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 6. – С. 11–17.

86. Соколов, С.В. Анализ закономерностей функционирования противопожарной службы Кемеровской области [Текст] / С.В. Соколов, Д.С. Анциферов // Ежегодная международная научно-техническая конференция Системы безопасности. – 2013. – № 22. – С. 208–211.

87. Соколов, С.В. Оргпроектирование противопожарной службы МЧС России [Текст] / С.В. Соколов [и др.]; под редакцией Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XXI Международной конференции. – Москва, 2013. – С. 34–36.

88. Коробко, В.Б. Организационное проектирование многофункциональной пожарно-спасательной службы: [Текст] : монография / В.Б. Коробко, Ю.М. Глуховенко. – М.: АРС, 2003. – 291 с.

89. Брушлинский, Н.Н. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России [Текст] : монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия МЧС России, 2014. – 178 с.

90. Управление проектами систем жизнеобеспечения и безопасности больших городов [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер // Материалы международной практической конференции. – М.: РАЕН, 1997.

Приложение А
(обязательное)

Графики анализа выполняемой работы пожарно-спасательными подразделениями и их приведенная численность к населению городов

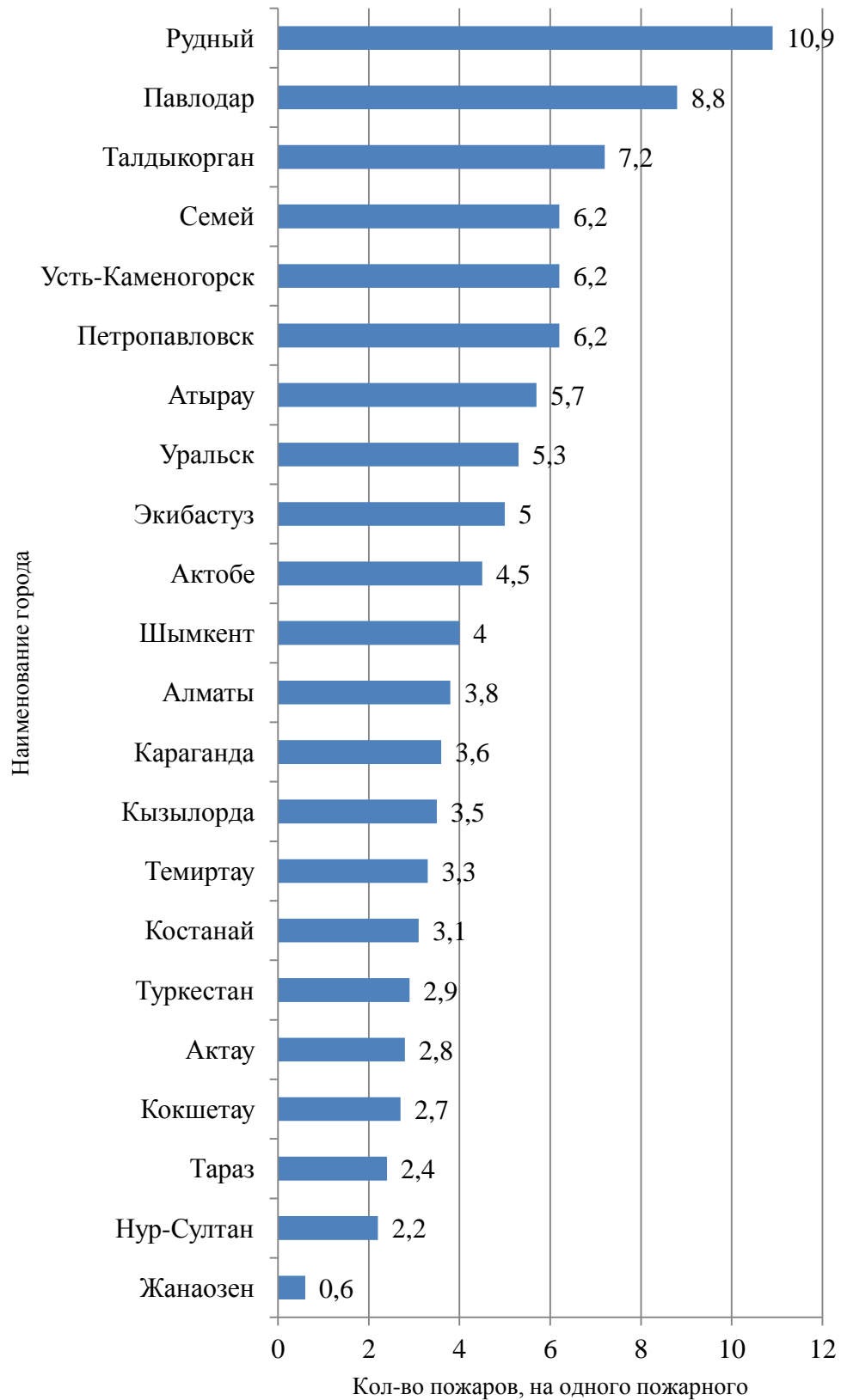


Рисунок А.1 – Число пожаров на одного пожарного в год, в городах с численностью населения от 100 тыс. и более

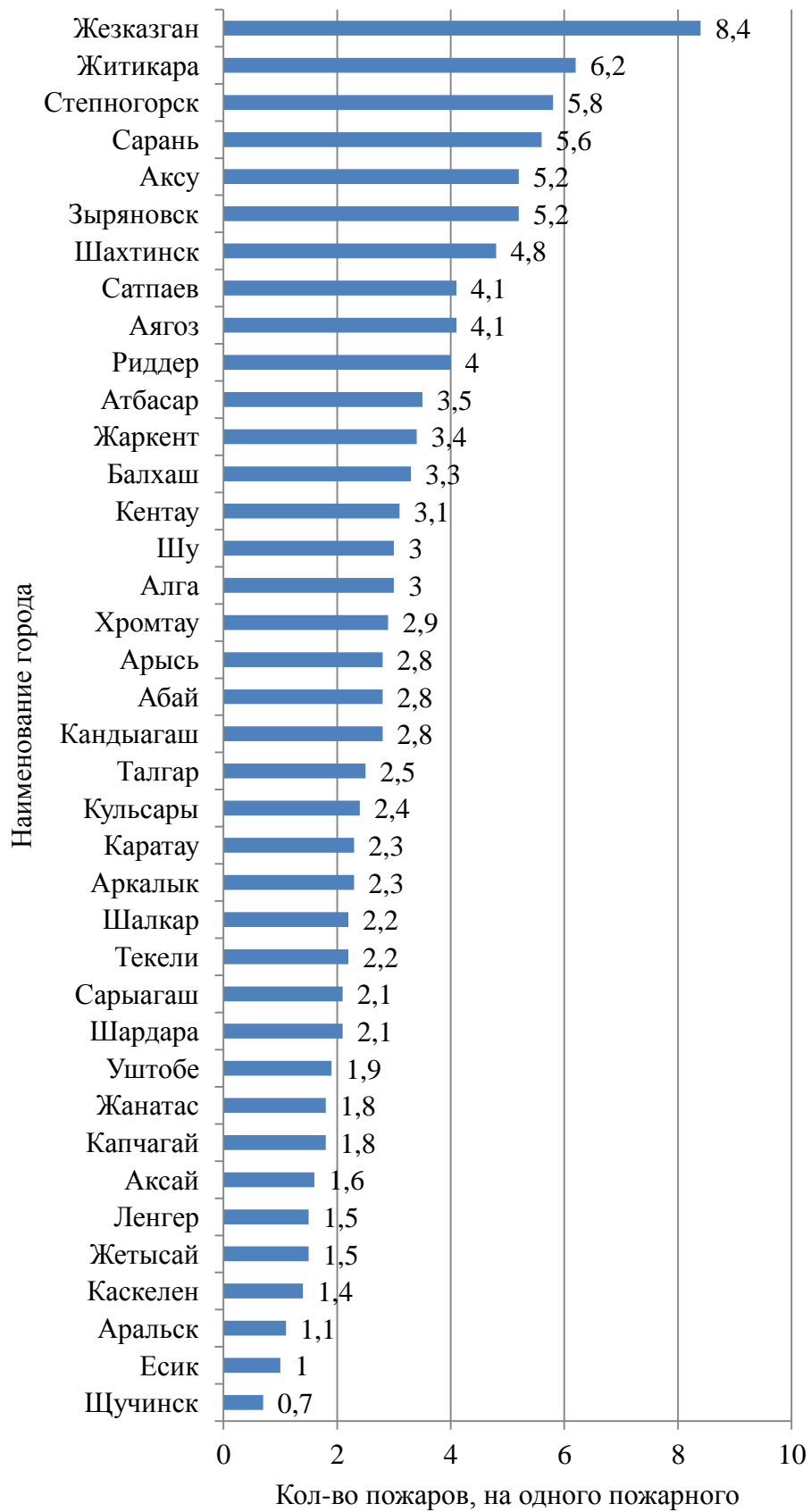


Рисунок А.2 – Число пожаров на одного пожарного в год, в городах с численностью населения от 20 до 100 тыс.

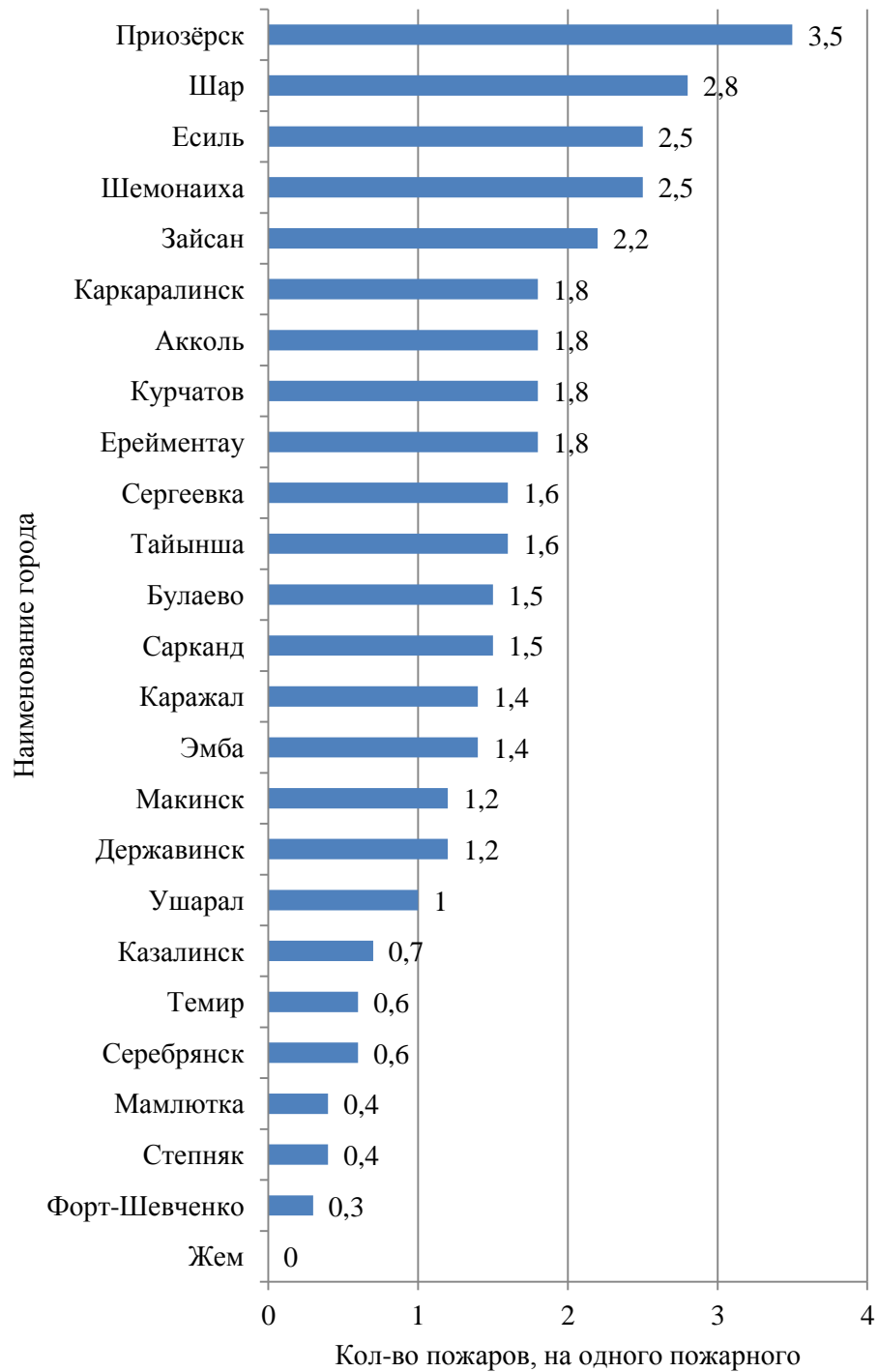


Рисунок А.3 – Число пожаров на одного пожарного в год, в городах с численностью населения до 20 тыс.

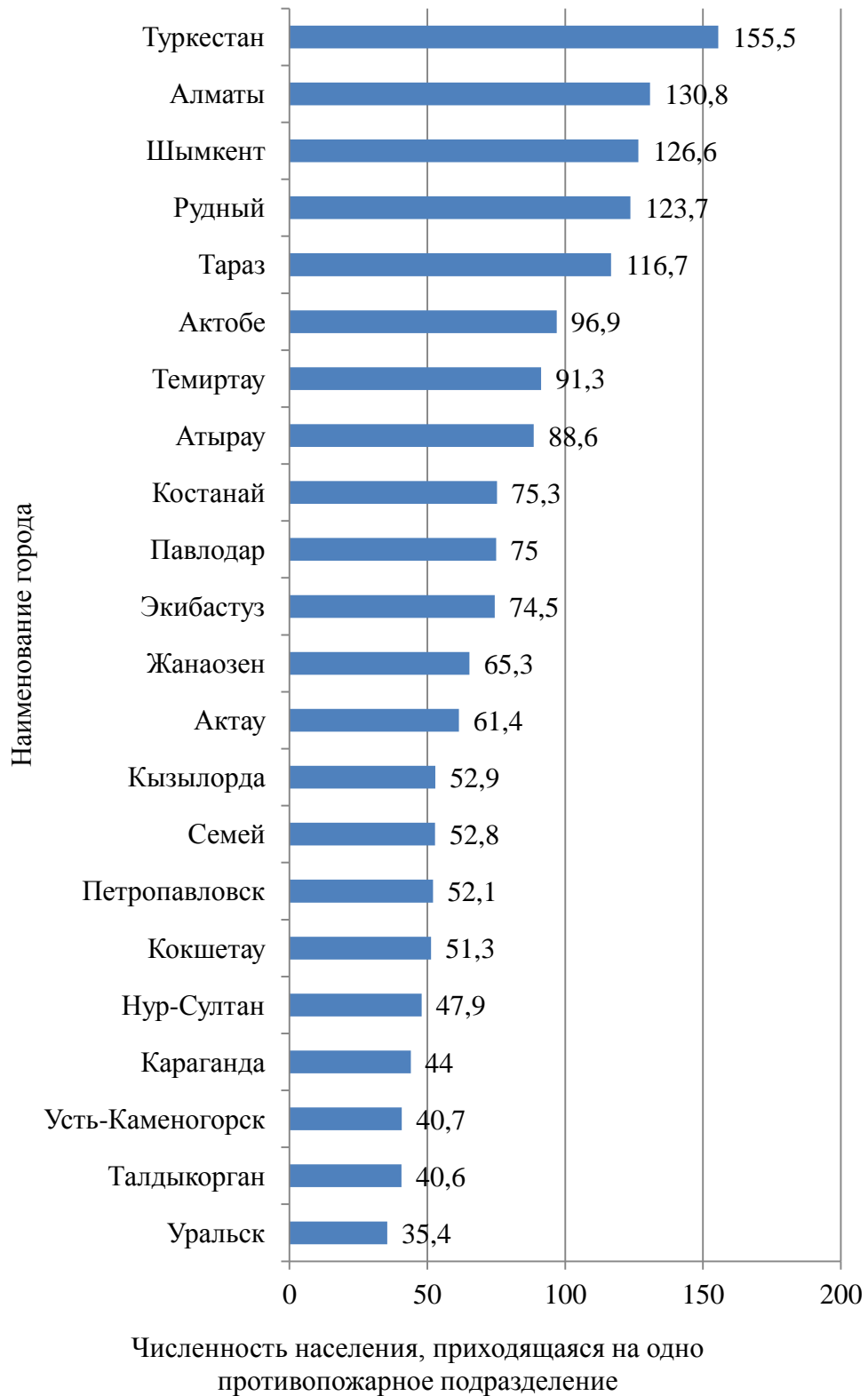


Рисунок А.4 – Численность населения, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 100 тыс. и более

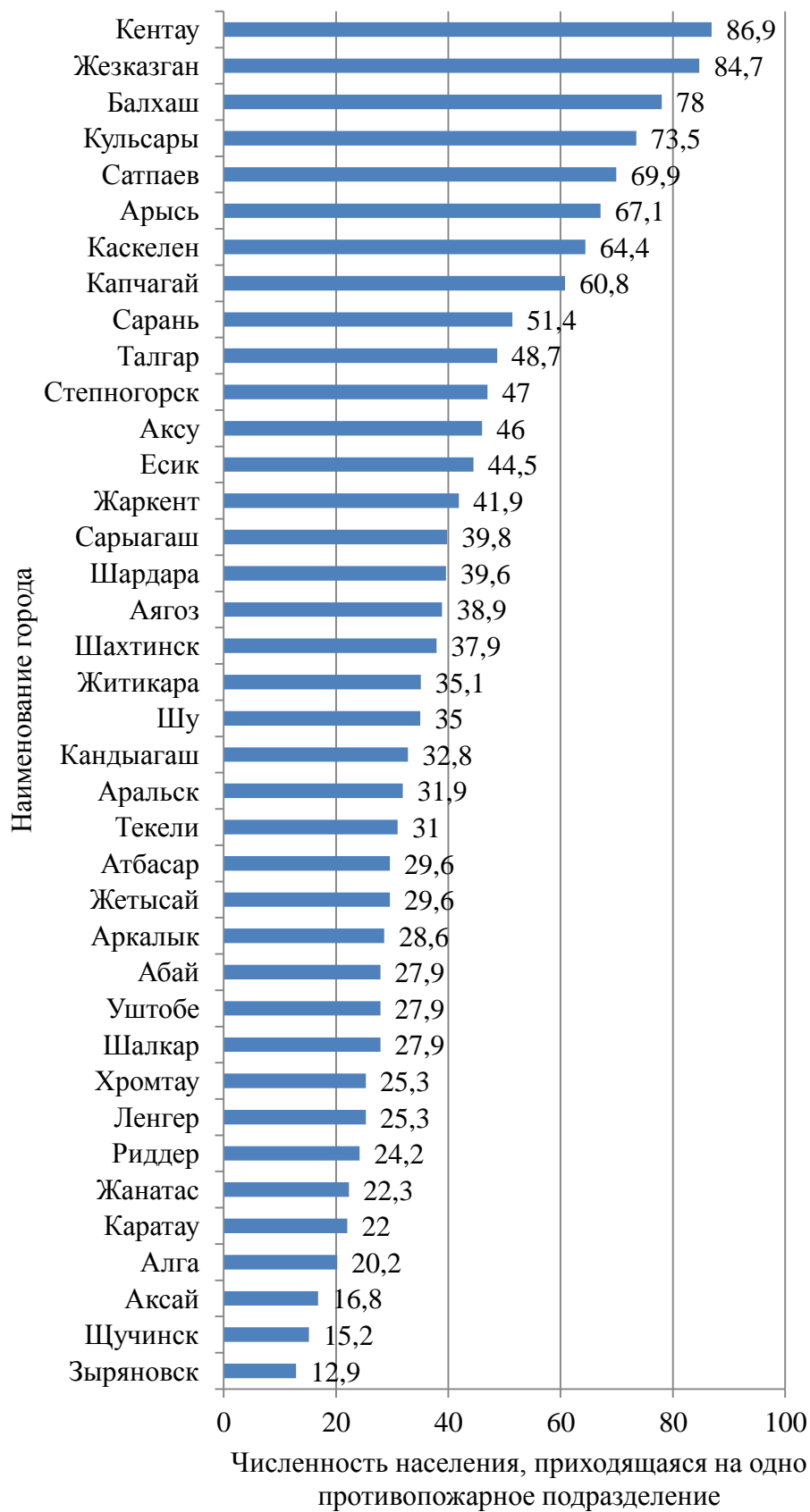


Рисунок А.5 – Численность населения, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 20 тыс. до 100 тыс.

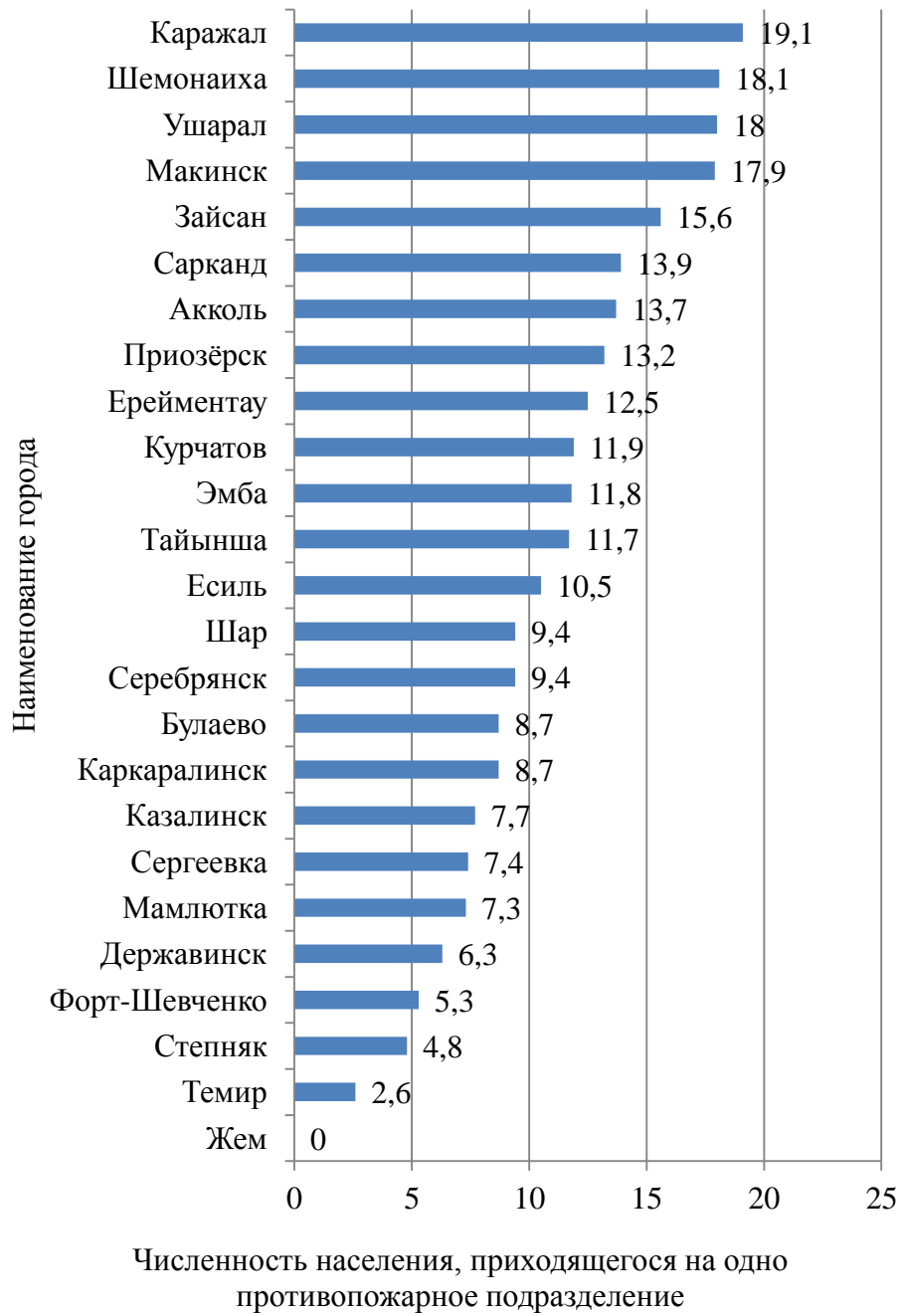


Рисунок А.6 – Численность населения, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением до 20 тыс.

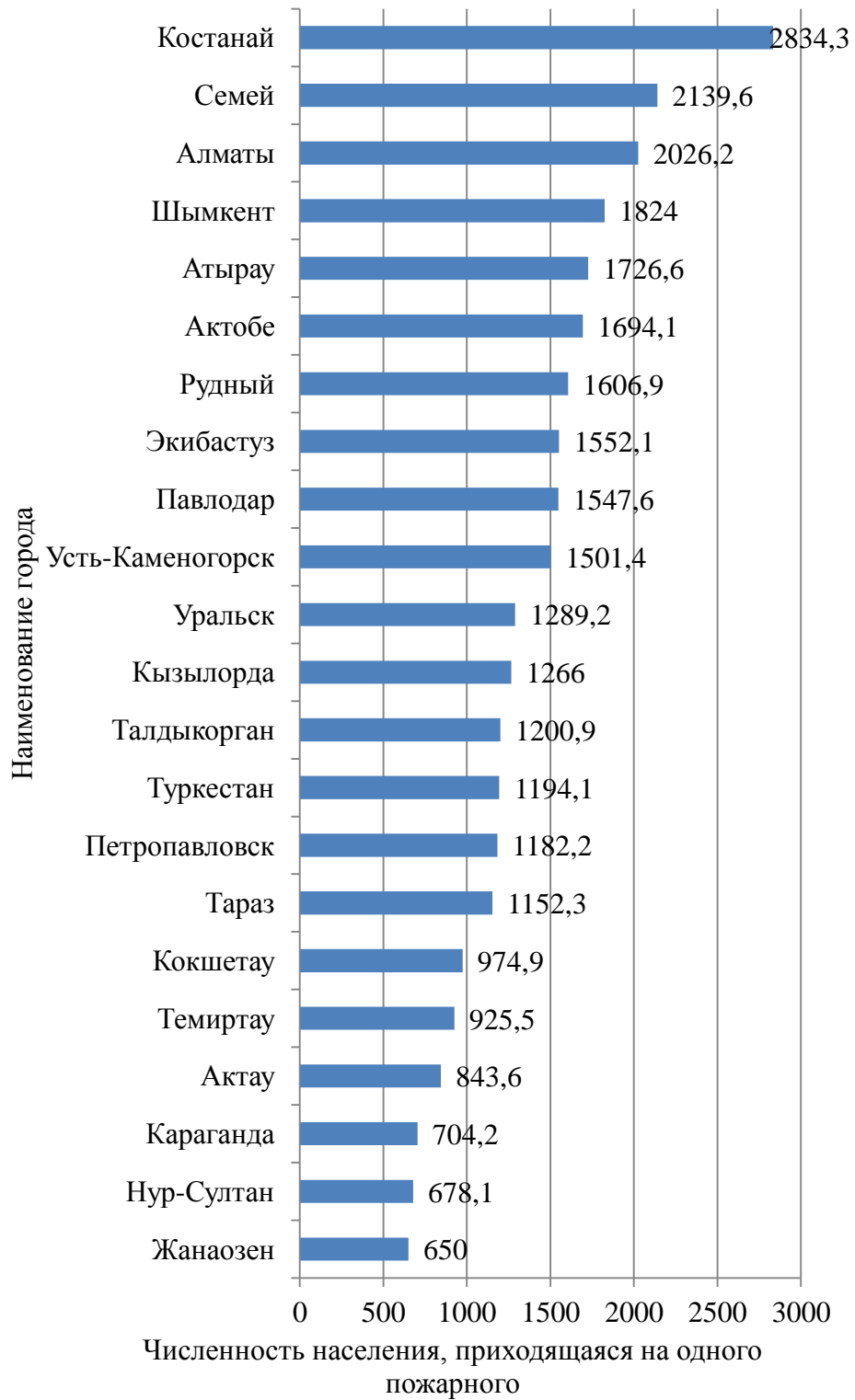


Рисунок А.7 – Численность населения, приходящаяся на одно пожарного, в городах с населением от 100 тыс. и более

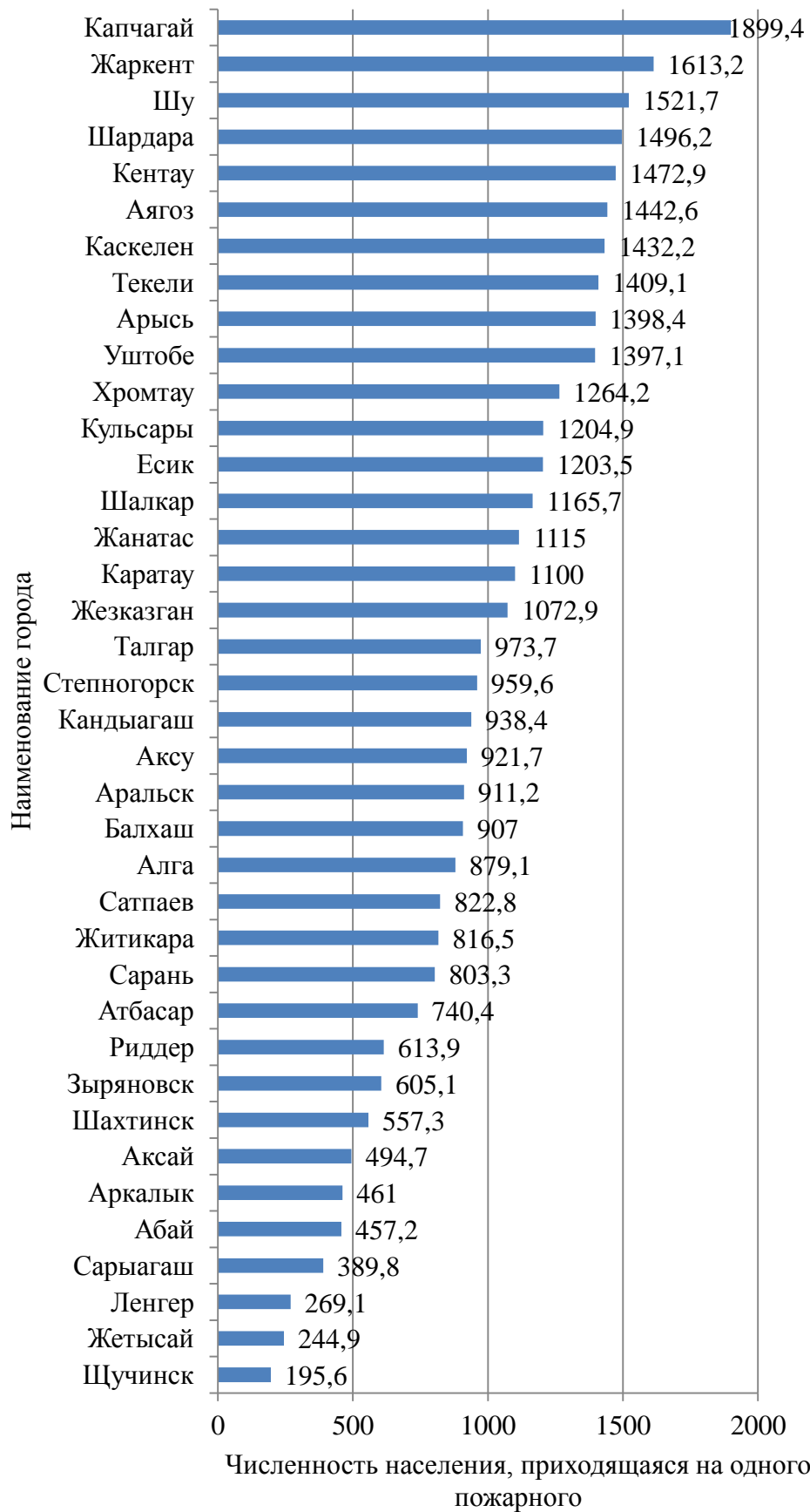


Рисунок А.8 – Численность населения, приходящаяся на одно пожарного, в городах с населением от 20 до 100 тыс.

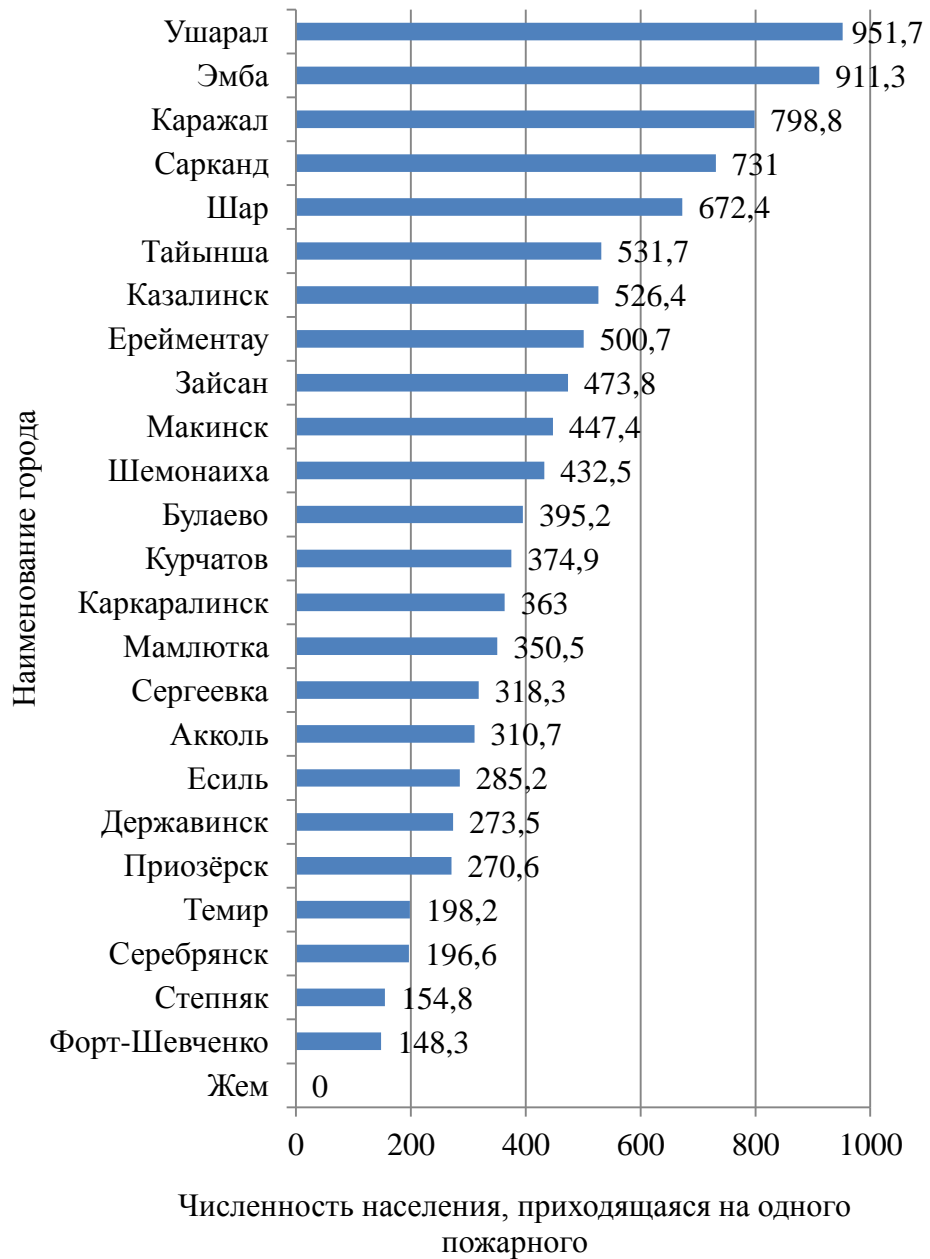


Рисунок А.9 – Численность населения, приходящаяся на одно пожарного, в городах с населением до 20 тыс.

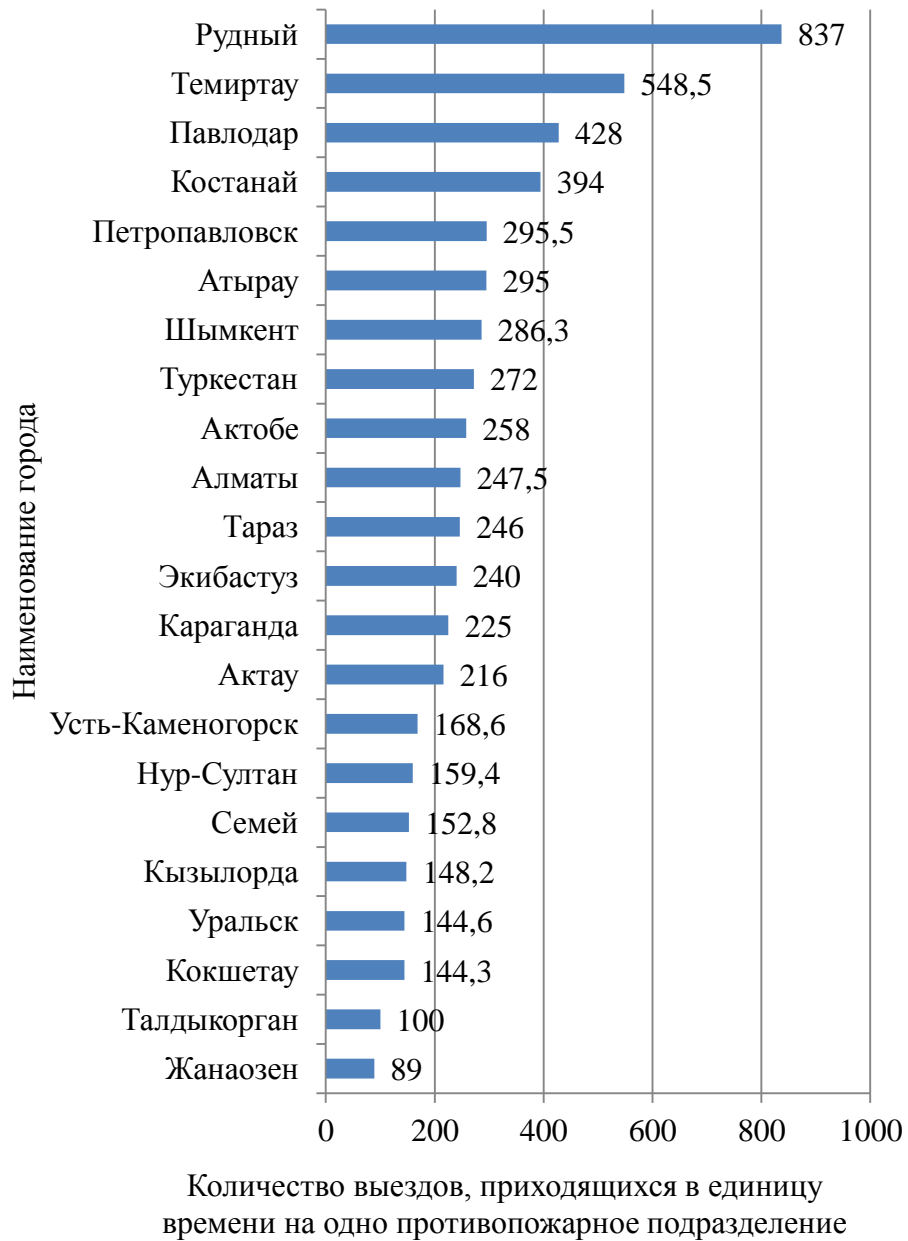


Рисунок А.10 – Количество выездов, приходящихся в единицу времени на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 100 тыс. и более

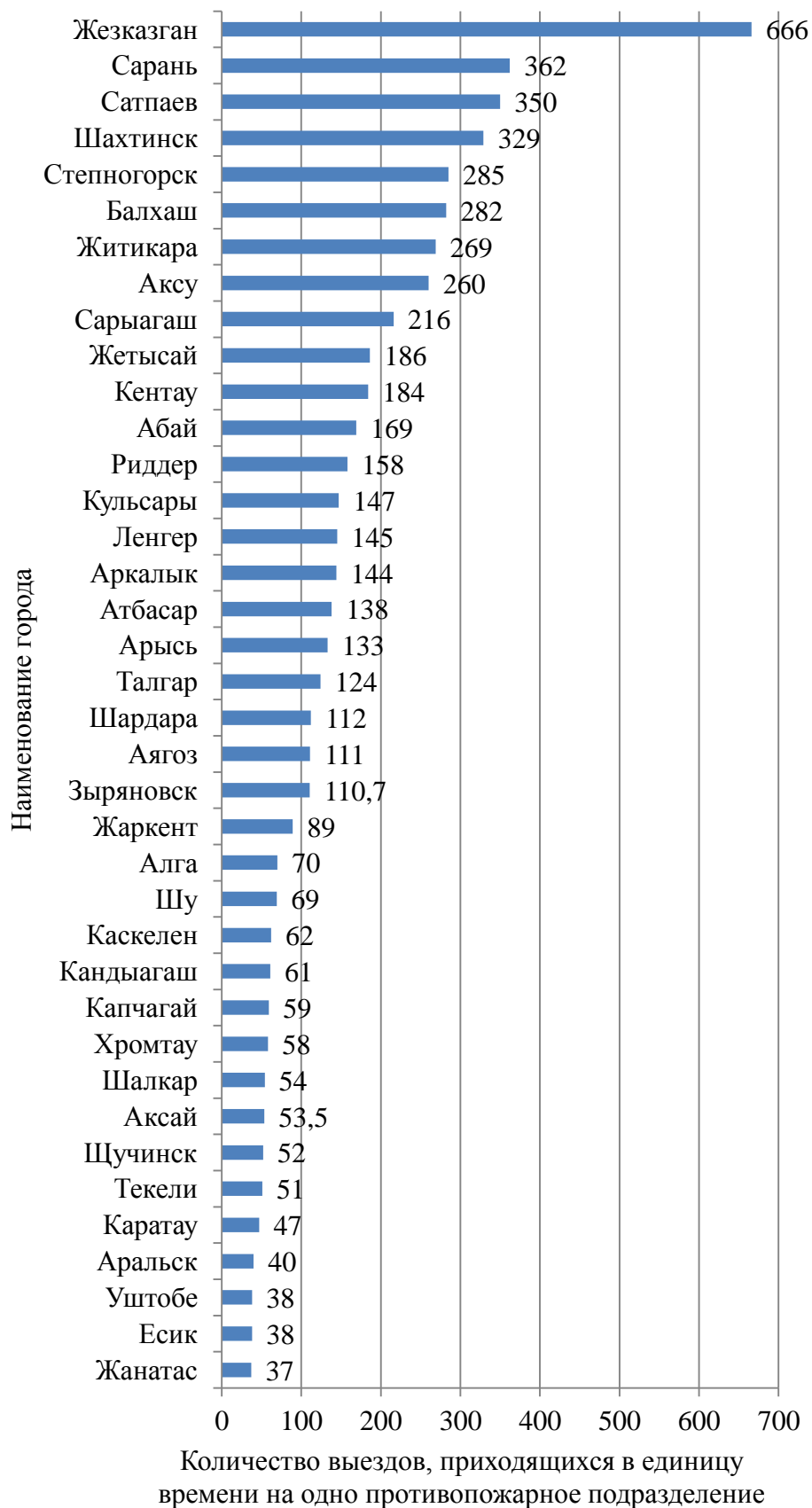


Рисунок А.11 – Количество выездов, приходящихся в единицу времени на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 20 до 100 тыс.

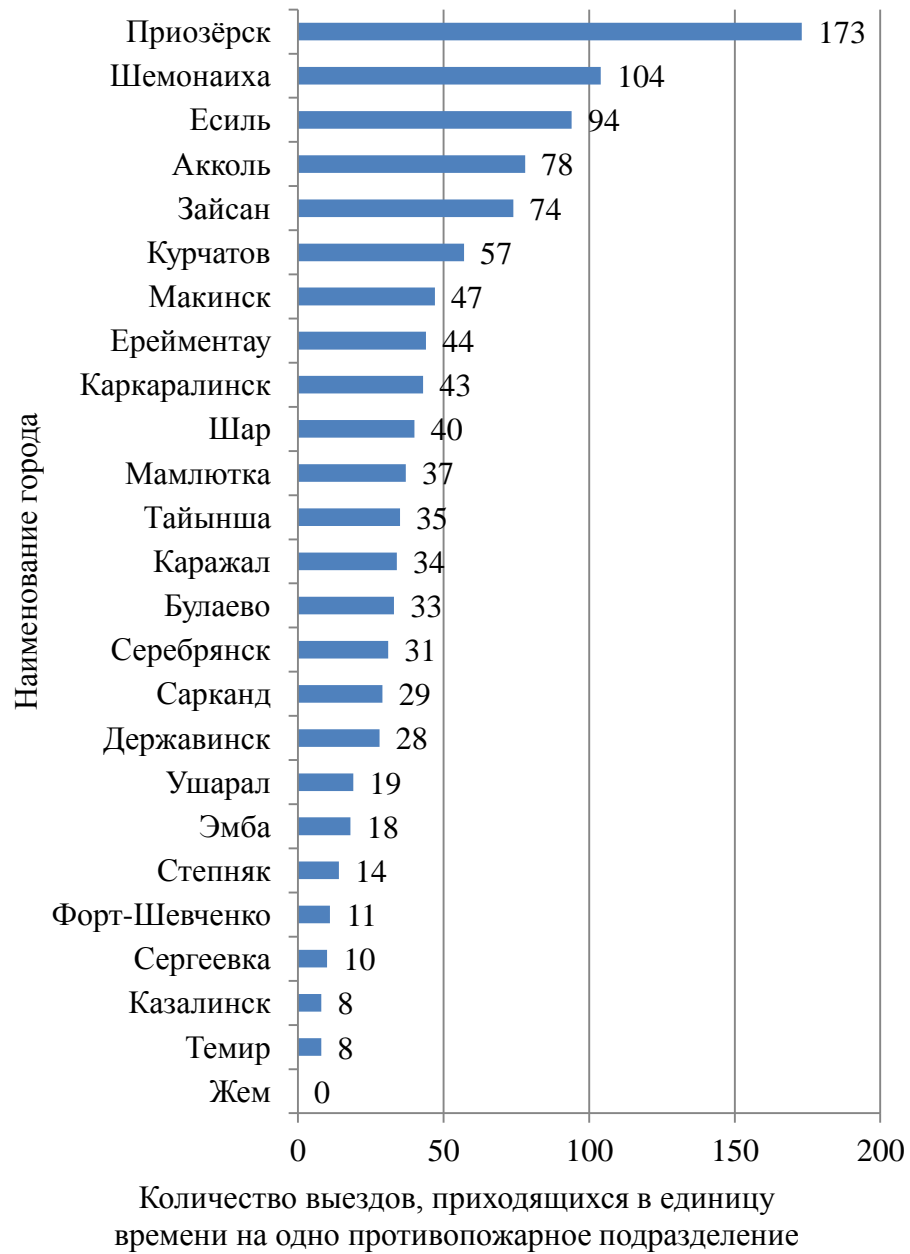


Рисунок А.12 – Количество выездов, приходящихся в единицу времени на одно противопожарное подразделение, в городах с населением до 20 тыс.

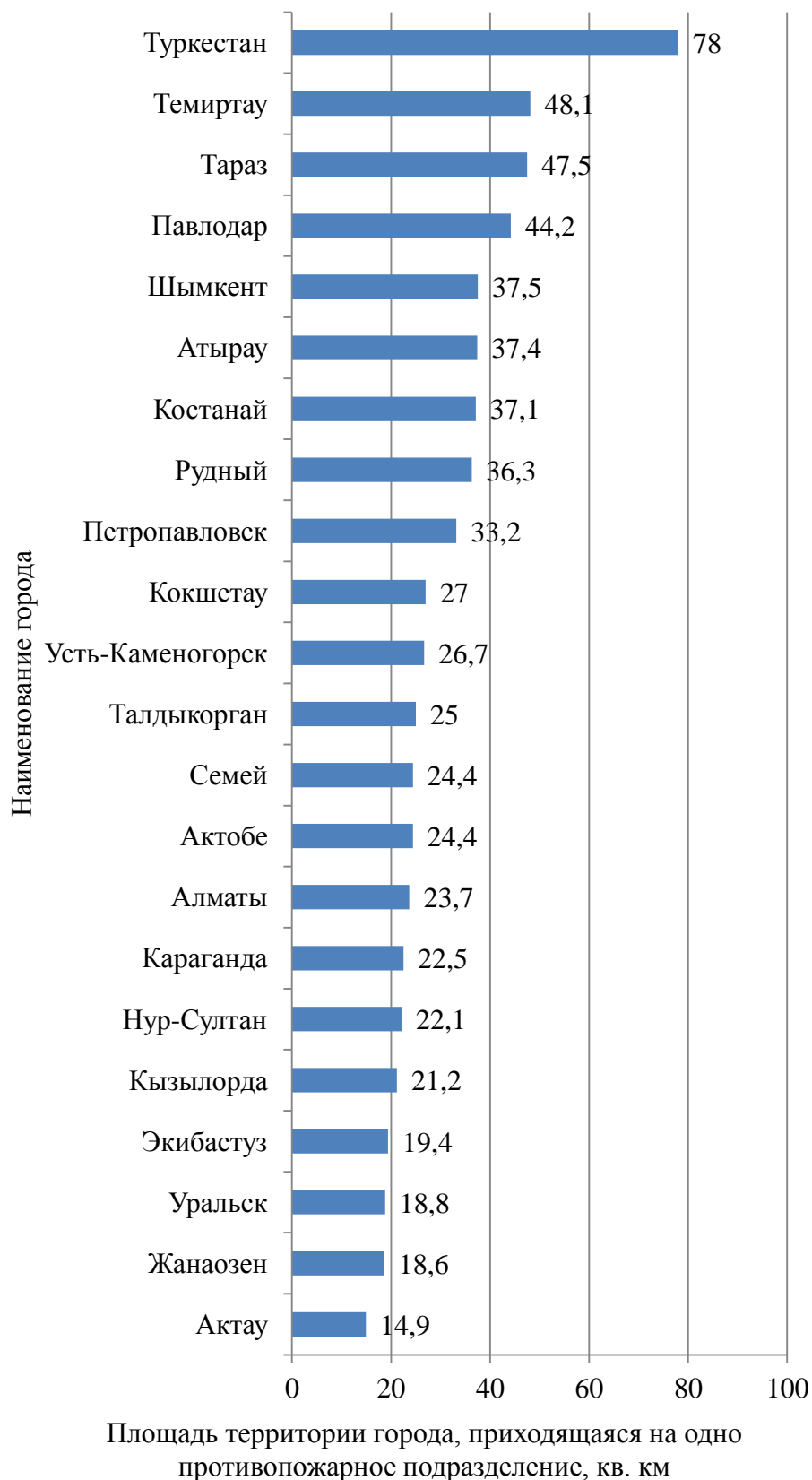


Рисунок А.13 – Площадь территории города, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 100 тыс. и более

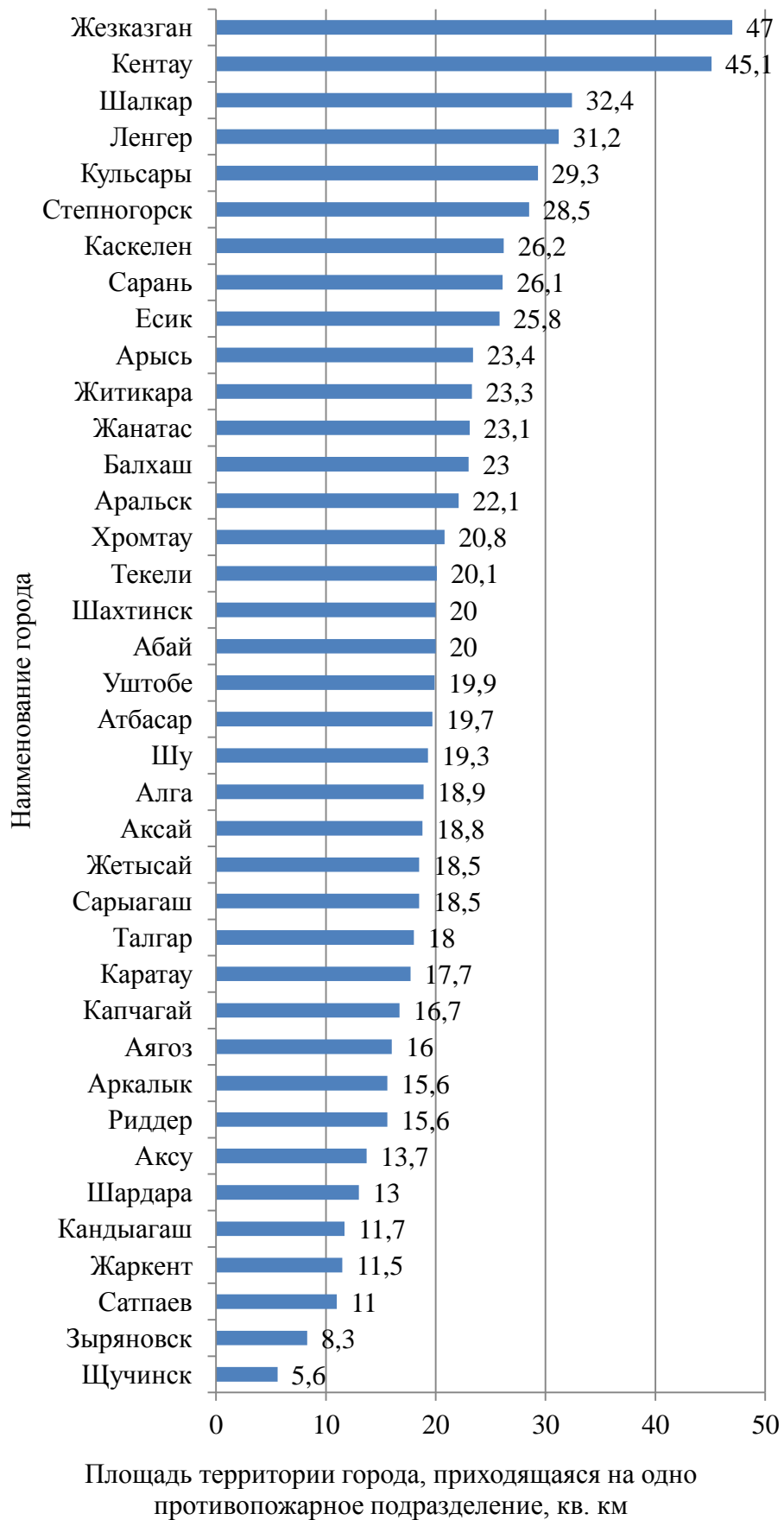


Рисунок А.14 – Площадь территории города, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением от 20 до 100 тыс.

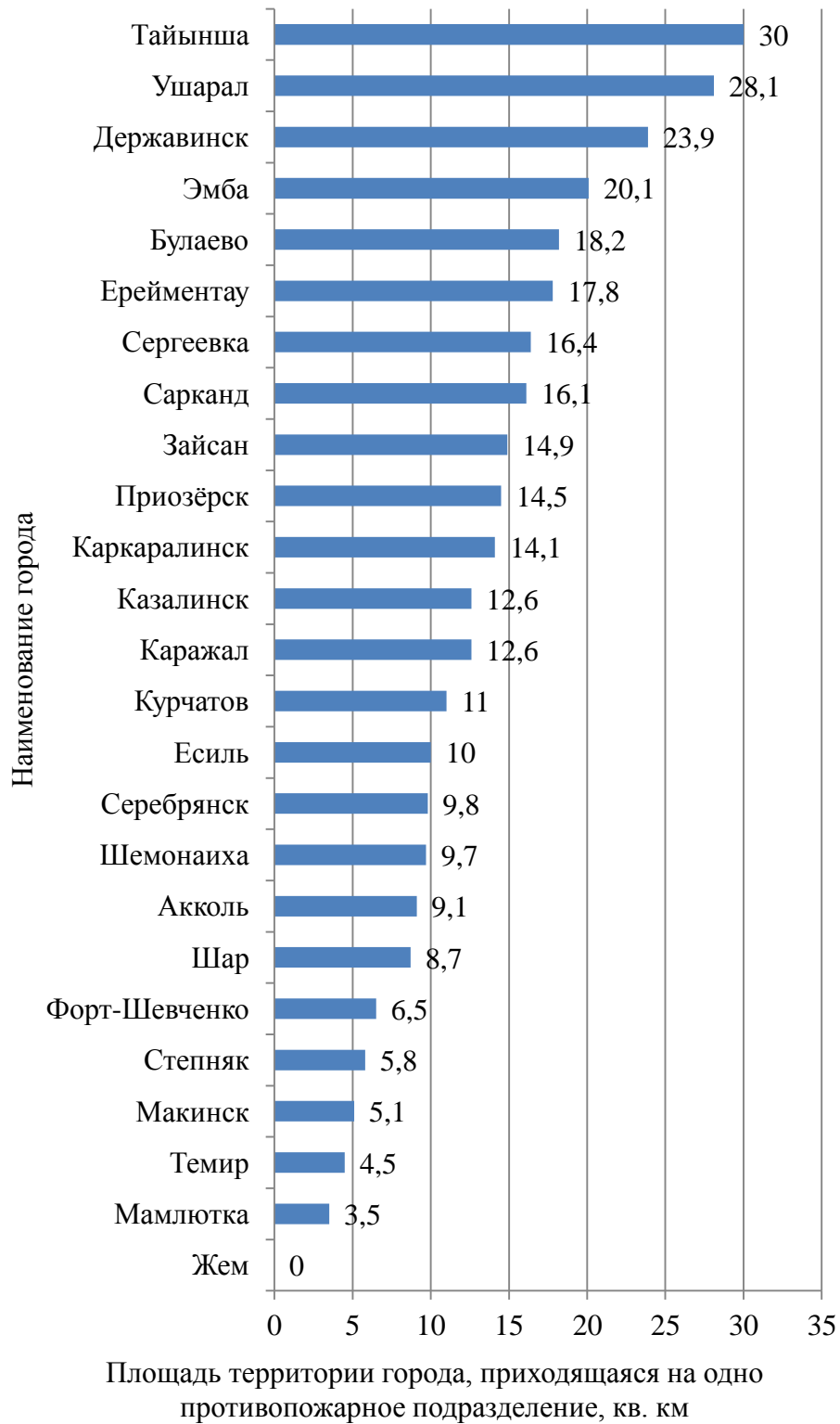


Рисунок А.15 – Площадь территории города, приходящаяся на одно противопожарное подразделение, в городах с населением до 20 тыс.

**Приложение Б
(обязательное)**

**Таблицы результатов расчетов по требуемым
противопожарным подразделениям**

Таблица Б.1 – Расчет необходимого количества пожарных депо

№ п/п	Наименование	Население, Q чел.	Площадь, S км ²	Количество пожарных депо		
				Факт.	Среднее время следования $\tau = 3$ мин	Среднее время следования $\tau = 7$ мин
1	2	3	4	5	6	7
Свыше 1 млн чел и республиканского значения						
1	Астана	814 401	376,1	17	128	20
2	Алматы	1 700 000	308,2	13	105	17
1	2	3	4	5	6	7
От 500 до 1000 тыс. чел						
3	Шымкент	886 483	262,5	7	89	14
от 250-500 тыс. чел						
4	Караганда	484 510	247,6	10	84	13
5	Актобе	387 945	97,6	4	33	6
6	Тараз	350 300	142,4	3	48	7
7	Усть-Каменогорск	325 803	213,2	8	73	12
8	Семей	316 667	146,6	6	50	7
9	Павлодар	300 233	176,7	4	60	9
10	Уральск	283 629	150	8	51	8
11	Атырау	265 900	112,2	3	38	6
12	Кызылорда	264 604	105,9	5	36	6
От 100–250 тыс. чел						
13	Костанай	225 807	111,2	3	38	6
14	Петропавловск	208 362	132,6	4	45	7
15	Актау	184 175	44,7	3	15	3
16	Темиртау	182 551	96,1	2	33	6
17	Талдыкорган	162 400	100	4	34	6
18	Туркестан	155552	78,0	1	26	4
19	Кокшетау	154 036	81	3	27	5
20	Экибастуз	149 000	38,9	2	13	2
21	Жанаозен	130 652	37,5	2	13	2
22	Рудный	123 736	36,3	1	12	2
От 50–100 тыс. чел						
23	Кентау	86 900	45,1	1	15	2
24	Жезказган	84 763	47,0	1	16	2
25	Шардара	79 300	13,0	1	4	1
26	Балхаш	78 002	23,0	1	8	1
27	Кульсары	73 500	29,3	1	10	1
28	Сатпаев	69 934	11,0	1	4	1
29	Арысь	67 122	23,4	1	8	1
30	Каскелен	64 451	26,2	1	9	1
31	Капчагай	60 781	16,7	1	6	1
32	Сарань	51 413	26,1	1	9	1
От 20–50 тыс. чел						
33	Талгар	48 687	18,0	1	6	1

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
34	Риддер	48 501	31,2	2	11	2
35	Степногорск	47 019	28,5	1	10	1
36	Аксу	46 083	13,7	1	5	1
37	Щучинск	45 583	16,8	3	6	1
38	Есик	44 531	25,8	1	9	1
39	Жаркент	41 943	11,5	1	4	1
40	Сарыагаш	39 758	18,5	1	6	1
41	Аягоз	38 950	16,0	1	5	1
42	Зыряновск	38 726	24,8	3	8	1
43	Шахтинск	37 900	20,0	1	7	1
44	Житикара	35 108	23,3	1	8	1
45	Шу	35 000	19,3	1	6	1
46	Аксай	33 642	37,5	2	13	2
47	Кандыагаш	32 846	11,7	1	4	1
48	Аральск	31 893	22,1	1	7	1
49	Текели	31 000	20,1	1	7	1
50	Жетысай	29 630	18,5	1	6	1
51	Атбасар	29 614	19,7	1	6	1
52	Аркалык	28 583	15,6	1	5	1
53	Шалкар	27 976	32,4	1	11	2
54	Уштобе	27 942	19,9	1	6	1
55	Абай	27 890	20,0	1	7	1
56	Ленгер	25 298	31,2	1	10	2
57	Хромтау	25 284	20,8	1	7	1
58	Жанатас	22 300	23,1	1	8	1
59	Каратау	22 000	17,7	1	6	1
60	Алга	20 220	18,9	1	6	1
От 10–20 тыс. чел						
61	Каражал	19 172	12,6	1	4	1
62	Шемонаиха	18 167	9,7	1	3	1
63	Ушарал	18 082	28,1	1	9	1
64	Макинск	17 896	5,1	1	1	1
65	Зайсан	15 637	14,9	1	5	1
66	Сарканд	13 889	16,1	1	5	1
67	Акколь	13 672	9,4	1	3	1
68	Приозёрск	13 258	14,5	1	5	1
69	Ерейментау	12 518	17,8	1	6	1
70	Курчатов	11 998	11,0	1	3	1
71	Эмба	11 847	20,1	1	7	1
72	Тайынша	11 697	30,0	1	10	1
73	Есиль	10 554	10,0	1	3	1
Менее 10 тыс. чел						
74	Серебрянск	9 438	9,8	1	3	1
75	Шар	9 414	8,7	1	3	1
76	Каркаралинск	8 713	14,1	1	5	1
77	Булаево	8 694	18,2	1	6	1
78	Сергеевка	7 712	12,6	1	4	1
79	Мамлютка	7 370	16,4	1	5	1

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7
80	Казалинск	7 320	3,5	1	1	1
81	Державинск	6 290	23,9	1	8	1
82	Форт-Шевченко	5 337	6,5	1	2	1
83	Степняк	4 800	5,8	1	2	1
84	Темир	2 577	4,5	1	1	1
85	Жем	2 015	2,8	0	1	1

Таблица Б.2 – Требуемое и фактическое число противопожарных подразделений

№ п/п	Наименование	Население, Q чел.	Площадь, S км ²	Пожаров, λ _п сут.	Выездов, λ _в сут.	V _{ср. сл.} , км/ч	τ _{ср. сл.} , мин.	τ _{ср. обл.} , мин.	R ^к	Среднее число одновременно выезжающих АЦ	N _{ПЧ} факт.	N _{ПЧ} треб.	Σ не обходим. на строительство ПЧ, МЛН. долларов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Свыше 1 млн чел и республиканского значения													
1	Астана	814 401	376,1	2,21	7,42	28	7,90	23,56	100	2,1	17	20	8,8
2	Алматы	1 700 000	308,2	1,84	9,17	28	9,74	48,26	84	2,3	13	17	10,9
От 500 до 1000 тыс. чел													
3	Шымкент	886 483	262,5	0,81	5,49	28	8,70	63,27	45	1,6	7	14	19,1
От 250-500 тыс. чел													
4	Караганда	484 510	247,6	2,07	7,28	28	8,10	25,06	107	1,6	10	13	8,8
5	Актобе	387 945	97,6	0,92	2,89	28	9,06	32,51	60	1,6	4	6	5,4
6	Тараз	350 300	142,4	0,83	2,27	28	8,07	37,07	110	1,6	3	7	10,9
7	Усть-Каменогорск	325 803	213,2	0,71	6,15	28	7,29	48,06	85	1,7	8	12	10,9
8	Семей	316 667	146,6	0,88	4,09	28	6,93	52,76	99	2,1	6	7	5,4
9	Павлодар	300 233	176,7	1,47	4,78	28	7,93	51,87	140	1,8	4	9	13,6
10	Уральск	283 629	150	0,86	0,52	28	9,96	82,31	108	1,7	8	8	0,0
11	Атырау	265 900	112,2	0,49	3,35	28	5,98	16,73	29	2,1	3	6	8,8
12	Кызылорда	264 604	105,9	0,65	2,47	28	6,07	40,04	45	1,4	5	6	2,7
От 100-250 тыс. чел													
13	Костанай	225 807	111,2	0,98	3,29	28	6,60	43,21	44	1,6	3	6	8,8
14	Петропавловск	208 362	132,6	0,66	2,36	28	6,26	64,00	144	1,7	4	7	8,8
15	Актау	184 175	44,7	0,23	2,26	28	7,65	42,07	120	1,9	3	3	0,0
16	Темиртау	182 551	96,1	0,73	3,55	28	8,12	24,05	77	1,6	2	6	10,9
17	Талдыкорган	162 400	100	0,28	1,16	28	6,36	56,18	132	1,6	4	6	5,4

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18	Туркестан	155552	78,0	0,16	0,77	28	8,68	70,91	78	1,3	1	4	8,8
19	Кокшетау	154 036	81	0,33	1,68	28	7,00	37,10	31	1,7	3	5	5,4
20	Экибастуз	149 000	38,9	0,36	1,35	28	6,61	49,56	11	1,2	2	2	0,0
21	Жанаозен	130 652	37,5	0,13	0,54	28	4,45	15,19	118	1,3	2	2	0,0
22	Рудный	123 736	36,3	0,34	2,53	28	5,23	15,07	164	1,2	1	2	2,7
От 50-100 тыс. чел													
23	Кентау	86 900	45,1	0,05	0,51	30	6,53	59,58	92	1,0	1	2	2,7
24	Жезказган	84 763	47,0	0,49	2,01	30	5,72	23,82	89	1,4	1	2	2,7
25	Шардара	79 300	13,0	0,08	0,36	30	6,22	25,09	9	1,1	1	1	0,0
26	Балхаш	78 002	23,0	0,24	0,98	30	6,28	19,01	89	1,4	1	1	0,0
27	Кульсары	73 500	29,3	0,10	0,45	30	10,12	15,00	36	2,2	1	1	0,0
28	Сатпаев	69 934	11,0	0,26	1,05	30	5,40	20,97	117	1,5	1	1	0,0
29	Арысь	67 122	23,4	0,07	0,39	30	7,50	71,11	42	1,0	1	1	0,0
30	Каскелен	64 451	26,2	0,11	0,22	30	5,00	33,46	36	1,0	1	1	0,0
31	Капчагай	60 781	16,7	0,11	0,18	30	5,11	35,06	102	1,2	1	1	0,0
32	Сарань	51 413	26,1	0,26	1,07	30	9,63	32,24	126	1,4	1	1	0,0
От 20-50 тыс. чел													
33	Талгар	48 687	18,0	0,12	0,39	30	8,79	61,28	48	1,4	1	1	0,0
34	Риддер	48 501	31,2	0,23	0,97	30	7,05	61,15	139	2,7	2	2	0,0
35	Степногорск	47 019	28,5	0,27	0,92	30	7,19	64,50	101	1,1	1	1	0,0
36	Аксу	46 083	13,7	0,13	0,77	30	5,02	20,47	121	1,2	1	1	0,0
37	Щучинск	45 583	16,8	0,20	0,55	30	8,10	41,20	98	1,5	3	1	0,0
38	Есик	44 531	25,8	0,07	0,12	30	7,00	61,54	101	1,6	1	1	0,0
39	Жаркент	41 943	11,5	0,13	0,26	30	7,52	87,04	57	1,0	1	1	0,0
40	Сарыагаш	39 758	18,5	0,13	0,60	30	8,60	58,16	106	1,5	1	1	0,0
41	Аягоз	38 950	16,0	0,06	0,32	30	5,67	30,71	27	1,4	1	1	0,0
42	Зыряновск	38 726	24,8	0,15	1,17	30	5,62	55,58	122	1,4	3	1	0,0
43	Шахтинск	37 900	20,0	0,26	1,09	30	8,14	32,75	152	1,4	1	1	0,0
44	Житикара	35 108	23,3	0,16	0,59	30	6,70	58,09	96	1,5	1	1	0,0
45	Шу	35 000	19,3	0,05	0,25	30	7,09	22,06	125	1,5	1	1	0,0

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
46	Аксай	33 642	37,5	0,17	0,37	30	7,74	69,30	74	1,4	2	2	0,0
47	Кандыгааш	32 846	11,7	0,05	0,17	30	4,00	55,28	16	1,2	1	1	0,0
48	Аралыск	31 893	22,1	0,05	0,11	30	2,80	53,29	18	1,2	1	1	0,0
49	Текели	31 000	20,1	0,06	0,18	30	9,65	26,74	64	1,0	1	1	0,0
50	Жетысай	29 630	18,5	0,15	0,52	30	10,17	102,82	73	1,2	1	1	0,0
51	Атбасар	29 614	19,7	0,13	0,47	30	8,32	70,00	173	1,5	1	1	0,0
52	Аркалык	28 583	15,6	0,07	0,55	30	6,35	45,00	166	1,1	1	1	0,0
53	Шалкар	27 976	32,4	0,05	0,15	30	6,00	47,06	60	1,5	1	2	2,7
54	Уштобе	27 942	19,9	0,04	0,12	30	6,43	60,83	141	1,4	1	1	0,0
55	Абай	27 890	20,0	0,18	0,51	30	4,32	17,25	83	1,3	1	1	0,0
56	Ленгер	25 298	31,2	0,35	0,41	30	9,16	56,01	35	1,7	1	2	2,7
57	Хромтау	25 284	20,8	0,05	0,19	30	5,31	20,78	87	1,7	1	1	0,0
58	Жанатас	22 300	23,1	0,03	0,12	30	5,41	15,00	75	1,0	1	1	0,0
59	Каратау	22 000	17,7	0,03	0,15	30	4,77	62,88	129	1,0	1	1	0,0
60	Алга	20 220	18,9	0,03	0,19	30	4,00	55,25	14	1,3	1	1	0,0
От 10-20 тыс. чел													
61	Каражал	19 172	12,6	0,05	0,09	30	8,53	52,76	33	1,4	1	1	0,0
62	Шемонаиха	18 167	9,7	0,06	0,30	30	5,58	52,60	91	1,6	1	1	0,0
63	Ушарал	18 082	28,1	0,03	0,05	30	7,50	22,50	20	1,0	1	1	0,0
64	Макинск	17 896	5,1	0,08	0,16	30	6,73	49,10	127	1,2	1	1	0,0
65	Зайсан	15 637	14,9	0,03	0,20	30	3,12	105,63	25	1,8	1	1	0,0
66	Сарканд	13 889	16,1	0,04	0,09	30	2,80	67,16	37	1,0	1	1	0,0
67	Акколь	13 672	9,4	0,07	0,30	30	9,07	78,18	136	1,3	1	1	0,0
68	Приозёрск	13 258	14,5	0,05	0,50	30	4,20	21,35	102	1,1	1	1	0,0
69	Ерейментау	12 518	17,8	0,08	0,13	30	9,03	88,18	127	1,5	1	1	0,0
70	Курчатов	11 998	11,0	0,03	0,19	30	5,85	45,50	28	1,5	1	1	0,0
71	Эмба	11 847	20,1	0,02	0,05	30	5,00	66,56	89	1,0	1	1	0,0
72	Тайынша	11 697	30,0	0,03	0,10	30	4,50	79,34	119	1,4	1	1	0,0
73	Есиль	10 554	10,0	0,06	0,29	30	8,84	53,79	59	1,4	1	1	0,0

Окончание таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Менее 10 тыс. чел													
74	Серебрянск	9 438	9,8	0,05	0,09	30	5,59	53,44	52	1,1	1	1	0,0
75	Шар	9 414	8,7	0,03	0,12	30	5,83	88,54	42	1,7	1	1	0,0
76	Каркаралинск	8 713	14,1	0,06	0,12	30	5,14	39,76	116	1,2	1	1	0,0
77	Булаево	8 694	18,2	0,05	0,09	30	6,47	56,67	58	1,4	1	1	0,0
78	Сергеевка	7 712	12,6	0,02	0,03	30	4,37	64,38	10	1,3	1	1	0,0
79	Мамлютка	7 370	16,4	0,04	0,10	30	6,03	94,00	111	1,8	1	1	0,0
80	Казалинск	7 320	3,5	0,01	0,02	30	4,16	75,00	57	1,3	1	1	0,0
81	Державинск	6 290	23,9	0,03	0,08	30	7,59	82,50	58	1,1	1	1	0,0
82	Форт-Шевченко	5 337	6,5	0,06	0,03	30	4,50	47,50	64	1,3	1	1	0,0
83	Степняк	4 800	5,8	0,06	0,04	30	8,02	78,17	65	1,1	1	1	0,0
84	Темир	2 577	4,5	0,01	0,02	30	4,16	47,50	39	1,0	1	1	0,0
85	Жем	2 015	2,8	0,01	0,008	30	0,00	0,00	32	1,0	0	1	2,7
	ИТОГО										181	61	169,6

Приложение В
(обязательное)

Акты внедрения результатов исследования

Утверждаю
 Председатель
 Комитета по чрезвычайным ситуациям
 Министерства внутренних дел
 Республики Казахстан
 генерал-майор

В. Беккер
 « 5 » 8 2019 года

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования, майора гражданской защиты Кусаинова Армана Булатовича по совершенствованию нормативов проектирования объектов противопожарной службы, выполненные на основании Плана научных исследований и опытно-конструкторских работ МВД Республики Казахстан

Комиссия в составе: начальника Управления снижения рисков бедствий и контроля в области гражданской защиты, полковника гражданской защиты Хасенова М.М., начальника Управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, подполковника гражданской защиты Худайбергенова А.А., главного специалиста Управления снижения рисков бедствий и контроля в области гражданской защиты, полковника гражданской защиты Бейсенгазинова Р.А., составила настоящий акт о том, что результаты исследования Кусаинова А.Б. связанные с совершенствованием норм проектирования объектов органов противопожарной службы выполнены в полном объеме, соответствуют заявке исследования и будут использованы в практической деятельности.

Комиссия:

Начальник Управления снижения рисков бедствий и контроля в области гражданской защиты
 полковник гражданской защиты



М. Хасенов

Начальник Управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ
 подполковник гражданской защиты



А. Худайбергенов

Главный специалист Управления снижения рисков бедствий и контроля в области гражданской защиты
 полковник гражданской защиты



Р. Бейсенгазинов

Утверждаю

И.о. начальника ГУ «Службы
пожаротушения и аварийно-
спасательных работ»

ДЧС Акмолинской области
подполковник гражданской защиты

Е.К. Молдаханов

9 10 2019 г.

АКТ

о внедрении результатов исследовательской работы Кусаннова Армана Булатовича на тему: «Модели и алгоритмы расчета сил и средств пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан»

Комиссия в составе:

капитана гражданской защиты Балтакескен Ерлан Сапарбекулы – заместителя начальника Центра оперативного управления силами и средствами ГУ «СП и АСР» ДЧС Акмолинской области;

подполковника гражданской защиты Сагындыкова Каната Отелбековича - начальника отдела организации пожаротушения и аварийно-спасательных работ ГУ «СП и АСР» ДЧС Акмолинской области составила акт о том, что результаты исследовательской работы Кусаннова А.Б. связанные с проектированием гарнизона противопожарной службы на основе разработанных алгоритма организационного проектирования гарнизона противопожарной службы и научно-обоснованных норм по определению необходимого числа противопожарных подразделений, применяются при обеспечении пожарной безопасности городов и населенных пунктов Акмолинской области, а также при проведении занятий по профессиональной служебной подготовке с личным составом ГУ «Службы пожаротушения и аварийно-спасательных работ» ДЧС Акмолинской области.

Комиссия:

Заместитель начальника
ЦОУСС ГУ «СП и АСР»
ДЧС Акмолинской области
капитан гражданской защиты



Е. Балтакескен

Начальник отдела организации ПнАСР
ГУ «СП и АСР»
ДЧС Акмолинской области
подполковник гражданской защиты



К. Сагындыков



Утверждаю
 Заместитель начальника
 Академии ГПС МЧС России
 по научной работе, д.т.н., профессор
 М.В. Алешков
 « 23 » 12 2019 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования адъюнкта института подготовки иностранных граждан Академии ГПС МЧС России, майора гражданской защиты Кусаинова Армана Булатовича «Модель и алгоритм расчета сил и средств пожарно-спасательных служб городов Республики Казахстан»

Комиссия в составе: начальника научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС, к.т.н. Фогилева Ивана Сергеевича, профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н. Соколова Сергей Викторовича, доцента кафедры УиЭ ГПС Попкова Сергей Юрьевича, составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Кусаинова А.Б. внедрены в учебный процесс кафедры управления и экономики ГПС при подготовке фондовых лекций по дисциплине «Организация и координация деятельности пожарно-спасательных гарнизонов» направление подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» (уровень магистратуры), профиль «Пожарная безопасность», на тему «Моделирование процессов функционирования пожарных подразделений».

Комиссия:

Начальник НОК ОУП ГПС
 подполковник внутренней службы,
 к.т.н.,

И.С. Фогилев

профессор кафедры УиЭ ГПС,
 д.т.н., профессор

С.В. Соколов

доцент кафедры УиЭ ГПС,
 к.т.н.

С.Ю. Попков

Утверждаю
 Заместитель начальника
 РГУ «Кокшетауский технический
 институт КЧС МВД
 Республики Казахстан», к.ф-м.н.,
 полковник гражданской защиты
 К.Ж. Раимбеков
 2019 г.



АКТ

о внедрении в учебный процесс Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан результатов диссертационного исследования Кусаинова Армана Булатовича

Комиссия в составе:

майора гражданской защиты, к.т.н. Альменбаева Миржана Маратовича – начальника факультета заочного обучения и повышения квалификации;
 майора гражданской защиты, к.т.н. Захарова Игоря Анатолиевича – старшего преподавателя кафедры оперативно-тактических дисциплин;
 подполковника, к.т.н. Жаулыбаева Асана Аблаевича – профессора кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, составила акт о том, что материалы и результаты диссертационного исследования Кусаинова А.Б. включены в учебно-методические комплексы дисциплин «Организация службы и подготовки», «Тактика спасательных работ и ликвидация чрезвычайных ситуаций» и «Оценка риска в области чрезвычайных ситуаций» по специальностям 5В100100 «Пожарная безопасность» и 5В103100 «Защита в чрезвычайных ситуациях».

Комиссия:

Начальника факультета заочного обучения
 и повышения квалификаций
 майор гражданской защиты, к.т.н.

М. Альменбаев

Старший преподаватель кафедры
 Оперативно-тактических дисциплин
 майор гражданской защиты, к.т.н.

И. Захаров

Профессор кафедры
 Защиты в чрезвычайных ситуациях
 к.т.н., подполковник

А. Жаулыбаев