

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

Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



Захаров Игорь Анатольевич

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ
ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ
ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА КРУПНЫЕ ПОЖАРЫ**

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

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор
Соколов Сергей Викторович

Москва – 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
ГЛАВА 1 ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ГОРОДОВ И КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	10
1.1 Состояние вопроса.....	10
1.2 Общая характеристика города Астаны.....	12
1.3 Противопожарная защита объектов города	15
1.3.1 Характеристика объектов «ЭКСПО – 2017»	18
1.3.2 Современная концепция обеспечения безопасности городских объектов.....	19
1.4 Анализ сил и средств пожарно-спасательного гарнизона по защите города и его объектов	21
1.5 Анализ оперативной обстановки с пожарами	30
1.6 Анализ существующих методов и моделей для управления пожарными подразделениями	34
Выводы по первой главе.....	37
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА	39
2.1 Анализ и динамика основных территориальных пожарных рисков в Астане.....	39
2.2 Анализ деятельности пожарно-спасательного гарнизона города	45
2.3 Анализ и моделирование вероятностного распределения числа вызовов пожарно-спасательного гарнизона	50
2.4 Анализ и моделирование времени занятости пожарно-спасательных подразделений обслуживанием вызовов	53
2.5 Анализ статистических закономерностей привлечения пожарной техники для обслуживания вызовов.....	56

2.6 Анализ времени прибытия пожарных подразделений при крупных пожарах.....	58
Выводы по второй главе	63
ГЛАВА 3 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОРОДА АСТАНЫ	65
3.1 Общее описание компьютерной имитационной системы и схемы её применения.....	65
3.2 Адаптация имитационной системы КОСМАС для пожарно-спасательного гарнизона.....	70
3.3 Проверка адекватности имитационной системы	71
3.4 Имитационная модель функционирования оперативных пожарно-спасательных подразделений объекта	78
Выводы по третьей главе.....	81
ГЛАВА 4 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА ПО ОПЕРАТИВНОМУ РЕАГИРОВАНИЮ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	82
4.1 Алгоритм проведения оценки возможностей пожарно-спасательного гарнизона по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций	82
4.2 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте	85
4.2.1 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте при текущих параметрах оперативной обстановки	87
4.2.2 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте при изменении параметров оперативной обстановки	91
4.2.3 Моделирование сценариев возникновения нескольких одновременных чрезвычайных ситуаций в городе.....	92
4.2.4 Обобщенный анализ результатов имитационных экспериментов по сценариям.....	94

4.2.5 Рекомендации по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности объектов Международной выставки «ЭКСПО – 2017»	95
4.2.6 Схема принятия решений по поддержке управления ПСГ	96
4.3 Разработка проекта развития пожарно-спасательного гарнизона города Астаны	100
Выводы по четвертой главе.....	109
Заключение	111
Список литературы	113
Приложение А Акты внедрения	125

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современный период социально-экономического развития крупных городов сопровождается различными деструктивными событиями (пожары, ДТП, аварии и др.), при этом одной из наиболее опасных угроз для его жителей являются пожары и, особенно, крупные пожары.

В этой связи очень важным критерием для пожарно-спасательных подразделений (ПСП) является их своевременное прибытие к месту пожара по возможности еще до наступления его опасных факторов для людей и объекта, на котором произошёл пожар.

Статистические данные показывают, что во многих случаях своевременное время прибытия ПСП к месту вызова оказывается проблематичным, это зависит от многих факторов: скорости движения пожарных автомобилей, распределения оперативных подразделений по территории города, их зон обслуживания, а также занятости на других вызовах. Всё это осложняет своевременное прибытие к месту пожара, что приводит к тому, что для тушения уже развившегося пожара требуется значительно больше пожарных подразделений.

Таким образом, для обеспечения своевременного времени прибытия и сосредоточения необходимого количества сил и средств пожарно-спасательного гарнизона (ПСГ) города для ликвидации различных деструктивных событий необходимо проводить детальные исследования возможностей ПСГ города. Без подобных исследований невозможно решать данную проблему. Одним из эффективных способов корректно исследовать эти вопросы и принять обоснованные управленческие решения является применение технологий имитационного моделирования.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в решение проблем оперативного и стратегического управления аварийно-спасательными службами в городах, внесли известные ученые Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Н.Г. Топольский, Е.М. Алёхин,

А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин, В.И. Клишкин, В.А. Белов, Р. Wagner и многие другие.

В этих исследованиях детально проработаны вопросы оперативного и стратегического управления ПСП. Однако вопросы оценки возможностей ПСП в случае возникновения на конкретных объектах крупных пожаров и ЧС и требующих разработки специальных подходов и моделей в предыдущих работах не рассматривались.

Целью исследования является разработка моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления ПСП при реагировании на крупные пожары и ЧС на основе технологий имитационного моделирования.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

- исследовать параметры, характеризующие обстановку с пожарами и оперативную деятельность ПСП города и произвести оценку основных пожарных рисков для определения уровня пожарной опасности и влияния различных внешних факторов при реагировании на крупные пожары и ЧС;
- провести адаптацию компьютерной имитационной системы (КИС) «КОСМАС» к реальным условиям функционирования ПСП города;
- провести модернизацию КИС «КОСМАС» посредством разработки имитационной модели процесса функционирования ПСП исследуемого объекта в рамках общей модели функционирования ПСП города;
- разработать алгоритм оценки возможностей ПСП в целях принятия управленческих решений по оперативному реагированию на крупные пожары и ЧС;
- разработать сценарии моделирования возникновения различных ДС при различных условиях с последующим их компьютерным моделированием для оценки возможностей ПСП при реагировании на крупные пожары и ЧС;
- разработать проект развития ПСП объекта и города с учетом развития его инфраструктуры и территории.

Объект исследования – оперативная деятельность ПСП города.

Предмет исследования – модели и алгоритмы информационно-аналитической поддержки управления ПСП при реагировании на крупные пожары и ЧС.

Методы исследования. При разработке основных положений в диссертации используются методы системного анализа, теории управления и имитационного моделирования.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- разработана имитационная модель и алгоритм процесса функционирования ПСП исследуемого объекта в рамках общей модели функционирования ПСГ города;

- разработан алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию на крупные пожары и ЧС на основе технологий имитационного моделирования;

- разработаны сценарии моделирования возникновения различных ДС в различных условиях в рамках оценки возможностей ПСГ города при реагировании на крупные пожары и ЧС.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что на основании выполненных исследований и полученных научных результатов:

- разработанная имитационная модель и алгоритм ее работы позволяет детально воспроизводить весь процесс функционирования ПСП на исследуемом объекте с момента вызова подразделений до возвращения на место дислокации и ожидания очередного вызова;

- разработанный алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и ЧС способствует поддержке стратегического управления развитием любого ПСГ;

- разработанные сценарии моделирования возникновения различных ДС в различных условиях позволяют эффективно оценить возможности ПСГ по обеспечению необходимого количества сил и средств в случае возникновения крупных пожаров и ЧС при различных условиях функционирования;

– на основе применения методов имитационного моделирования разработаны рекомендации по стратегическому управлению развития ПСГ объекта и города.

Достоверность полученных результатов работы достигнута за счет использования официальных статистических данных, использованием апробированного математического аппарата, проверки адекватности компьютерной имитационной модели соответствующих цели и задачам исследования.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены и получили одобрение на заседании научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем государственной противопожарной службы Академии ГПС МЧС России. Основные результаты диссертационной работы доложены на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (г. Кокшетау, 2016, 2017 гг.); международной научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности» (г. Воронеж, 2016 г.); международной научно-технической конференции «Системы безопасности» (г. Москва, 2016 г.); международной научно-практической конференции «Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы (г. Кокшетау, 2017 г.).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 9 работ, из них 3 – в журналах, включенных в перечень ВАК.

Личный вклад автора. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в разработке и научном обосновании методов, моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления ПСП при реагировании на крупные пожары и ЧС.

В совместных публикациях результаты, связанные с анализом текущей ситуации в исследуемой области, разработкой имитационной модели, алгоритма оценки возможностей ПСГ, сценариев моделирования

функционирования ПСП объекта и города, проекта развития ПСГ выполнены автором самостоятельно.

Материалы диссертационной работы реализованы в:

- компьютерной имитационной системе «КОСМАС» предназначенной для исследования, экспертизы и проектирования экстренных и аварийно-спасательных служб города;
- в работе ГУ «Службы пожаротушения и аварийно-спасательных работ Департамента по чрезвычайным ситуациям города Астаны»;
- учебном процессе Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан;
- учебном процессе Академии ГПС МЧС России при изучении дисциплин «Математические методы и модели управления ГПС и РСЧС» и «Управление рисками, системный анализ и моделирование».

Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения.

На защиту выносятся следующие положения:

- модель и алгоритм процесса функционирования ПСП исследуемого объекта в рамках общей модели функционирования ПСГ города;
- алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию на крупные пожары и ЧС на основе технологий имитационного моделирования;
- сценарии моделирования возникновения различных ДС в различных условиях для оценки возможностей ПСГ при реагировании на крупные пожары и ЧС;
- рекомендации и проект развития ПСГ объекта и города.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы. Общий объем диссертационной работы – 129 страниц. Работа иллюстрирована 61 рисунком и содержит 23 таблицы. Библиографический список включает в себя 90 наименований.

ГЛАВА 1

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ГОРОДОВ И КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ

1.1 Состояние вопроса

Современные условия жизни общества в крупных городах Республики Казахстан способствуют росту числа различных деструктивных событий (ДС) и размеров социально-экономических последствий от них. Численность населения в стране составляет более 18 млн человек, из них 63 % проживают в городах. В среднем в республике происходит около 15 тыс. техногенных пожаров, из них 65 % пожаров приходится на города, от которых ежегодно погибают сотни людей, подвергаются уничтожению материальные ценности, уникальные строения, не считая бесценных памятников архитектуры и культуры.

Для решения обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности государством создан комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и снижение ущерба от него, где одной из них является ПСГ.

Современное представление о том, как должен быть организован ПСГ в населенных пунктах основываются на следующих принципах: ПСГ должен быть организован таким образом, чтобы в любой момент времени на любое возникшее в городе ДС немедленно отреагировать набором сил и средств, адекватным характеру возникшего события [1].

При этом должны выполняться два основных ограничения:

1) прибытие сил и средств к месту вызова должно укладываться в допустимые временные интервалы, обусловленные, прежде всего, физико-химическим закономерностям развития пожара;

2) общее количество сил и средств ПСГ в населенном пункте должно быть экономически оправданным, т. е. соответствовать приемлемому уровню риска, заданному для ДС каждого типа.

Для выполнения указанных условий, в каждом населенном пункте должны быть обоснованы объем работ, подлежащий выполнению силами и средствами подразделений ПСГ, а также затраты на его выполнение (требуемые технические, людские и временные ресурсы) [2].

Положительным результатом деятельности ПСГ является ликвидация пожара в кратчайшие сроки с минимальным ущербом. В процессе тушения пожара руководитель может столкнуться с проблемой нехватки или невозможностью сил и средств своевременно прибыть к месту вызова, что напрямую осложняет складывающуюся оперативно-тактическую обстановку на месте его ликвидации.

Для исследования данной проблемы и принятия управленческих решений позволяющим без многочисленных натуральных экспериментов проанализировать и оценить возможности ПСГ своевременно прибывать к местам возникновения ЧС при самых различных ситуациях необходимо применение новейших проблемно-ориентированных интерактивных имитационных систем.

Изучение указанных сложных процессов предполагает проведение крупномасштабных исследований деятельности ПСГ и ставит для достижения указанной цели комплекс взаимосвязанных задач:

- исследование пожарной опасности с учетом социально-экономического развития города;
- анализ пожарных рисков и деятельности ПСГ города;
- разработка и адаптация моделей процесса функционирования ПСП к условиям города и ПСГ, проверка адекватности моделей;
- всесторонняя оценка эффективности оперативной деятельности ПСГ и оценка возможностей оперативно реагировать на крупные пожары и ЧС;
- принятие решений по управлению развитием ПСГ с учетом перспективного плана развития города.

Решения представленных задач в данном исследовании было реализовано на примере ПСГ города Астаны и его объектов.

1.2 Общая характеристика города Астаны

Одним из важных направлений новой региональной политики является формирование рациональной территориальной организации, которое включает стимулирование и регулируемое развитие процессов урбанизации и агломераций, являющихся важнейшими точками экономического роста национальной экономики, развитие и поддержку перспективных населенных пунктов, обладающих экономическим и демографическим потенциалами [3].

В настоящее время крупнейшими агломерационными центрами в Казахстане являются города Алматы и Астана. Быстрорастущая агломерация формируется на юге страны вокруг города Шымкент. Это обусловлено современной политикой направленной на повышение роли новой столицы в системе расселения [3].

Город Астана – столица Республики Казахстан. Решение о переносе столицы из Алматы в Акмолу было принято Верховным Советом Республики Казахстан 6 июля 1994 года. Официальный перенос столицы состоялся 10 декабря 1997 года. Указом Президента от 6 мая 1998 года Акмола была переименована в Астану. Международная презентация новой столицы прошла 10 июня 1998 года. В 1999 году Астана по решению ЮНЕСКО получила звание «город мира». С 2000 года главный город республики является членом Международной ассамблеи столиц и крупных городов [4].

Астана стала столицей по многим причинам, в том числе экономическим, экологическим и географическим. Город Алматы, который являлся бывшей столицей страны, был расположен далеко от центра страны, население приблизилось к цифре 1,5 млн человек. В связи с этим город оказался плотно застроен, и не осталось никаких перспектив для дальнейшего развития дополнительных территорий. Астана располагалась в центре страны, что позволяло бы приблизиться к главным экономическим центрам страны. Еще одной большой проблемой для города стал транспорт и экологические условия «Южной столицы» которые оставляли желать лучшего, поэтому Алматы

в числе всех городов страны стал самым загрязнённым. Астана была выбрана как лучшая альтернатива Алматы, принимая во внимание все факторы, включая климатические и сейсмические условия и т. д.

Удобное расположение в центре Евразийского континента делает Астану экономически выгодным транспортным, коммуникационным и логистическим центром, своеобразным транзитным мостом между Европой и Азией [5]. Город состоит из трех районов – «Алматы», «Сарыарка» и «Есиль» (рисунок 1.1).

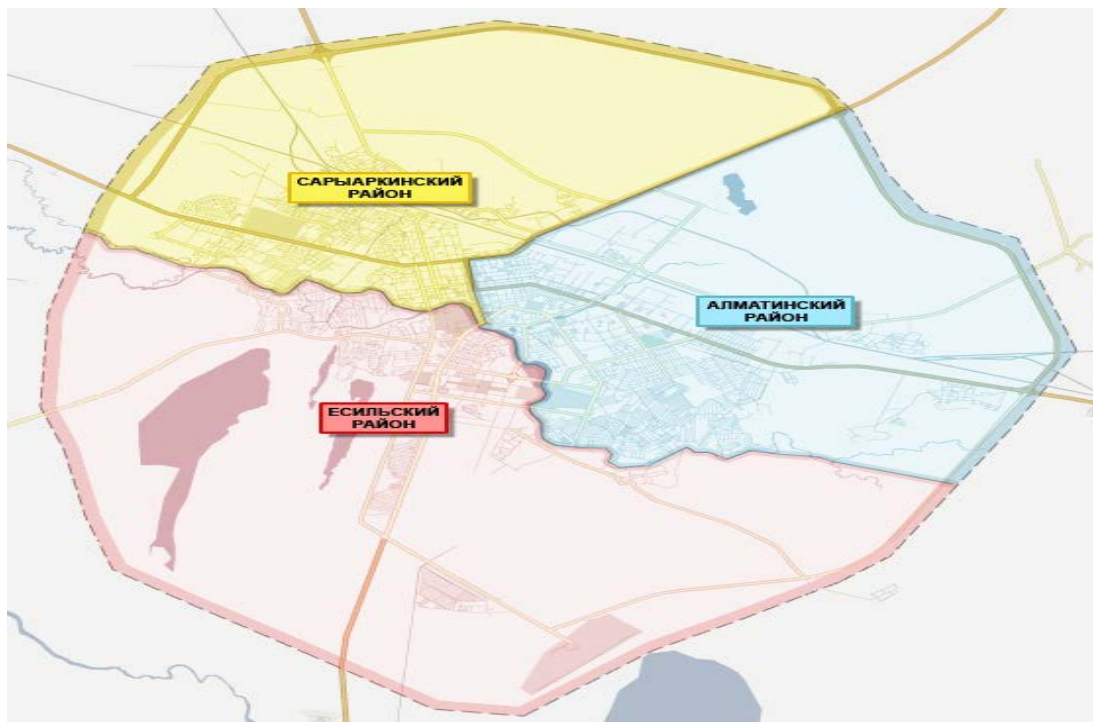


Рисунок 1.1 – Схема города Астаны и его районов [6]

За период с 2005 до 2016 годы численность постоянного населения города увеличилась с 529,3 тыс. до 880,2 тыс. человек, а площадь города в тоже время с 260 до 722 кв. км, т. е. почти 3 раза. По итогам 2009 года сальдо миграции города составило 31 908 человек – самый высокий показатель в республике. В последнее десятилетие основу миграционных потоков в город составляют приезжие из других регионов Казахстана. На 1 000 человек – 704 человек составляют приезжие, 296 – коренные. Из каждой тысячи жителей 395 человек проживают в районе Сарыарка, 115 – районе Есиль и 490 – районе Алматы – соответственно, и расширяется территория города.

В очень короткое время была обеспечена разработка долгосрочных программ и практическое осуществление развития столичного региона с учетом создания в ней делового центра и привлечения иностранных инвесторов. За последние 6 лет город успешно выполнил работу по планированию инфраструктуры, а также были реализованы проекты по возведению ряда крупных государственных объектов, микрорайонов и жилых кварталов.

Необходимо отметить тот факт, что высокий темп экономического роста, как следствие, увеличение платежеспособного населения повышают и уровень автомобилизации, увеличивается интенсивность дорожного движения, которое как правило, приводит к автомобильным пробкам, затрудняющих движение при реагировании спецтехники экстренных служб города на вызовы. В сравнении с Алматы на тысячу жителей приходится 324 легковых авто, в Астане – лишь 264. В то же время по абсолютному приросту новых авто Астана почти в два раза превышает Алматы (3,3 против 1,3 тыс.). В среднесрочной перспективе (3–4 года) плотность авто в столице будет сопоставима с алматинскими показателями [7]. В связи этим проблема перегрузки центра города транспортными потоками остается крайне острой. Подобные вопросы рассматривались в работах [8, 9] по наиболее неотложным проблемам крупных городов Астана и Алматы, посвященные исследованию социально-экономическому развитию, экологическим проблемам и раскрытию закономерностей формирования генеральных планов, что позволило определить основные проблемы в архитектуре этих городов.

Одновременно с развитием экономики установлено сотрудничество более чем 100 столицами и городами мира. Стремясь к будущему для строительства цивилизованной и развитой столицы, разработаны стратегические программы развития города до 2030 года и в перспективе до 2050 года. Ежегодно Астана принимает различные крупнейшие международные форумы, способствующие росту престижа страны, спортивные события и т. д. Например, Саммит ОБСЕ (2010 г.), 7-е зимние Азиатские игры (2011 г.), юбилейная сессия и Четвертая Министерская встреча «Совещание по взаимодействию и мерам доверия в

Азии» (2012 г.), съезды лидеров мировых и традиционных религий (2003, 2006, 2009, 2012, 2015 гг.), ежегодные Астанинские экономические форумы (2008–2016 гг.) и многие другие мероприятия часто сопровождаются салютами, фейерверками, которые могут повлечь за собой возгорание или задымление. Все эти события в жизни города требуют обеспечения безопасности, в том числе и пожарной, где обязанности по обеспечению пожарной безопасности лежит полностью на администрации объекта. Подобные мероприятия в условиях ресурсной ограниченности создают дополнительную нагрузку на гарнизон.

1.3 Противопожарная защита объектов города

Обеспечивая высокий уровень качества городской жизни, городские власти и специалисты застраивают городское пространство сложнейшими и потенциально опасными техническими системами (АЭС, ТЭЦ, НПЗ, химические заводы, склады горючих и вредных веществ, продуктопроводы, транспортные артерии и др.). При этом возникают и увеличиваются в размерах разнообразные городские риски, угрожающие нарушить жизнедеятельность городской жизни [1].

В настоящее время территория города является сложной в пожарном отношении, представляющей собой не только сложнейшие социально-экономические, но и сложные технические системы, с которыми сопряжено множество различных по своей природе опасностей. В ней в различных отраслях экономики функционирует свыше 20 взрыво- и пожароопасных объектов и предприятий. Из них 9 нефтебаз, 3 газонаполнительные станции, ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, 3 элеватора, вагоноремонтный завод, мельницы, хлебозаводы, крупные склады и другие объекты. Было принято строить многие опасные производственные объекты за пределами городской жизни, в настоящее время они окружают жилые кварталы, часто располагаются вблизи объектов с массовым пребыванием людей и несут реальную угрозу в случае

возникновения на них крупного пожара. На рисунке 1.2 показаны основные техногенные угрозы в городе.

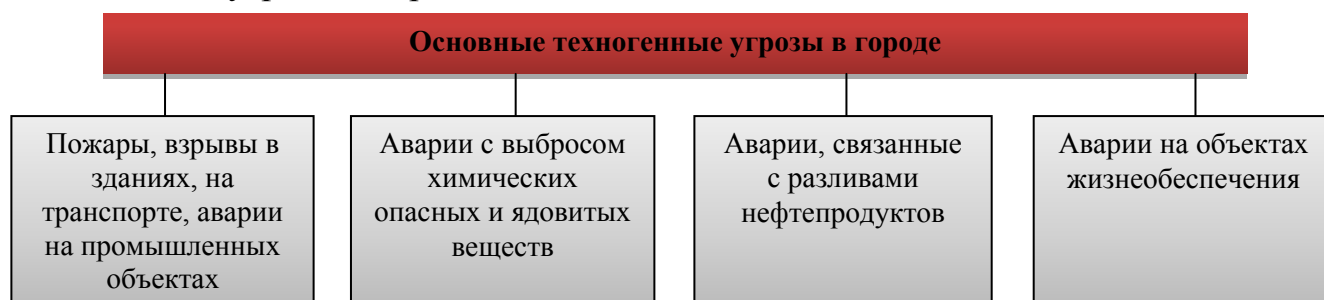


Рисунок 1.2 – Основные техногенные угрозы в городе

Следует отметить, что вопросы урбанизации приобретают всё возрастающую актуальность в связи с постановкой задачи по вхождению Казахстана в число 30-и высокоразвитых государств мира. В Послании Президента Республики Казахстан народу [10] говорится о необходимости обеспечить динамичное развитие инфраструктурной триады – агломераций, транспорта, энергетики. Агломерации расцениваются как каркас наукоемкой экономики страны.

Поскольку земля в городах становится все более дорогой (особенно в центральной их части), а городскую черту нельзя непрерывно изменять, удаляя ее от центра города и увеличивая его площадь, то современные города начинают интенсивно расти «вверх и вниз». Это означает, что в городах появляются, во-первых, всё более высокие здания и сооружения (высотой более 0,5 км), во-вторых, всё более фундаментальные и разнообразные подземные сооружения (нередко тоже многоэтажные) [1].

Таким образом, город набирает масштабы возведения крупных многофункциональных и уникальных объектов смешанного типа, сочетающие в себе двух и более эксплуатационных назначений (офисные площади, торгово-развлекательные заведения и жилые функции). За последние 10 лет в городе построено свыше 20 крупных объектов, один из которых занимает значительную часть городской территории и предназначен для проведения международной специализированной выставки «ЭКСПО – 2017».

Подобные объекты в силу своей специфики имеют высокую степень пожарной опасности, это обуславливается как сложностью эвакуации людей, заполнением продуктами горения этажей и лифтов, быстрым развитием пожара по вертикали достигая несколько десятков метров в минуту, так и сложностью разведки пожара, спасания людей и подачи огнетушащих веществ в очаг пожара, соответственно, необходимо повышать реагирование ПСП на происшествия.

Подтверждением этого являются крупные пожары, произошедшие относительно недавно. В мае 2006 г. в 36-этажном небоскребе «Транспорт тауэр» произошло возгорание на 27-м этаже, при котором за короткое время огонь распространился до 32-го этажа. На тушение пожара было привлечено 25 пожарных расчетов, в результате пожара отравились угарным газом 3 человека и 2 пожарных получили тяжелые ранения. Сложностью тушения данного пожара явилось значительная высота здания и сильный ветер, а также длительное отсутствие специальной пожарной техники для подачи огнетушащего вещества.

В начале 2016 г. произошли несколько возгораний в небоскребе «Абу-Даби Плаза» – самая высокая башня (382 м или 88 этажей), еще не сданная в эксплуатацию. Одним из возгораний объекта, причиной которого явился человеческий фактор, привел к распространению пожара с 11 по 25 этажи здания, на тушение пожара было задействовано до 30 единиц пожарной техники. Ситуация осложнилась из-за своевременного прибытия первых пожарных подразделений и отсутствия подъездных путей к месту пожара.

Таким образом, в зависимости от объекта и вида ЧС обстановка может быть очень сложной, которая может потребовать привлечения значительных усилий, превышающих возможности ПСГ города, а также повлечь значительные людские потери и материальный ущерб. Эти примеры убедительно показывают, что своевременное прибытие и сосредоточение необходимого количества сил и средств ПСП к месту вызова и их готовность

выполнить первоочередные задачи в кратчайшее время с момента получения сообщения о пожаре являются одним из основных показателей оперативной деятельности.

1.3.1 Характеристика объектов «ЭКСПО – 2017»

На 152-й Генеральной Ассамблее Международного бюро выставок Астана, набрав большинство голосов, одержала уверенную победу в борьбе за право провести международную выставку «ЭКСПО – 2017».

В связи с этим перед страной и городом были поставлены гигантские задачи, направленные на решение вопросов, связанных с высокопрофессиональной и качественной подготовкой проведения данного мероприятия, имеющего огромный экономический потенциал. Проводимая в Астане «ЭКСПО – 2017» – первая международная выставка в странах Центрально-Азиатского региона и СНГ. В течение трех месяцев работы выставки столица сможет принять более 3 млн человек из 100 стран мира [11].

Город стал экспериментальной площадкой мировой архитектурной мысли, которая концентрируется на строительстве инфраструктуры и объектов выставочного комплекса «ЭКСПО – 2017». Согласно четким правилам и требованиям Международного бюро выставок, к странам, принимающим ЕХРО, территория выставки разделена на два участка. Сама выставочная зона занимает 25 га, вневыставочная – 148 га. Комплекс расположился в Есильском районе, на территории выставки был построен ЕХРО-городок, конгресс-центр, гостиничный комплекс, офис организаторов, парковки, аллеи и парки. Центральное сооружение – сфера диаметром 80 м, не имеющая аналогов в мире. Общая высота здания – 93,86 м над землей общей площадью 24 тыс. кв. м. Центральный павильон окружают международные, тематические, и корпоративные павильоны, создавая интегрированную группу зданий с общей площадью 16 тыс. кв. м. Во вневыставочной зоне располагается жилой сектор,

объекты социально-культурного назначения, здравоохранения, образования, торгово-развлекательные здания, парки и бульвары.

Планировалось, что ежедневно выставку будут посещать более 20 тыс. человек ежедневно. Местоположение выставочного комплекса и его размещение на левом берегу повлекло за собой необходимость изменения местоположения нового железнодорожного вокзала, схемы малой кольцевой дороги и других проектных решений развития инженерной и транспортной инфраструктуры столицы. Учитывая перспективы развития города, утвержденные планы на среднесрочную перспективу, преимущественными характеристиками для выставочного комплекса «ЭКСПО – 2017» обладает именно данный участок, наиболее выгодный с точки зрения логистики и дальнейшего градостроительного развития города [12].

После проведения выставки выставочные павильоны будут использоваться как научно-исследовательские, технологические, научно-лабораторные институты и офисы. Большая часть объектов будет передана в жилой фонд. Торгово-развлекательные площади, коммерческие зоны, парки, скверы и места рекреации будут представлены для общегородского использования.

Кроме того, сооружается самый высотный в Казахстане и Центральной Азии один из самых высоких в СНГ 88-этажный 388-метровый небоскрежный жилищно-гостинично-деловой комплекс «Абу-Даби Плаза».

1.3.2 Современная концепция обеспечения безопасности городских объектов

Современная концепция обеспечения безопасности объекта заключается в следующем:

1. Необходимо выявить, проанализировать и изучить все виды потенциальных опасностей, которые могут угрожать данному объекту защиты.

2. Желательно количественно оценить все риски реализации этих опасностей.

3. Разработать и реализовать комплекс мероприятий (инженерно-технических, экономических, организационных, социальных и др.), позволяющих уменьшить значения всех рисков до допустимых.

4. Поскольку ни один из рисков принципиально невозможно снизить до нуля, необходимым элементом обеспечения безопасности сложных систем является эффективная деятельность ПСП (в случае возникновения на объекте защиты ЧС) по спасению людей, ликвидации ЧС и его последствий.

В связи с этим в целях безопасности территории города разрабатывают паспорт безопасности, который позволяет определить уровень оперативной готовности экстренных служб к возникновению и не допущению ЧС природного и техногенного характера, а также для решения следующих задач:

1. Определения показателей степени риска ЧС.
2. Оценки возможных последствий ЧС.
3. Оценки состояния оперативной готовности аварийно-спасательных, инженерных служб и формирований к действиям в условиях возникновения ЧС природного и техногенного характера.
4. Оценки деятельности территориальных органов гражданской защиты и местных исполнительных органов по предупреждению и ликвидации ЧС.
5. Разработки комплексных мероприятий по предупреждению, снижению риска и смягчению последствий ЧС природного и техногенного характера на территории города, расчета необходимых сил средств для ликвидации их негативных последствий.
6. Иных задач по защите населения, объектов и территории города от стихийных бедствий, аварий и катастроф.

Поэтому в случае возникновения чрезвычайного положения на объекте и в городе в целом необходимо иметь гарантированную уверенность в том, что ПСП города окажутся в состоянии своевременно оказать необходимую помощь

в решении всех возникших оперативных задач: ликвидация пожара, последствий взрыва, эвакуация пострадавших, доставка их в больницы.

В этой связи перед администрацией города и руководством ПСГ стоит непростая задача, которая требует принципиально новых решений как организационно-управленческого, так и инженерно-технического характера в области обеспечения пожарной безопасности столицы.

1.4 Анализ сил и средств пожарно-спасательного гарнизона по защите города и его объектов

В связи с реорганизацией и упразднением министерства по чрезвычайным ситуациям органы гражданской защиты вошли в состав министерства внутренних дел (МВД), в структуре которого имеется Комитет по чрезвычайным ситуациям (КЧС). Структура КЧС представлена на рисунке 1.3.

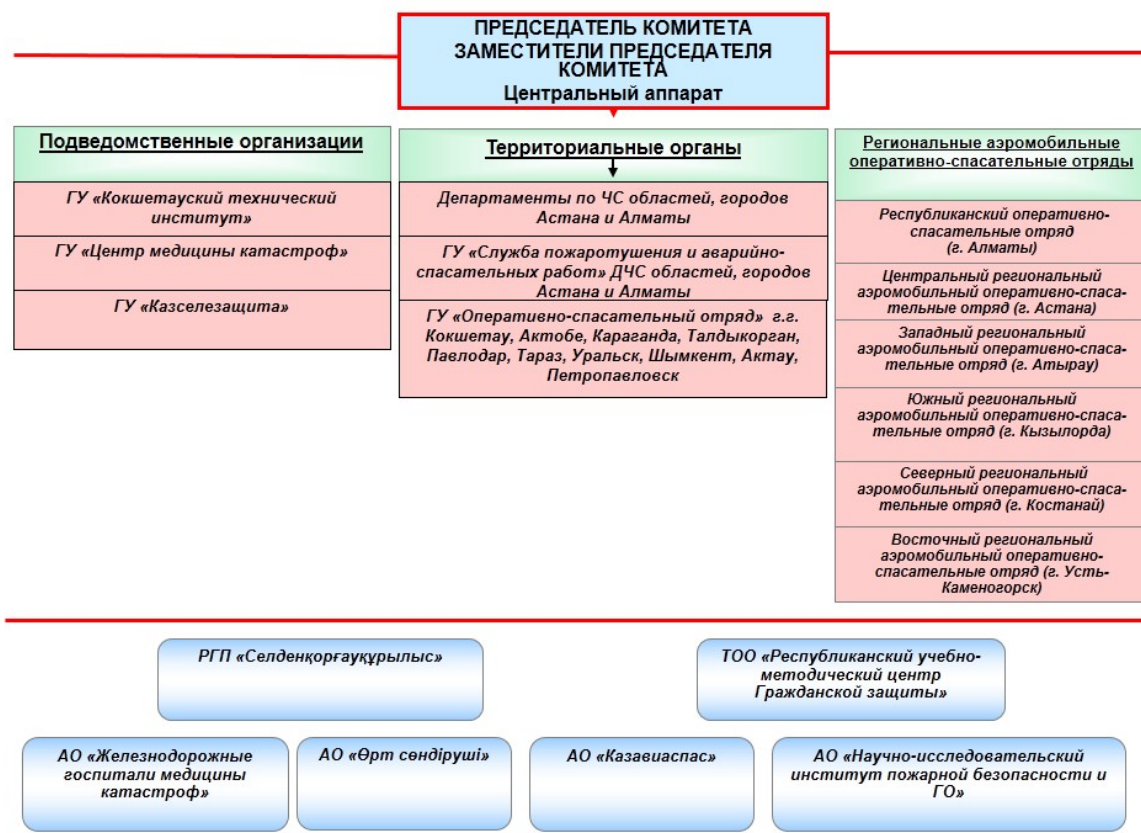


Рисунок 1.3 – Структура Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан [14]

В 16 регионах страны имеются департаменты по чрезвычайным ситуациям (ДЧС) городов Астана и Алматы, в остальных крупных городах созданы управления и отделы, которые подчиняются ДЧС. Структура ДЧС приведена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура Департамента по чрезвычайным ситуациям города Астаны [15]

Департамент состоит из руководства департамента и специализированных управлений и отделов по предупреждению и ликвидации ЧС. Отдельным элементом структуры является служба пожаротушения и аварийно-спасательных работ, которая призвана осуществлять в установленном законодательством порядке тушение пожаров и проводить связанные с ними первоочередные аварийно-спасательные работы в жилых территориях населенных пунктов и на объектах хозяйствования [13].

Основные задачи ПСГ заключаются в спасении и эвакуации людей в случае угрозы их жизни и ликвидации пожара в сроки и в размерах, определяемых тактическими возможностями привлеченных сил и средств.

Для оперативного реагирования и своевременного прибытия ПСП на тушение пожаров и ликвидацию ЧС в городе функционирует 10 профессиональных пожарных депо. Схема размещения пожарных депо приведена на рисунке 1.5.

Информация о дислокации ПСП в районах города представлена в таблице 1.1, количество личного состава и пожарной техники – в таблице 1.2.

Общая численность личного состава службы пожаротушения города составляет 1 491 человек, в том числе в пожарных частях 796 человек. На вооружении ПСГ города находятся 140 технических средства для борьбы с пожарами и транспортировки личного состава до места вызова, в том числе 60 – основных, 23 – специальных и 58 – вспомогательных автомобилей (рисунок 1.5).

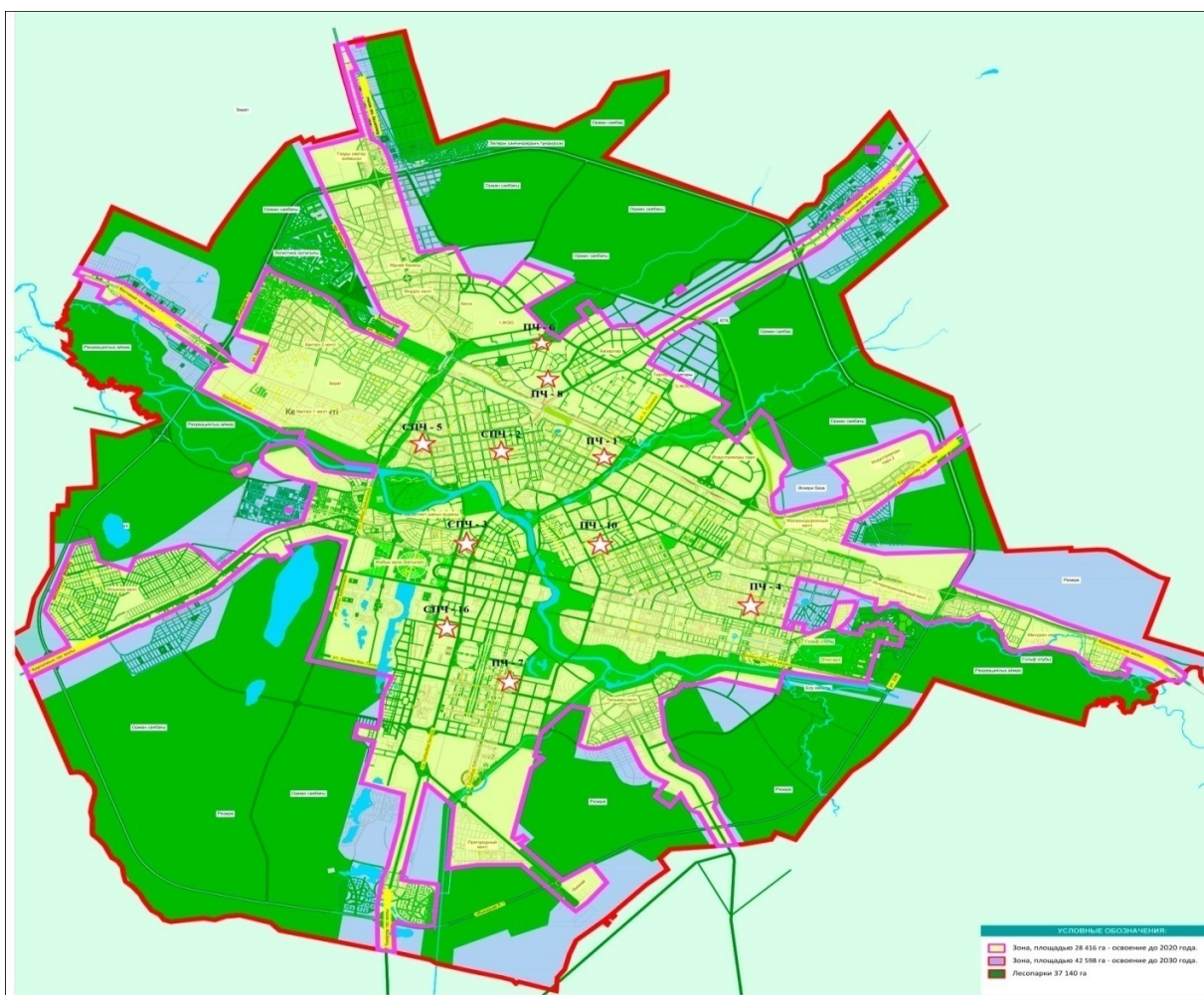


Рисунок 1.5 – Схема размещения существующих пожарных депо в городе Астана

Таблица 1.1 – Количество пожарных депо в районах города Астана

№ п/п	Наименование пожарного депо	Район города	Площадь территории, км ²	Численность населения, тыс. чел.
1	ПЧ-1	Алматы	210,54	382,4
2	ПЧ-4			
3	ПЧ-6			
4	ПЧ-10			
5	СПЧ-2	Сарыарка	192,02	357,3
6	СПЧ-5			
7	ПЧ-8			
8	СПЧ-3	Есиль	311,79	140,5
9	ПЧ-7			
10	СПЧ-16			

Таблица 1.2 – Количество личного состава и пожарной техники

№ п/п	Наименование пожарного депо	Количество личного состава, чел.	Количество пожарной техники, шт.		
			Основная	Специальная	Вспомогательная
1	ПЧ-1	81	5 (3 АЦ, АБР, АНР)	4 (АЛ-30, АКП-54, АГДЗС, АСО-20)	1
2	СПЧ-2	89	6 (5 АЦ, АБР)	3 (АЛ-50, АКП-54, АСА-20)	5
3	СПЧ-3	113	8 (5 АЦ, АБР, АЦЛ, АПМ)	3 (АСА-20, АД, КШМ)	1
4	ПЧ-4	59	4 (4 АЦ)	1 (АСА-20)	1
5	СПЧ-5	92	5 (5 АЦ)	3 (АЛ-37, АСА-20, АГДЗС)	2
6	ПЧ-6	55	6 (6 АЦ)	–	2
7	ПЧ-7	49	4 (4 АЦ)	–	–
8	ПЧ-8	61	5 (5 АЦ)	1 (АЛ-30)	2
9	ПЧ-10	50	3 (3 АЦ)	1 (АЛ-32)	1
10	СПЧ-16	149	6 (4 АЦ, ПНС, АР)	3 (АЛ-32, АКП-88, АСА-20)	9
Всего		796	52	19	24

Определение мест дислокации пожарных депо при проектировании объектов ПСГ осуществляется в соответствии с требованиями строительных норм «Нормы проектирования объектов органов противопожарной службы» [16].

Следует отметить, что большинство пожарных депо в республике, размещены в соответствии с нормами, принятыми еще в 1930 г., согласно которым «радиус обслуживания пожарных депо следует принимать 3 км». В начале 50-х годов XX века к этому нормативу был добавлен еще один норматив, касающийся числа пожарных автомобилей: один пожарный автомобиль в городах и населенных пунктах должен приходиться на 5 тыс. человек населения [17].

Данные положения были перенесены в строительные нормы [16], где количество пожарных депо рассчитывается из расчета численности населения и площади территории населенного пункта. Кроме того, несмотря на нормативное регулирование вопросов мест дислокации пожарных депо и пожарной техники возникают проблемы по их определению.

Количество пожарных депо и пожарных автомобилей для городов и других населенных пунктов определяется в соответствии с таблицами 1.3 и 1.4, где указаны нормативы, позволяющие определить минимальное количество пожарных депо по показателям численности населения и площади территории населенного пункта. При этом численность населения является ключевым параметром.

Таблица 1.3 – Количество специальных пожарных автомобилей

Наименование специальных Автомобилей	Число жителей в городе (населенном пункте), тыс. чел					
	до 5	5–50	50–100	100–500	500–1000	> 1000
Автолестницы и автоподъемники	1*	2	3	6	8	**
Автомобили газодымозащитной службы	1	1	2	3	4	**
Автомобили связи и освещения	–	1	1	2	2	**

Примечание:

* При наличии зданий высотой 4 этажа и более.

** Определяется по количеству административных районов из расчета одна автолестница и автоподъемник, автомобиль газодымозащитной службы, автомобиль связи и освещения на район.

Таблица 1.4 – Количество пожарных депо и пожарных автомобилей для городов и населенных пунктов

№ п/п	Население, тыс. чел.	Площадь территории населенного пункта, га																											
		до 2000	2000–4000	4000–6000	6000–8000	8000–10000	10000–12000	12000–14000																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9																					
1	до 5	1																											
		1×2																											
2	от 5 до 20	1																											
		1×6																											
3	от 20 до 50	2																											
		2×6																											
4	от 50 до 100	2							3																				
		1×8+1×6							1×8+2×6																				
5	от 100 до 250								4	5	6																		
									2×8+2×6	2×8+3×6	2×8+3×6+1×4																		
6	от 250 до 500																												
										6	8	9	11	12															
2×8+4×6	3×8+5×6									3×8+6×6	3×8+8×6	4×8+8×6																	
7	от 500 до 800																												
																	9	10	12	13									
3×8+6×6	1×12+3×8+6×8																1×12+4×8+7×6	1×12+5×8+7×6											
8	от 800 до 1000																												
																								13	14				
9	от 1000 до 1500																												

Продолжение таблицы 1.4

№ п/п	Население, тыс. чел.	Площадь территории населенного пункта, га											
		14000–16000	16000–18000	18000–20000	20000–25000	25000–30000	30000–35000						
1	2	10	11	12	13	14	15						
1	до 5												
	от 5 до 20												
	от 20 до 50												
	от 50 до 100												
	от 100 до 250												
6	от 250 до 500												
	7							от 500 до 800	15	17	20	21	23
2×12+5×8+8×6									2×12+6×8+9×6	4×12+6×8+10×6	4×12+7×8+10×6	4×12+7×8+12×6	
8	от 800 до 1000												
2×12+6×8+8×6	2×12+6×8+10×6	4×12+7×8+10×6	4×12+7×8+12×6	4×12+7×8+16×6	6×12+10×8+14×6								

Окончание таблицы 1.4

9	от 1000 до 1500	18	20	23	25	30	35
		2×12+ 6×8+ 10×6	4×12+ 6×8+ 10×6	4×12+ 7×8+ 12×6	4×12+7×8 +14×6	6×12+10× 8+14×6	6×12+10×8+ 19×6
Примечание:							
1. В числителе – общее количество пожарных депо, в знаменателе – количество пожарных депо и количество пожарных автомобилей в каждом.							
2. Радиус обслуживания пожарных депо следует принимать 3 км.							

В строительных нормах [16] максимальное количество населения составляет 1,5 млн человек и площадь 35,0 тыс. га. К примеру, общая площадь Астаны составляет 71 тыс. га, а население – 880,2 тыс. человек, у Алматы общая площадь города составляет 72,2 тыс. га с численность населения 1,7 млн человек. Следовательно, площадь населенного пункта и численность населения некоторых городов выходят за пределы установленных границ и имеют параметры, которые отсутствуют в нормах (таблица 1.4).

Из таблицы 1.4 видно, что в населенных пунктах с численностью до 5 тыс. человек должно быть одно пожарное депо, имеющее на вооружении 2 пожарные машины. Однако строительство пожарных депо во всех населенных пунктах с численностью населения до 5 тыс. человек, их в Казахстане 6 519, экономически нецелесообразно, так как потребуются расходы на строительство здания депо, приобретение пожарной техники и оборудования, а также содержание 24 человек личного состава (минимум).

В 2009 году Постановлением Правительства Республики Казахстан принят новый Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности» [18], один из пунктов требований 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 мин, а для населенного пункта – не более 20 мин», что также существенно влияет на организацию ПСП в населенных пунктах, однако данные нормативы не имеют научного обоснования.

Таким образом, нормирование радиуса выезда изменилось на нормирование временной характеристики. Данные временные параметры были переняты у зарубежных стран (таблица 1.5).

Таблица 1.5 –Зарубежные нормативы по организации ПСП

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 кв. км.
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 минут
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 кв. км.

Окончание таблицы 1.5

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	–
Швеция	Максимальное время прибытия в 10, 20 или 30 мин рекомендовано для наиболее опасных, опасных и менее опасных районов (городских и сельских)	–
Чехия	Профессиональные пожарные должны выехать по сигналу тревоги не позднее, чем через 2 мин, добровольные – 10 мин. Профессиональные пожарные должны прибывать к месту вызова за 15–20 мин	Время прибытия подразделения включает: – время, необходимое для выезда подразделения после объявления тревоги от 2 до 10 мин; – время езды до данного кадастра населенного пункта из места дислокации подразделения
Эстония	Максимальное время прибытия в городах – 6 мин, в сельской местности – 15 мин	–

Из таблицы видно, что указанные нормативы в западных странах учитывают наличие качественного покрытия автомобильных дорог, высокую культуру вождения автотранспортных средств, всегда уступающих дорогу пожарным автомобилям, а также небольшие расстояния между городскими и сельскими населенными пунктами.

Очевидно, что такой подход к размещению сил и средств ПСП в современных условиях жизни города не всегда приемлем. В связи с этим необходимо провести оценку возможностей оперативного реагирования ПСП города при крупных пожарах и ЧС на основе имитационного моделирования процесса функционирования объектовых и городских ПСП.

1.5 Анализ оперативной обстановки с пожарами

Под оперативной (пожарной) обстановкой в городе в данной исследовательской работе будем понимать сложившийся в нем в тот или иной период (момент) времени комплекс условий, способствующих или препятствующих возникновению, развитию и ликвидации пожаров (и иных деструктивных ситуаций, в ликвидации последствий которых должны принимать участие ПСП) и определяющих возможные масштабы их социально-экономических последствий [19].

Обстановка с пожарами остается достаточно напряженной, оказывая существенное влияние на качество жизни. Так, по официальным статистическим данным, проведенный анализ произошедших пожаров и ЧС показал, что за период с 2005 по 2015 гг. ПСП совершили более 31 788 тыс. выездов по тревоге, из которых 7 943 случаев приходится на бытовые и производственные пожары, на ликвидацию загораний – 22 944 выездов и 901 выезд на аварийно-спасательные работы и ложные вызовы (рисунок 1.6).

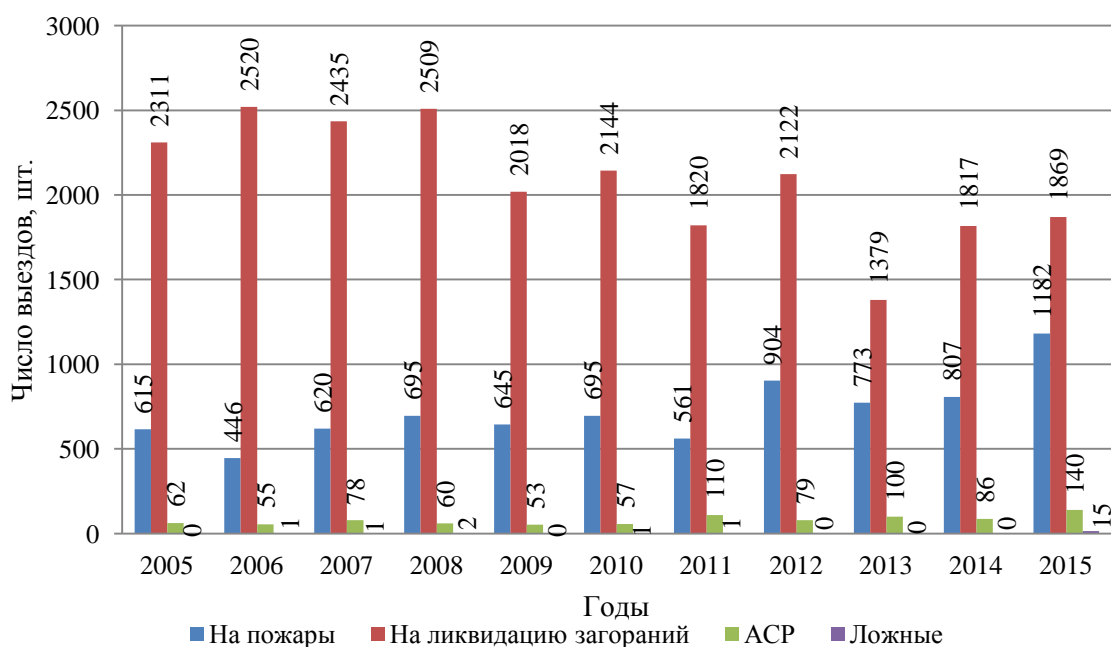


Рисунок 1.6 – Динамика общего числа пожаров, произошедших в Астане 2005–2015 гг.

На рисунке 1.7 показано, что число пожаров за указанный период монотонно возрастает, это связано с ростом населения города и его территории, т. е. ситуация с пожарами непрерывно ухудшается.

На рисунке 1.8 показано, что 76,3 % всех пожаров происходит в зданиях, при этом 56 % пожаров жилом секторе, на объекты транспорта приходится 21,2 % всех пожаров в городе.

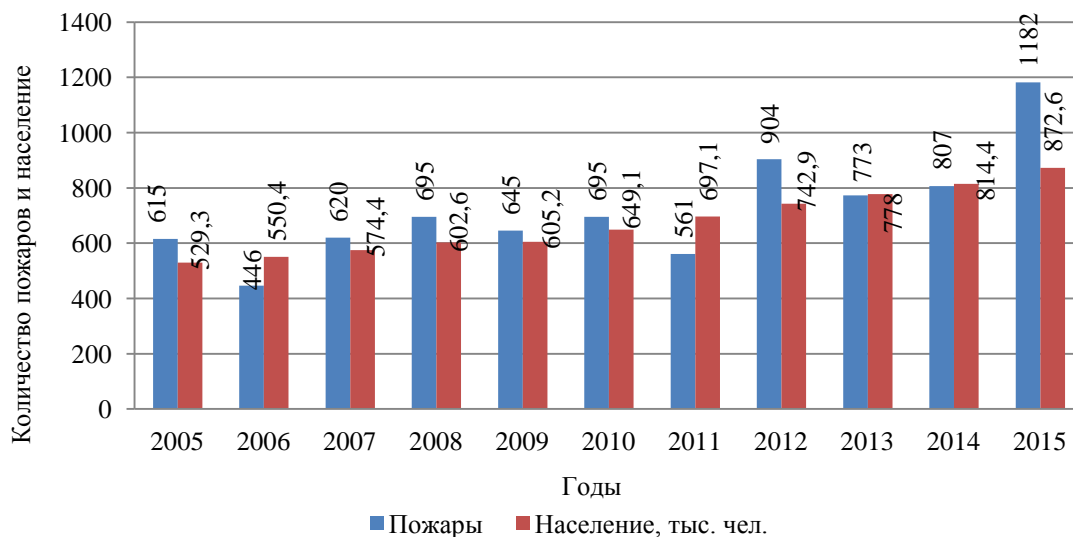


Рисунок 1.7 – Соотношение количества населения и количества пожаров за 2005–2015 гг.

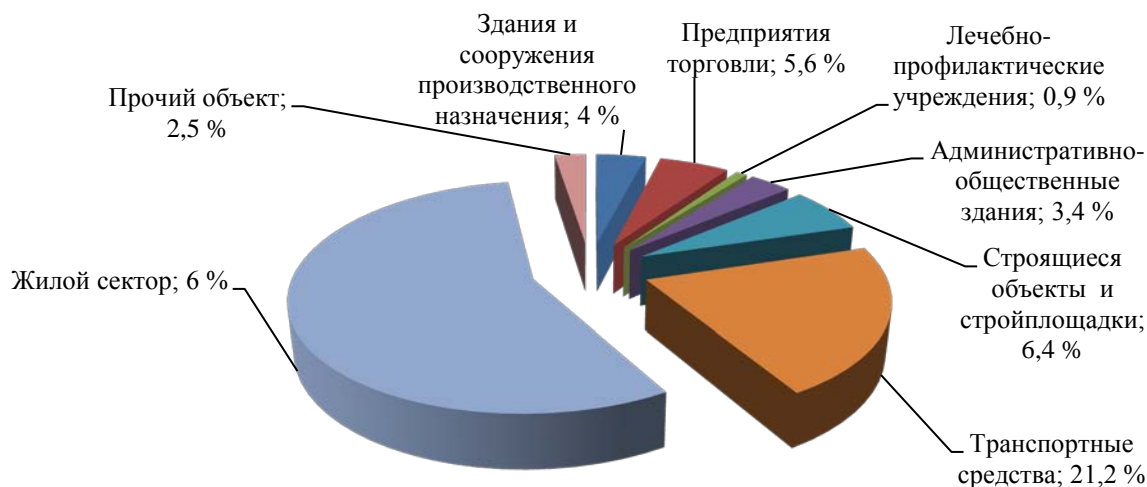


Рисунок 1.8 – Объекты возникновения пожаров

В течение всего рассматриваемого периода на пожарах погибло 261 человек и травмировано 529 человек. На основании данных, изображенных на рисунке 1.9, видно, что наблюдается рост числа травмированных людей при пожарах, а число погибших колеблется в пределах 25–30 человек в год.

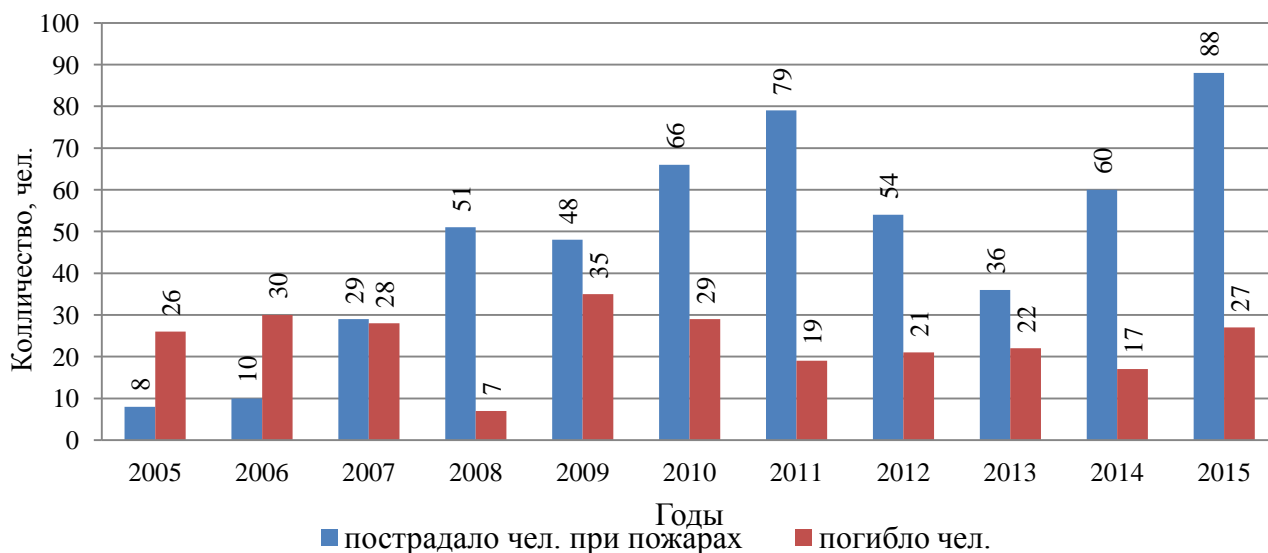


Рисунок 1.9 – Динамика числа погибших и пострадавших людей на пожарах, произошедших в Астане за 2005–2015 гг.

Материальные потери за аналогичный период в результате пожаров составили 2063,8 млн тенге. Наибольший прямой материальный ущерб от пожаров приходится на 2005, 2006 и 2012 годы (рисунок 1.10).

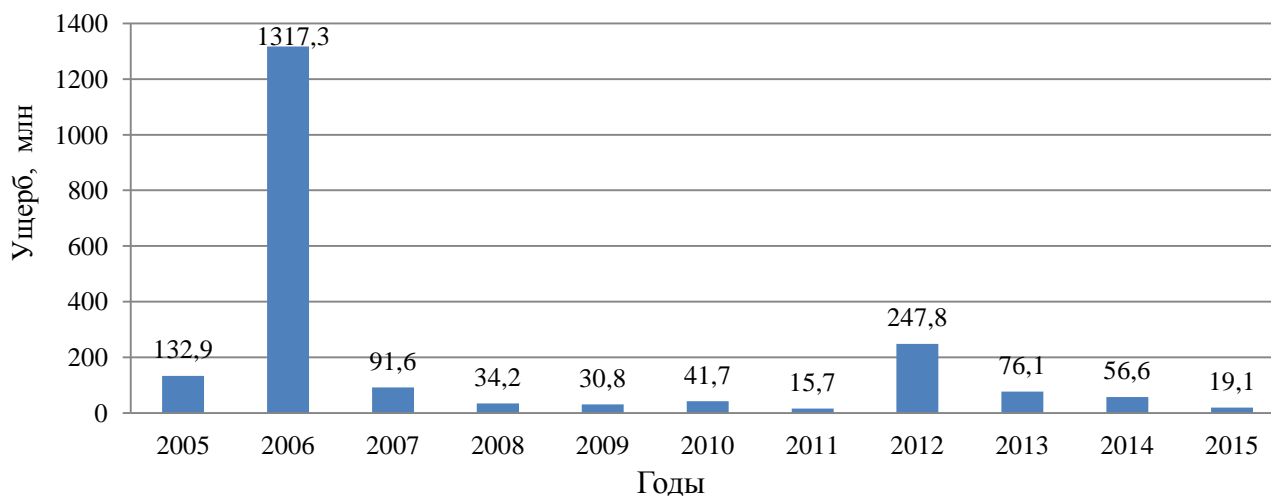


Рисунок 1.10 – Динамика прямого материального ущерба от пожаров, произошедших в Астане за 2005–2015 гг.

Пожары возникают по различным причинам – это могут быть факторы социального характера, техногенного или природного. 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; к *социальным причинам* пожаров – поджоги, неосторожное обращение с огнем, шалость детей с огнем, нарушение правил пожарной безопасности др.

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 [20].

Распределение пожаров по причинам, обусловленных действием трех вышеописанных факторов, представлены в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Распределение пожаров и их последствий по причинам возникновения в Астане за 2005–2015 гг.

Причины пожара	Всего	% от общего числа пожаров	Фактор
Установленные поджоги	265	3,5	Социальный
Нарушение правил монтажа и технической эксплуатации электрооборудования	3040	39,8	Социальный Техногенный
Нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации бытовых электроприборов	316	4,2	Социальный Техногенный
Нарушение правил пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации печей	1260	16,5	Социальный Техногенный
Нарушение правил пожарной безопасности при производстве электросварочных и других огневых работ	163	2,1	Социальный Техногенный
Неосторожное обращение с огнем	1879	24,6	Социальный
Шалость детей с огнем	66	0,8	Социальный
Прочие причины	642	8,5	Социальный Техногенный
Итого:	7631	100	

Из таблицы 1.6 видно, что 90 % от всех пожаров за 2005–2015 гг. возникли по причине «человеческого фактора» (социальный фактор) [21]. Из представленных данных можно сделать вывод, что около 29 % пожаров возникло из-за неосторожного обращения с огнем. Остальные в сумме 71 % произошедших пожаров возникают из-за нарушений правил пожарной безопасности, т. е. низкой культуре пожарной безопасности населения города.

При анализе времени прибытия первого пожарного подразделения на пожары было установлено, что в последние 3 года идет увеличение доли пожаров с временем прибытия более 10 мин, т. е. в среднем 22 % выездов на

пожары не укладываются в нормативное время прибытия (рисунок 1.11) [22, 23].

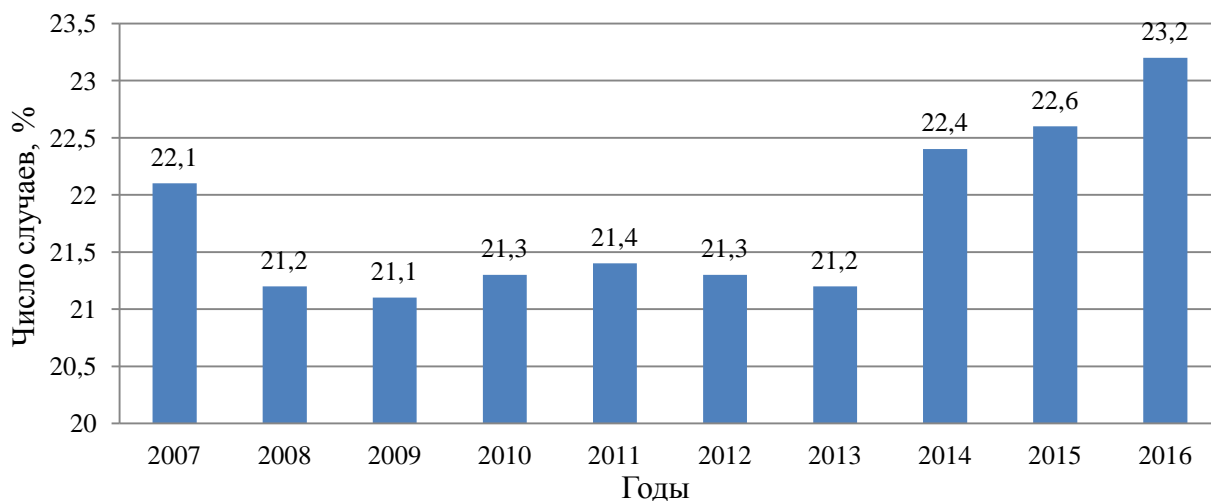


Рисунок 1.11 – Динамика доли выездов ПСП со временем прибытия более 10 мин

Очевидно, что это связано со многими причинами, однако основными из них является недостаточное число пожарных депо для существующей территории города.

1.6 Анализ существующих методов и моделей для управления пожарными подразделениями

На протяжении последних десятилетий началось широкое применение мощных ЭВМ и использованием методов теории массового обслуживания, математического программирования, имитационного моделирования в управлении ПСП. С помощью этого научного инструментария, используемого для предупреждения и ликвидации последствий всех видов ЧС, порожденных различными видами опасностей, человечество стало создавать специальные способы, средства, методы, а также разнообразные специализированные организации с достаточно сложной структурой [21]. Ведущую роль в исследованиях в этой области занимает Академия ГПС МЧС России.

В работе [24] вводится понятие противопожарной защиты города как сложной системы, исследованы основные направления совершенствования деятельности ПСП, большое внимание уделено разработке математических

моделей функционирования пожарных частей в городах, использования основной и специальной техники.

В работах [25–38] приведены результаты исследования закономерностей ПСП. Исследованы потоки вызовов оперативных подразделений, показано, что потоки вызовов хорошо описываются Пуассоновским распределением, а временные характеристики процесса функционирования ПСП распределением Эрланга соответствующего порядка. Рассмотрен подход к расчету пожарных депо, и имитационных моделей деятельности ПСГ в городах.

В работе [39] впервые рассмотрено понятие противопожарной защиты города как объекта градостроительного проектирования. Определены ее основные принципы, задачи, и этапы проектирования, а также выявлены общие закономерности и тенденции изменения параметров, характеризующих объем работы системы и разработаны методы их прогнозирования. Разработаны методы определения необходимого количества элементов системы и их размещения в крупнейших городах на основе технологий имитационного моделирования.

Работа [40] посвящена исследованию процессов функционирования различных АСС, и определению основных закономерностей присущих этим процессам. Разработаны оригинальные методы и алгоритмы моделирования и программирования событий и процессов в имитационных моделях, создана компьютерная система для обработки и анализа параметров процесса функционирования ЭАСС, а также методологические основы применения КИС для исследования, экспертизы деятельности и проектирования АСС, в том числе, и как систем автоматизированного проектирования и стратегического управления ими.

В диссертационной работе [41] рассматривается впервые в мировой практике разработка КИС, моделирующая динамические процессы оперативной деятельности городских ПСП, временные и пространственные распределения поступающих вызовов, а также для использования в качестве научного средства прогнозирования последствий возможных управленческих решений и тренажера.

Диссертационная работа [42] отражает совершенствование организации и управления оперативной деятельностью ПСГ города Москвы на основе применения технологий имитационного моделирования. Впервые был проведен детальный анализ динамики развития пожарной охраны Москвы за 200 лет и анализ пожарных рисков за последние 130 лет ее существования. Исследованы основные параметры оперативной обстановки с пожарами, процессы функционирования ПСП Москвы и определены основные закономерности, присущие этим процессам.

В работе [43] проведено детальное исследование всех сторон процесса функционирования многофункциональной пожарно-спасательной службы крупнейшего города Берлина, выполняющей функции пожаротушения, оказания медицинской и технической помощи. В результате исследования найдены математико-статистические закономерности этого процесса, в частности, распределения вызовов всех типов по пространству, зависимости времени занятости подразделений разных типов от времени их следования к месту вызова. Исследована чувствительность имитационной модели к изменениям различных параметров оперативно-тактической деятельности позволяющей предвидеть результаты тех или иных управленческих решений при реорганизации пожарно-спасательной службы города.

Работа [44] посвящена проектированию гарнизонов пожарной охраны на основе технологий имитационного моделирования. В работе определен алгоритм, позволяющий систематизировать исследование параметров оперативной обстановки с пожарами и их динамики на территории субъекта РФ. Разработаны алгоритмы для расчета необходимого количества сил и средств ППС для различных категорий населенных пунктов.

Дополняют эти работы публикации [45–48], где авторы решили актуальную научно-техническую проблему обоснования и проектирования важнейшей подсистемы инфраструктуры современных городов – комплекса ЭАСС, обеспечивающих устойчивую и безопасную жизнедеятельность любого города. Приведены результаты разработки, и масштабы реализации

КИС КОСМАС и автоматизированной информационной системы СТРЕС как подсистемы информационного обеспечения системы КОСМАС.

В статье [49] рассматриваются вопросы применения компьютерных технологий для реорганизации ПСГ города Санкт-Петербурга.

На основании вышеизложенного можно сказать, что проблема разработки информационно-аналитических систем моделирования деятельности и обоснования ресурсной потребности подразделений экстренных служб продолжает быть актуальной. Представленные работы убедительно свидетельствуют о том, что имитационное моделирование играет важную роль в исследовании процесса функционирования ПСГ, а главное могут являться необходимым инструментарием для оценки его оперативной деятельности.

Выводы по главе 1

Для развивающегося современного города характерно увеличение численности населения и вместе с ним количества ДС с негативными последствиями. Учитывая, что столица – это город, где сосредоточен огромный потенциал для экономического развития страны возникает необходимость научно-обоснованного решения проблем, связанных с обеспечением противопожарной защиты города и его объектов.

Для достижения цели исследований решены следующие задачи:

1. Проведен анализ характеристик города, а также противопожарной защиты его объектов (ЭКСПО – 2017).
2. Проведен анализ существующих сил и средств по защите города и его объектов, места дислокации пожарных депо и ресурсная оснащенность подразделений ПСГ.
3. Исследованы статистические данные о пожарах и последствиях за 2005–2015 гг.

4. Проведен анализ диссертационных исследований и публикаций существующих методов и моделей предназначенных по оперативному и стратегическому управлению городов.

ГЛАВА 2

АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА

2.1 Анализ и динамика основных территориальных пожарных рисков в Астане

Безопасность людей является одним из важнейших приоритетных направлений в любом развивающемся городе наряду с другими потребностями. Эта общенаучная категория выступает интегральной формой выражения жизнеспособности и жизнестойкости различных объектов конкретного мира во внутренней и внешней политике, обороне, экономике, экологии, социальной политике, здоровье народа, информатике, технологии [50]. Ежедневно население города сталкивается с различными ДС (дорожно-транспортные происшествия, пожары, взрывы и т. д.) последствия которых оставляют свой негативный след в жизни людей. Из этого следует, что пожарная опасность является одной из реально серьезных угроз современной цивилизации.

При анализе проблемы безопасности любого объекта рассматриваются два основных понятия – опасность и безопасность. При этом под пожарной опасностью понимают опасность возникновения и развития неуправляемого процесса горения (пожара), приносящего вред обществу, окружающей среде, объекту защиты [51].

Любая опасность носит, как правило, потенциальный характер и в реальности проявляется далеко не всегда. В течение последних десятилетий интенсивно развивается для оценки и анализа многих аспектов безопасности сложных систем (технических, социальных, экономических, экологических), а также в области обеспечения безопасности населения от ЧС природного и техногенного характера теория риска. До второй половины XX века риски рассматривались в основном только в области экономической теории: проблемы страхования, инвестирования капитала, анализа валютных операций, стратегии развития бизнеса и т. д.

Исследования проблем риска в Республике Казахстан начали развиваться в 2000-х годах. В это же время началась разработка законодательных и нормативных документов в области промышленной, радиационной и экологической безопасности, широко использующие идеи анализа и управления риском. В области пожарной безопасности данное понятие вышло в свет в 2009 году в техническом регламенте [18].

В законе Республики Казахстан «О техническом регулировании» [52] дается следующее определение понятия «риск»: вероятность причинения вреда жизни или здоровью человека, окружающей среде, в том числе растительному и животному миру, с учетом степени тяжести его последствий.

В постановлении Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Правил отнесения видов экономической деятельности к классам профессионального риска» [53] установлены 22 класса профессионального риска.

Показатель профессионального риска по определенному виду экономической деятельности определяется как отношение величины годовой суммы начисленных выплат на возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых (служебных) обязанностей (в том числе выплаты в случае травмы, профессионального заболевания, смерти).

Различные области деятельности могут формировать свой понятийный аппарат и классификацию рисков. Так, в соответствии с техническим регламентом [18] «пожарный риск» – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.

Исходя из социально-экономических условий, выделяют следующие виды пожарного риска:

- индивидуальный;
- социальный.

Индивидуальный пожарный риск (риск гибели человека при пожаре) – количественная характеристика возможности гибели отдельного человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Социальный пожарный риск (риск групповой гибели людей при пожаре) – количественная характеристика возможности гибели десяти и более человек в результате воздействия опасных факторов пожара.

Большой интерес представляет оценка уровня комплексной безопасности таких сложных социально-экономических систем, как город, район, область и республика в целом. Специалистами Академии ГПС МЧС России (Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко и др.) была разработана система интегральных рисков, вследствие чего привычные понятия, например, индивидуальные и социальные риски, приобрели новые смысловые значения, где неоднократно уточнялись и конкретизировались в работах [54–63].

Для более ясной картины обстановки с пожарами в Астане автор настоящего исследования использовал теорию интегральных (территориальных) пожарных рисков. К основным интегральным пожарным рискам (далее пожарным рискам) можно относить следующие:

– риск R_1 для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах

$$\left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right];$$

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

Здесь единица измерения имеет вид $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожар}} \right];$

– риск R_3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени

$$\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right] [46].$$

Пожарные риски, во-первых, характеризуют возможность реализации пожарной опасности в виде пожара и, во-вторых, содержат оценки его возможных последствий.

Для того чтобы получить информацию об уровне пожарной опасности в стране, важно знать о том, какая обстановка с пожарами в городе. С этой целью автор настоящего исследования произвел расчет текущих пожарных рисков в Астане за 2015 год. Согласно официальным данным, в городе проживало 872,6 тыс. человек, за аналогичный период произошло 1 182 пожаров, на которых погибло 27 человек.

Следовательно, расчеты пожарных рисков выглядят следующим образом:

$$R_1^{2015} = \frac{1182}{872600} = 1,3 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right];$$

$$R_2^{2015} = \frac{27}{1182} = 2,28 \cdot 10^{-2} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожар}} \right];$$

$$R_3^{2015} = \frac{27}{872600} = 3,09 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right].$$

Из расчетов видно, что на каждую 1000 человек приходится 1,3 пожара, при каждых 100 пожарах погибших приходится 2,28 человека, а на каждые 100 тыс. человек пришлось 3,09 погибших в год.

Результаты предыдущих расчетов позволяют провести сравнительный анализ уровня пожарной опасности Республики Казахстан в целом за аналогичный период, используя средние значения основных пожарных рисков. За данный период в республике количество населения составило 17,5 млн человек, произошло 14 452 пожара, при этом погибло 386 человек.

Таким образом,

– риск R_1 для жителя Казахстана столкнуться с пожаром равен

$$R_1^{2015} = \frac{14452}{17498500} = 0,82 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right];$$

– риск R_2 погибнуть при пожаре равен

$$R_2^{2015} = \frac{386}{14452} = 2,67 \cdot 10^{-2} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожар}} \right];$$

– риск R_3 для человека погибнуть от пожара составил

$$R_3^{2015} = \frac{386}{17498500} = 2,20 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.} \cdot \text{год}} \right].$$

Получив расчеты, можно увидеть, что в Астане значения R_1 и R_3 выше, чем средний по республике, а значение R_2 находится на одном уровне.

В таблице 2.1 представлены результаты расчетов пожарных рисков в Астане за 2005–2015 гг. Для более наглядной картины динамика пожарных рисков показана на рисунках 2.1–2.3.

Таблица 2.1 – Пожарные риски в Астане за 2005–2015 гг.

Пожарные риски	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$R_1 \cdot 10^3$	1,16	0,81	1,08	1,15	1,06	1,07	0,8	1,22	0,99	0,99	1,3
$R_2 \cdot 10^2$	4,23	6,73	4,51	1,0	5,43	9,8	3,39	2,32	2,84	2,10	2,28
$R_3 \cdot 10^5$	4,91	5,45	4,9	1,16	5,78	4,46	2,72	2,82	2,82	2,09	3,09

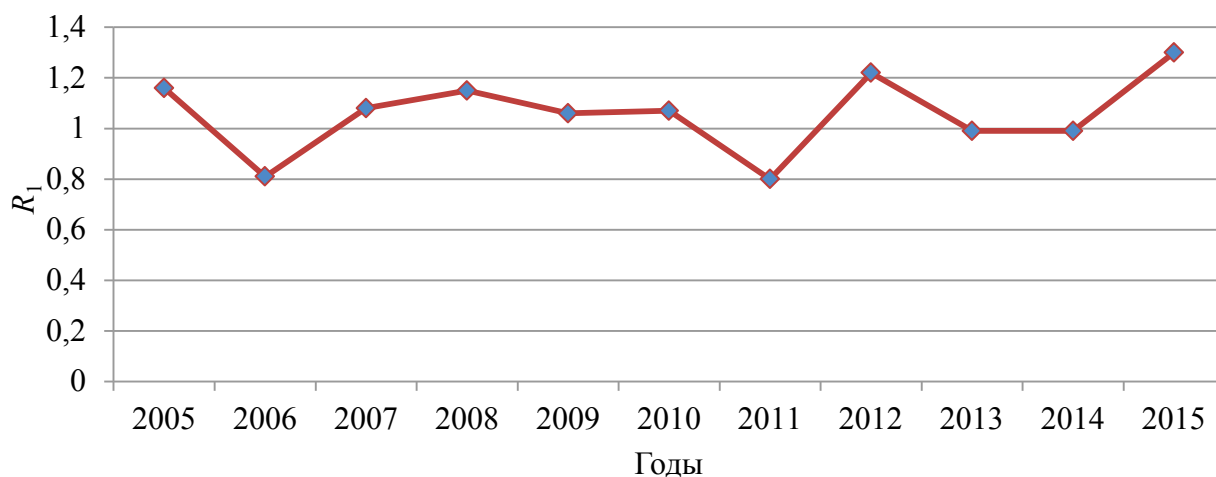


Рисунок 2.1 – Динамика риска R_1

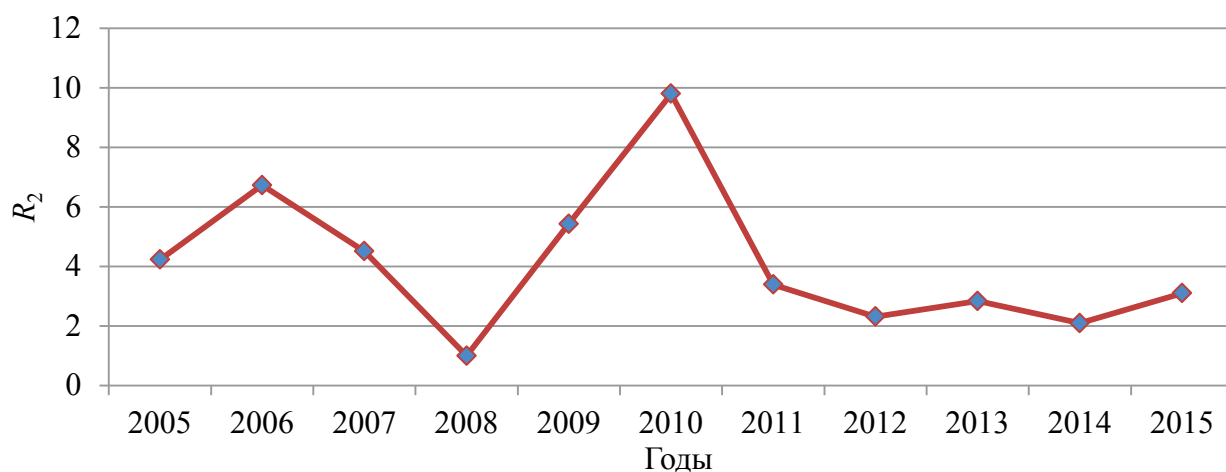
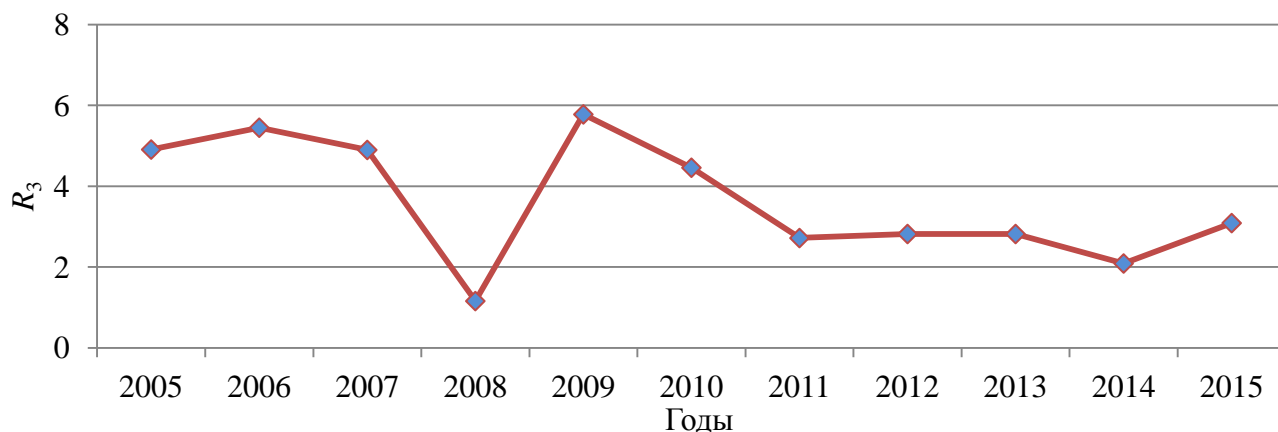


Рисунок 2.2 – Динамика риска R_2

Рисунок 2.3 – Динамика риска R_3

Соответственно, динамика основных пожарных рисков в Астане за 2005–2015 гг. выглядит следующим образом: риск R_1 держится на уровне (с 0,8 до 1,22 пожара на 1000 чел.), а в 2015 г. достигает самого высокого показателя 1,3. Риск R_2 в 2010 г. вырос (до 9,8 жертв на 100 пожаров), в последние годы данный показатель постепенно убывает. Риск R_3 держится на уровне (с 2,72 до 3,09 жертв на 100 000 чел. в год).

Для сравнения динамики пожарных рисков автора настоящего исследования проанализировал пожарную ситуацию в 2012 году для 7 городов мира (таблица 2.2). Согласно данным Центра пожарной статистики СТИФ [64], на 1 тыс. жителей городов мира в среднем приходится 1,4 пожара.

Таблица 2.2 – Основные пожарные риски в городах мира в 2012 г.

№ п/п	Наименование города	Пожарные риски		
		$R_1 \cdot 10^3$	$R_2 \cdot 10^2$	$R_3 \cdot 10^5$
1	Москва	0,6	2,9	1,8
2	Минск	2,1	1	2,1
3	Бухарест	1	0,7	0,7
4	Будапешт	2,1	0,5	1
5	Алматы	0,7	1,9	1,3
6	Астана	1,2	2,3	2,8
7	Рига	4	0,5	1,9
	Итого	1,7	1,4	1,7

Анализируя таблицу 2.2, можно заметить, что в 2012 году в рассматриваемых городах в среднем на 1000 человек приходилось 1,7 пожара, при каждом 100 пожарах погибло 1,4 человека, а из каждых 100 тыс. человек

погибло 1,7 при пожаре. Из приведенных данных можно сделать вывод, что Астана на этом фоне с пожарами резко выделяется – гибелью людей. Таким образом, по итогам анализа территориальных пожарных рисков установлен объективный уровень пожарной опасности в городе, который показал, что для защиты населения необходимо усилить профилактическую работу среди населения путем расширения методов противопожарной пропаганды и провести работы по дополнительному строительству пожарных депо [65].

2.2 Анализ деятельности пожарно-спасательного гарнизона города

Под оперативной деятельностью понимается процесс функционирования ПСГ города, призванной оперативно реагировать на различные ЧС, аварии, пожары, загорания и тому подобные явления [66].

Рассмотрим детально объем работы ПСП за 2014 год на территории всей страны.

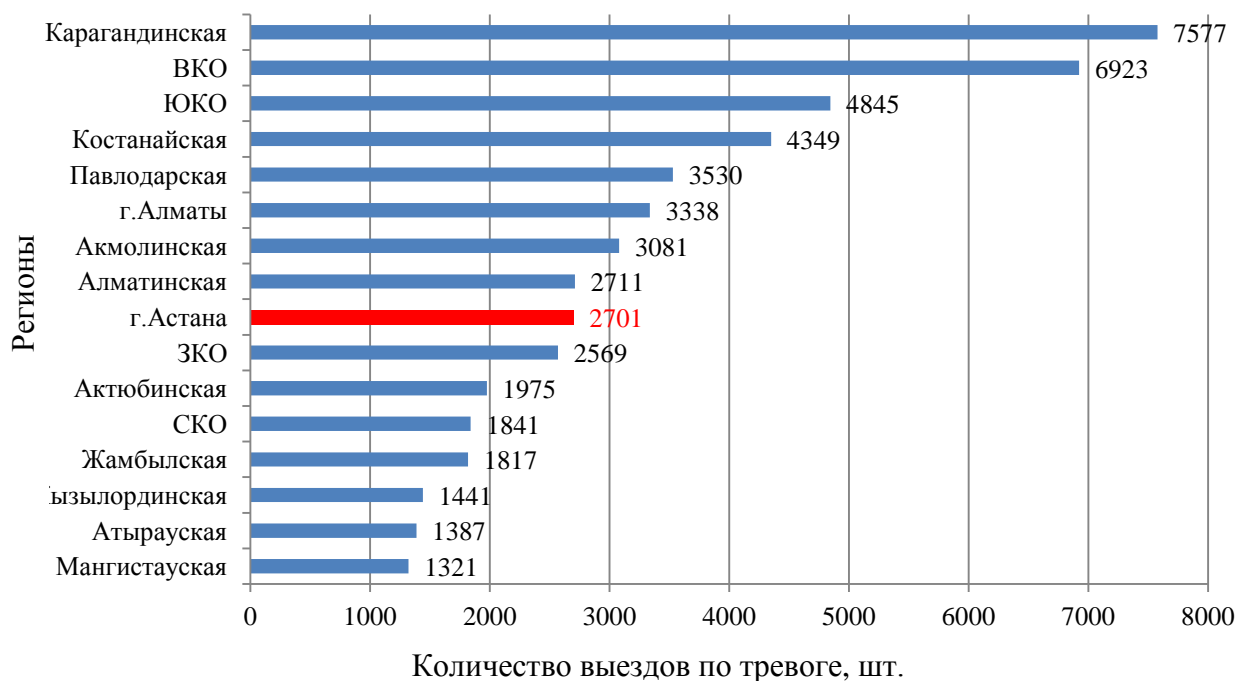


Рисунок 2.4 – Динамика общего числа выездов ПСП в Республике Казахстан в 2014 г.

Из рисунка 2.4 видно, что ПСП за 2014 год совершили 51 406 выездов по тревоге. Наибольшее число выездов приходится на Карагандинскую и Восточно-Казахстанскую области с численностью населения свыше

1,3 млн человек [67]. Для одного города Астана (при численности населения 880,3 тыс. человек) общее число выездов оперативных подразделений выше, чем в некоторых областях (включая областные центры и сельские районы), которые по площади и количеству населения превышают ее во много раз.

Распределение количества выездов ПСГ по объектам возникновения ЧС в 2015 году приведены на рисунке 2.5. Из рисунка видно, что 60,2 % выездов в исследуемом городе совершались на объекты жилого сектора, где пожарная безопасность находится на не высоком уровне.

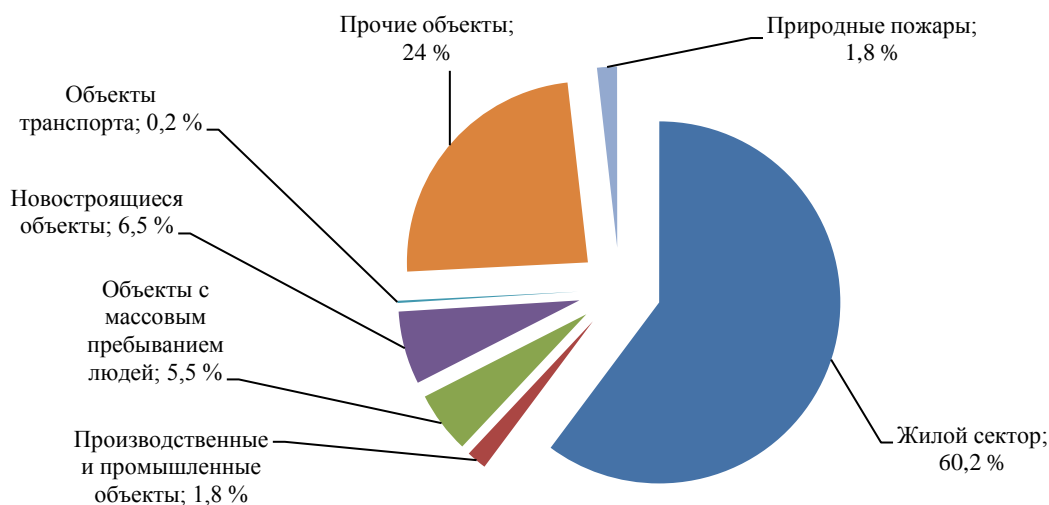


Рисунок 2.5 – Распределение количества выездов оперативных подразделений по объектам возникновения чрезвычайных ситуаций за 2015 г.

Нередко при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ приходится привлекать добровольные пожарные формирования и взаимодействовать с другими ведомствами и службами (рисунок 2.6). Так, например в 2015 году в соответствии с планом взаимодействия, исходя из сложной обстановки, привлекались вспомогательные службы в 636 случаях. Из них в 196 случаях (31 %) для беспрепятственного передвижения пожарной техники, охраны материальных ценностей, опознания погибших и др. действий была привлечена полиция, в 167 случаях (26 %) задействованы кооперативы собственников квартир, бригады скорой медицинской помощи в 184 случаях (29 %). В остальных случаях привлекались работники аварийных бригад городской электрической сети, городского водоканала, а также добровольные пожарные формирования (рисунок 2.7).

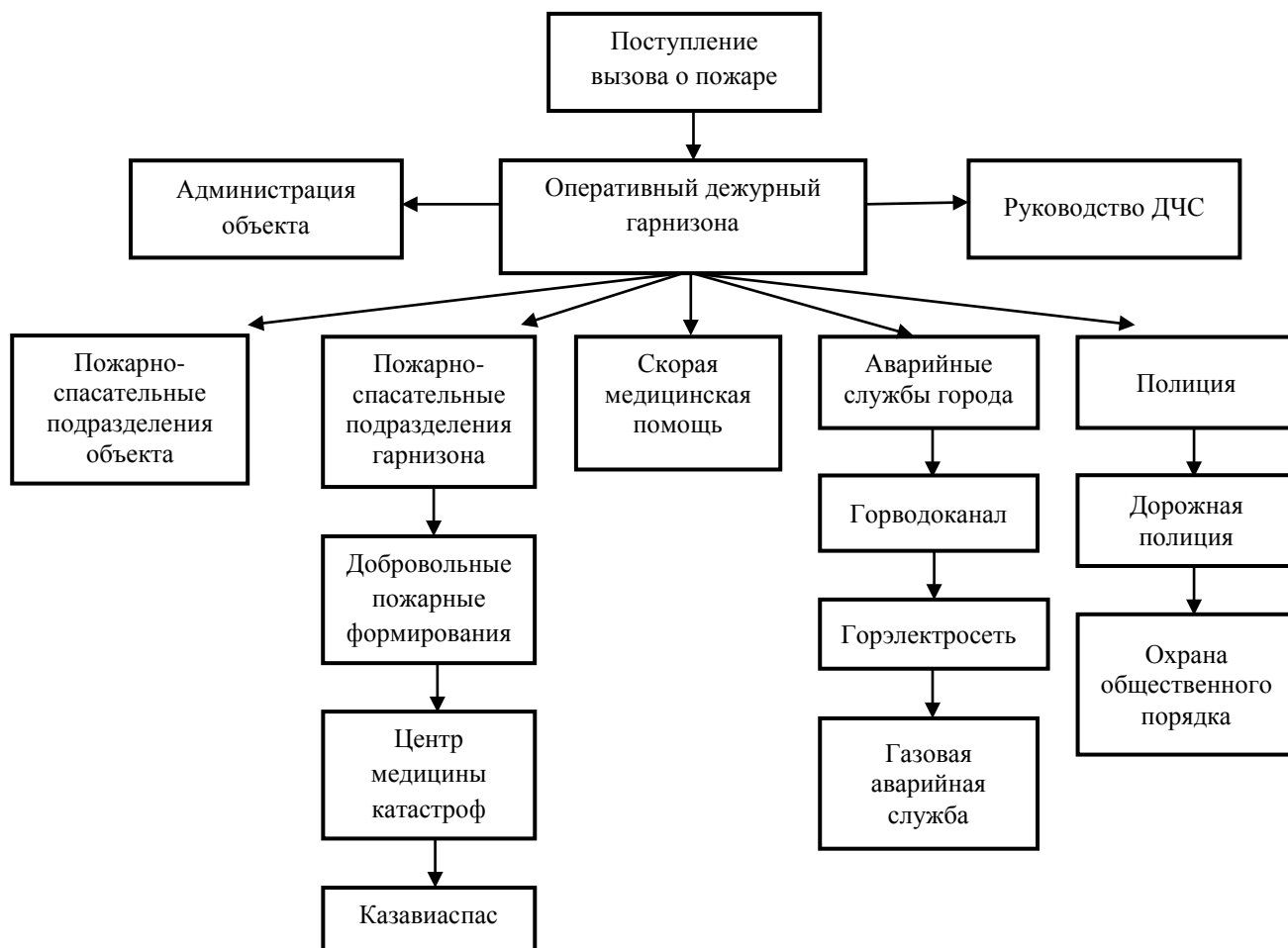


Рисунок 2.6 – Схема взаимодействия служб при ликвидации крупного пожара на объекте

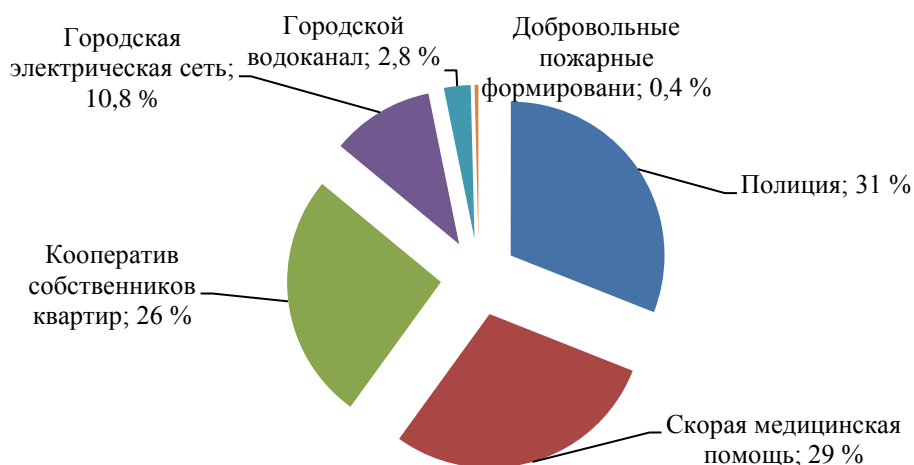


Рисунок 2.7 – Привлечение вспомогательных служб для ликвидации ЧС

Из рисунка 2.8 видно, что на ликвидацию небольших и средних пожаров в 84,2 % всех случаев высылаемая пожарная техника составляет не более 3 единиц, а на ликвидацию крупных пожаров, где требовалось более 5 единиц пожарной техники, эта цифра составляет 15,8 % всех случаев.

При этом в 57,7 % всех пожаров в исследуемом городе ликвидируются одним стволом от емкости автоцистерны, 17,6 % от емкости нескольких автоцистерн, 12,5 % с установкой автоцистерн на водоисточник и 12,2 % без подачи стволов (рисунок 2.9).

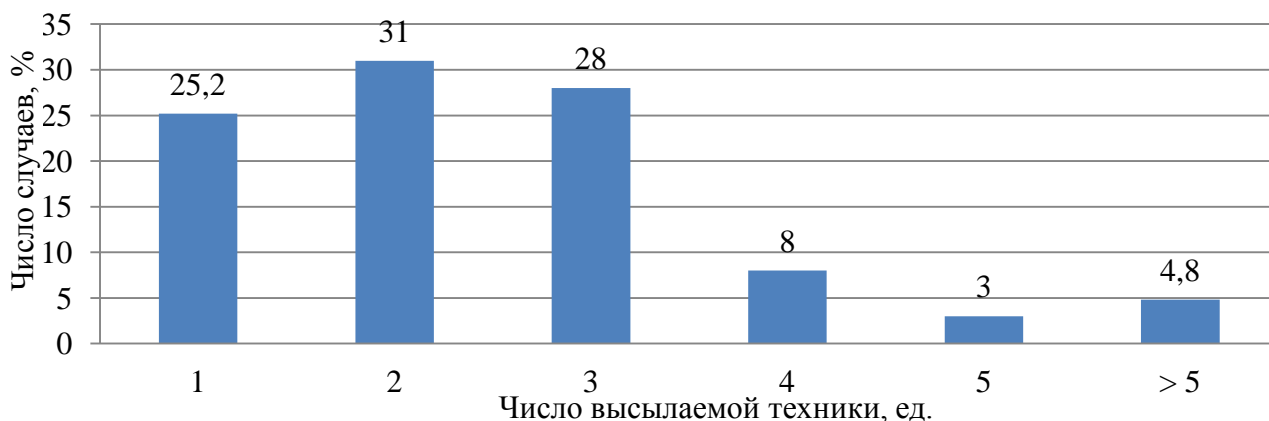


Рисунок 2.8 – Распределение числа высланной пожарной техники по вызовам в 2015 г.

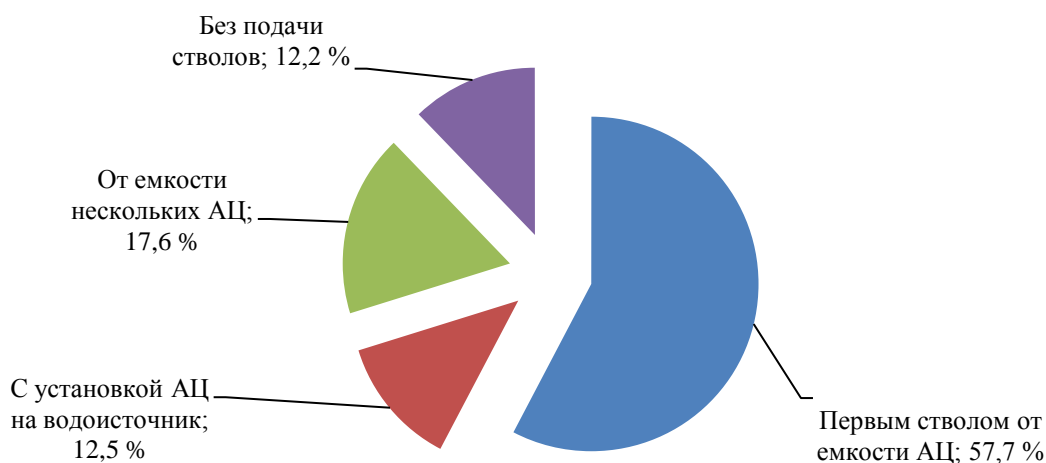


Рисунок 2.9 – Данные боевой работы оперативных подразделений

Следует обратить внимание на то, что в реальности число высланной по вызовам оперативных отделений может варьироваться в зависимости от складывающейся оперативной обстановки в городе, поэтому реальное распределение высланной техники по вызовам несколько отличается от заданного расписанием выездов. На рисунке 2.10 представлено распределение частоты по количеству единиц и типу пожарной техники, одновременно использовавшейся на вызовах в 2015 году.

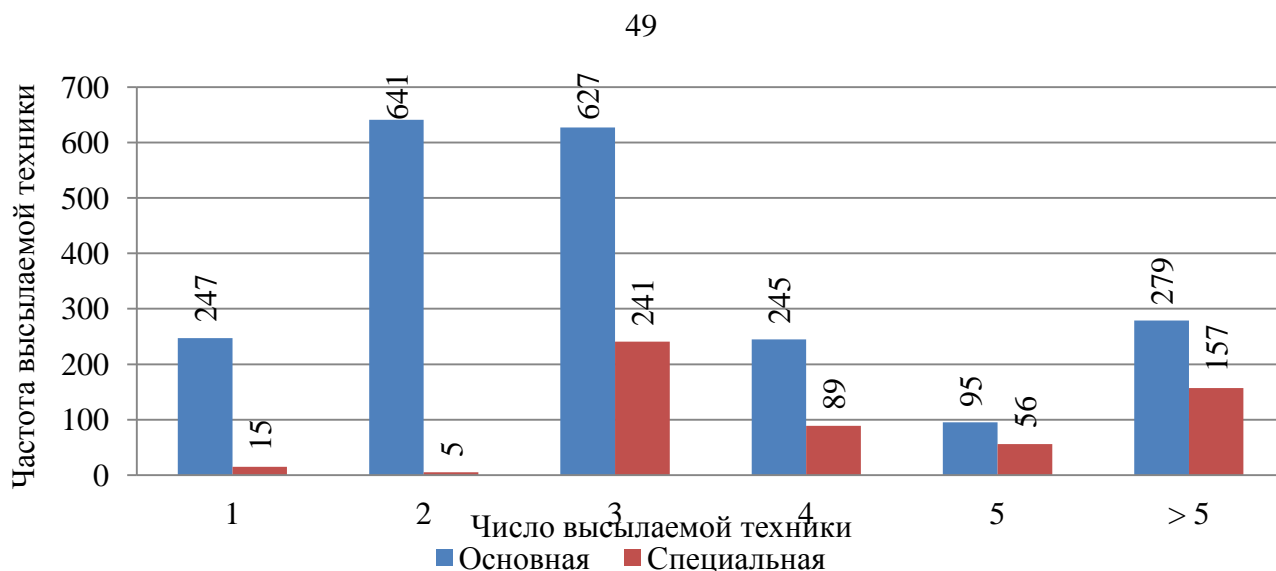


Рисунок 2.10 – Распределение частоты по количеству единиц и типу пожарной техники, одновременно использовавшейся на вызовах

Из рисунка видно что почти в 80 % всех случаев выезжает преимущественно техника основного назначения (автоцистерны). Это связано с пожарами в жилом секторе, где возникают проблемы с противопожарным водоснабжением и приходится привозить большое количество огнетушащих веществ. В остальных случаях высылалась специальная техника для выполнения разнообразных работ (спасания людей с высоты, разборку конструкций, освещения и т. д.). При этом спасено и эвакуировано 628 человек в том числе 10 детей. Из них в 80 % всех случаев проводилась эвакуация людей посредством организации самостоятельного выхода из опасной зоны, 12,7 % – выноса пострадавшего в безопасную зону, 2,7 % – с помощью подъемных устройств (автолестница, коленчатый подъемник), 0,6 % – спасение производилось с помощью запасной маски газодымозащитника и оказания пожарными доврачебной медицинской помощи пострадавшему (рисунок 2.11) [68, 69].

Исходя из анализа оперативной обстановки в городе и перспектив выполнения ПСП дополнительных функций следует ожидать увеличения в будущем числа вызовов пожарных подразделений, т. е. увеличения объема их работы.

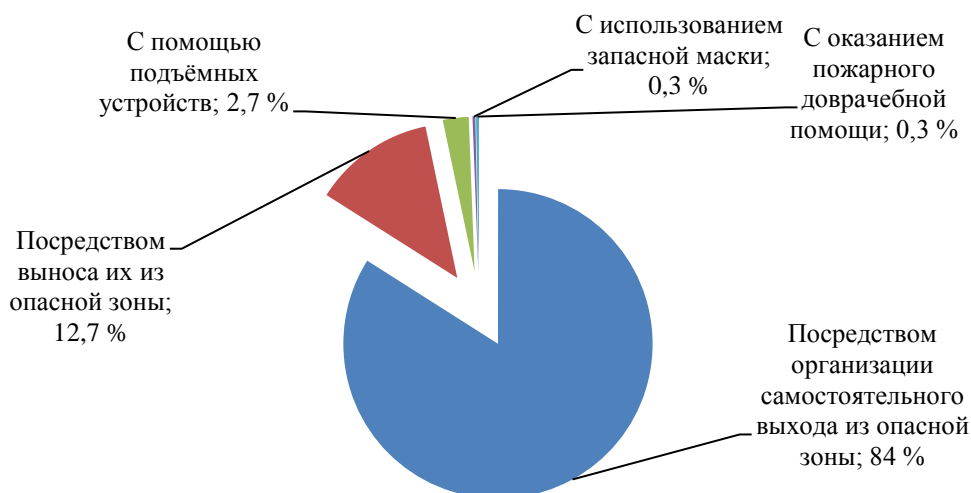


Рисунок 2.11 – Данные боевой работы пожарных по спасанию и эвакуации людей

Всё это впоследствии может привести к увеличению времени следования оперативных подразделений к месту вызова, если не принимать мер к наиболее рациональной организации и управлению ПСГ, связанных определением необходимого количества сил и средств службы (пожарных депо, техники, личного состава), рационального размещения их на территории города (в зависимости от изменения городских условий) и управления ими с помощью современных информационных технологий.

2.3 Анализ и моделирование вероятностного распределения числа вызовов пожарно-спасательного гарнизона

В силу ряда причин в любом населенном пункте случаются ДС пожары, взрывы газа, аварии, дорожно-транспортные происшествия, бытовые и производственные травмы, террористические акты, разгерметизация технологического оборудования, выбросы опасных ядовитых веществ в атмосферу в ликвидации которых должны принимать участие ПСП.

Последовательность возникновения ДС в данной исследовательской работе автор предлагает называть плотностью потока ДС. Поток ДС формирует сложный процесс, сопутствующий жизни в любом населенном пункте и нуждается с позиций управления безопасностью в изучении, прогнозировании,

а значит – в моделировании, чтобы максимально ослабить его негативные последствия.

Любое ДС имеет непредсказуемый характер, невозможно предугадать ни время и место его возникновения, набор требуемой основной и специальной пожарной техники, численности личного состава, продолжительность ликвидации его последствий, погодные условия в связи, с чем моделирование этого процесса требуют применения вероятностно-статистических методов.

Для определения теоретической вероятности того, что за время τ произойдет k выездов пожарных подразделений используем распределение Пуассона:

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda \tau)^k}{k!} e^{-\lambda \tau} \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (2.1)$$

где λ – плотность потока вызовов, т. е. среднее число вызовов, поступающих за единицу времени τ .

Для анализа потока вызовов ПСП города был взят реальный поток, зафиксированный в диспетчерском журнале за 6 месяцев: за данный период ПСП выезжали 426 раз на тушение пожаров при плотности потока вызовов $\lambda = 2,35$ вызова/сутки. Результаты расчетов представлены на рисунке 2.12. и таблице 2.3.

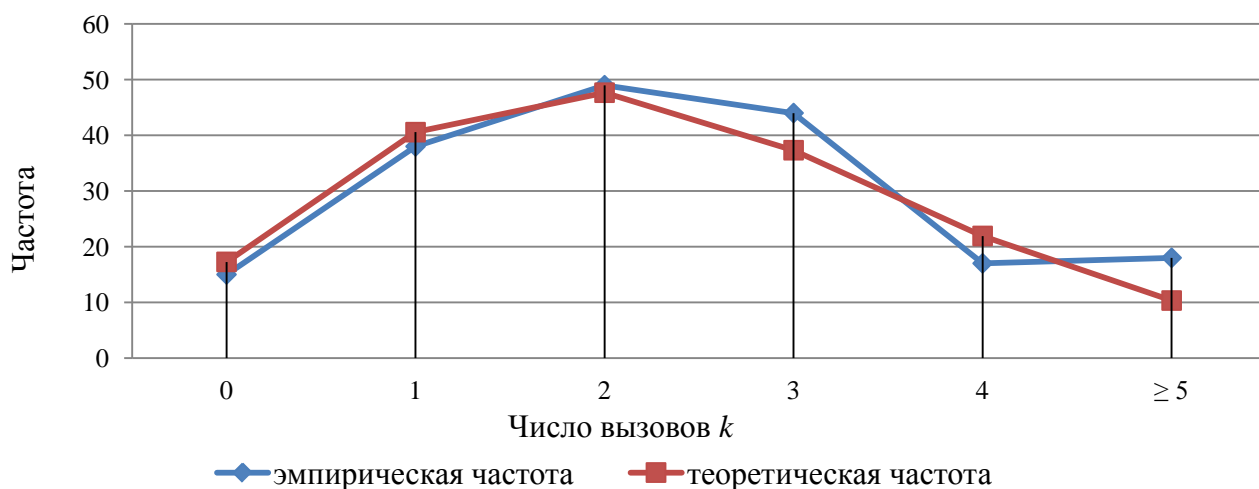


Рисунок 2.12 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов ПСП города Астана за 6 месяцев в 2015 г.

Из рисунка 2.12 видно, что полученные эмпирическое и теоретическое распределения имеют сходный характер, это позволяет сделать вывод, что потоки ДС являются стационарными.

Таблица 2.3 – Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов ПСГ города Астана за 6 месяцев 2015 г.

Месяц		Число выездов в сутки						Число суток	λ	R
		0	1	2	3	4	≥ 5			
Январь	Эмпир.	15	38	49	44	17	18	181	2,35	1,59
-июнь (6 мес.)	Теорет.	17,26	40,56	47,65	37,32	21,92	10,32			

Для проверки целесообразности статистической гипотезы и ответа на вопрос, можно ли считать расхождения между теоретическим и эмпирическим распределениями случайными или закономерным необходимо произвести расчет так называемого критерия согласия – критерия Романовского [19].

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{2(V-z-1)} \left| \sum_{k=1}^l \frac{(m_k - f_k)^2}{f_k} - (V-z-1) \right|}, \quad (2.2)$$

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

Если значение критерия Романовского $\rho < 3$, то расхождения можно считать не существенными (случайными), если $\rho \geq 3$ – существенными.

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{2(6-1-1)} \left| \frac{(15-17,26)^2}{17,26} + \frac{(38-40,56)^2}{40,56} + \frac{(49-47,65)^2}{47,65} + \frac{(44-37,32)^2}{37,32} + \frac{(17-21,92)^2}{21,92} + \frac{(18-10,32)^2}{10,32} - (6-1-1) \right|} = 1,59$$

Полученное значение $R = 1,59 < 3$, то согласие между эмпирическим и теоретическим распределениями следует признать удовлетворительным.

Таким образом, по результатам статистического исследования и моделирования вероятностного распределения числа вызовов ПСП города за 6 месяцев в 2015 году установлено, что в целом поток вызовов принимает стационарный вид и описывается законом распределения Пуассона, что

позволяет использовать известные математические модели в исследовании процессов функционирования ПСГ.

2.4 Анализ и моделирование времени занятости пожарно-спасательных подразделений обслуживанием вызовов

Интересным представляются временные характеристики процесса функционирования ПСГ. Одной из основной временной характеристикой процесса пожаротушения является время занятости на месте вызова.

После поступления в центр управления силами и средствами очередного вызова и передачи указаний на выезд по этому вызову пожарным частям начинается процесс обслуживания вызова ПСП. Данный процесс, протекающий во времени, имеет некоторые представляющий интерес для изучения характерные параметры функционирования оперативных отделений по обслуживанию вызовов.

Важнейшими параметрами среди них является время следования первого подразделения к месту вызова, время работы на вызове, возвращение в депо и постановка подразделения в боевой расчёт.

Данный интервал времени является суммой нескольких продолжительных промежутков времени:

- 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 вызовов. Эту величину необходимо знать, прежде всего, для

обоснования численности оперативных отделений ПСГ. В работе [19] дано подробное математическое описание этого процесса, мы лишь воспользуемся некоторыми положениями из этой работы.

На основании статистических данных за 2015 год в таблице 2.4 представлены сведения о времени занятости ПСП по выездам на ДС.

Таблица 2.4 – Распределение боевых выездов случайного характера по времени занятости подразделений 2015 г.

№ п/п	Интервал времени работы, ч.	Число случаев, ед.	Число случаев, %.
1	0,25	388	36,3
2	0,5	335	31,4
3	1,0	239	22,4
4	2,0	69	6,5
5	≥ 2,0	36	3,4

Из таблицы 2.4 видно, что в 91 % случаев ПСП ликвидировали ДС до 1 часа. Используя табличные данные, можно найти среднее время обслуживания одного вызова:

$$\bar{\tau}_{\text{обсл}} = \frac{388 \cdot 7,5 + 335 \cdot 22,5 + 239 \cdot 45 + 69 \cdot 90 + 36 \cdot 150}{1067} = 30,8 \text{ мин.}$$

Для описания вероятностного распределения случайной величины $\tau_{\text{обсл}}$ продолжительности времени занятости ПСП обслуживанием вызова с помощью показательного закона распределения необходимо определить значение параметра, предоставляющего собой интенсивность потока «освобождения» пожарных подразделений от обслуживания вызовов. Значение параметра μ оценивается по формуле

$$\mu = \frac{1}{\bar{\tau}_{\text{обсл}}} = \frac{1}{30,8} = 0,032. \quad (2.4)$$

Зная значение параметра μ и эмпирические данные, можно определить вероятность попадания значения случайной величины $\tau_{\text{обсл}}$ в тот или иной интервал времени по следующим формулам:

$$P\{\tau_{\text{обсл}} \geq \tau\} = e^{-\mu\tau}, \quad (2.5)$$

$$P\{\tau_{\text{обсл}} < \tau\} = 1 - e^{-\mu\tau}, \quad (2.6)$$

$$P\{\tau_1 \leq \tau_{\text{обсл}} < \tau_2\} = e^{-\mu\tau_1} - e^{-\mu\tau_2}, \quad (2.7)$$

Далее для каждого j -го интервала находится теоретическая частота f_j вызовов, длительность времени обслуживания, которые находятся в пределах границ j -го интервала по формуле:

$$f_j = NP_j \quad (2.8)$$

Результаты расчетов теоретического и эмпирического распределений представлены в таблице 2.5 и на рисунке 2.15.

Таблица 2.5 – Эмпирическое и теоретическое распределения длительности времени обслуживания вызовов ПСП в городе Астане в 2015 г.

Номер интервала a_j	Границы интервала		Распределения:			
			Эмпирическое		Теоретическое	
	τ_j^H	τ_j^K	Частота m_j	Вероятность ω_j	Частота f_j	Вероятность p_j
1	0	15	388	0,38122	406,8	0,38126
2	15	30	335	0,23589	251,7	0,23589
3	30	60	239	0,23628	252,1	0,23627
4	60	120	69	0,12512	133,5	0,12512
5	120	∞	36	0,02149	22,9	0,02146
Всего:			1067	1,00000	1067	1,00000

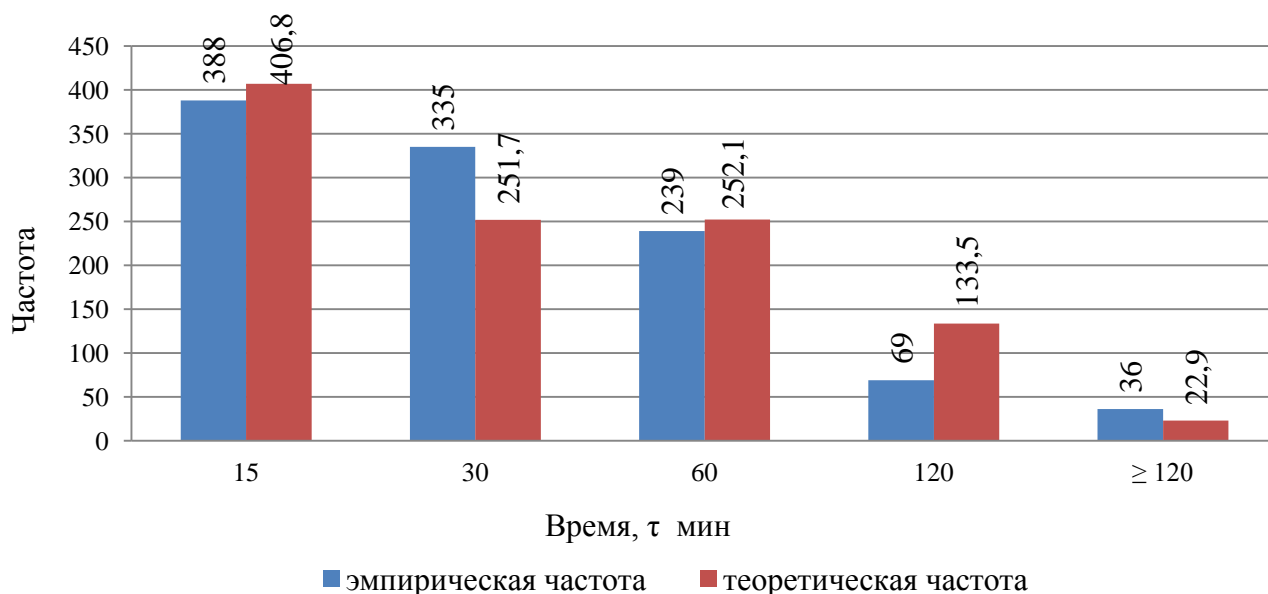


Рисунок 2.13 – Гистограмма эмпирического и теоретического распределений длительности времени обслуживания вызовов ПСП в городе

Из данных в таблице 2.5 и рисунка 2.13 можно сделать вывод об удовлетворительном соответствии эмпирического и теоретического распределений времени занятости ПСП на ликвидацию ДС случайного

характера. На основании этих результатов можно констатировать, что распределение Эрланга можно использовать в данном исследовании как модельное распределение времени занятости ПСП.

2.5 Анализ статистических закономерностей привлечения пожарной техники для обслуживания вызовов

По данным диспетчерского журнала можно определить число n_l вызовов ПСП в городе, по каждому из которых выезжало определенное число l основных пожарных автомобилей ($l = 1, 2, \dots, L$, где L – максимальное число выезжавших по вызову пожарных автомобилей). Для полученных в результате подсчетов значений частот n_l должно выполняться соотношение [19]:

$$\sum_{l=1}^L n_l = n \quad (2.9)$$

где n – общее число вызовов ПСП в городе за период времени наблюдения $T_{\text{набл}} = 181$ сут.

Вычисление доли ω_i , которую в общем числе вызовов составляют вызовы, для обслуживания которых привлекалось определенное число l пожарных автомобилей, происходит по формуле

$$\omega_l = \frac{n_l}{n}. \quad (2.10)$$

Перечень различных значений числа l , выезжавших по вызову пожарных автомобилей, каждому из которых поставлено в соответствие значение частоты n_l и частости ω_i , образует дискретный вариационный ряд, представленный в таблице 2.6.

На рисунке 2.14 представлен построенный по данным, указанным в таблице 2.6, полигон частот, который отображает распределение числа вызовов ПСП в городе за 6 месяцев по количеству выезжавших основных пожарных автомобилей.

Таблица 2.6 – Распределение числа вызовов на пожары, в зависимости от количества привлекавшийся для их обслуживания пожарных автомобилей

Количество ПА, l	Число вызовов (частота), n_l	Относительная частота, ω_l
1	24	0,0564
2	193	0,4530
3	99	0,2324
4	52	0,1221
≥ 5	58	0,1361
Всего	426	1,000

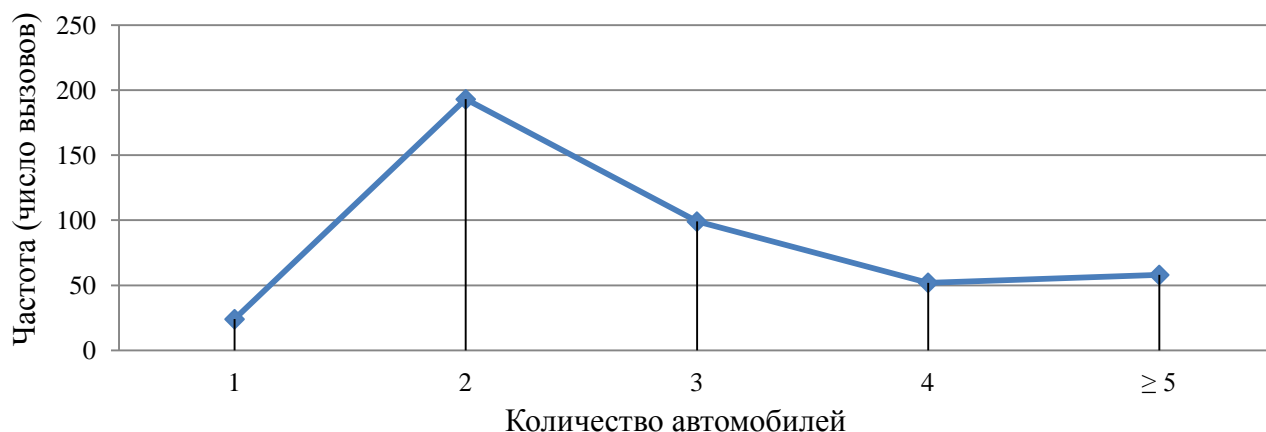


Рисунок 2.14 – Полигон распределения числа вызовов, произошедших в городе за 6 месяцев по количеству выезжавших пожарных автомобилей

Далее можно определить статистические характеристики данного вариационного ряда. Находим среднее число одновременно выезжающих пожарных автомобилей по вызову (для представленного в приложении варианта):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^L im_i}{N} = \frac{1 \cdot 24 + 2 \cdot 193 + 3 \cdot 99 + 4 \cdot 52 + 5 \cdot 58}{426} = 2,8 \text{ ПА} \quad (2.11)$$

Находим дисперсию вариационного ряда:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^L mi^2}{N} - \bar{X}^2 = \frac{1^2 \cdot 24 + 2^2 \cdot 193 + 3^2 \cdot 99 + 4^2 \cdot 52 + 5^2 \cdot 58}{426} - 2,8^2 = 1,34. \quad (2.12)$$

Находим среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{1,34} = 1,15 \text{ ПА}, \quad (2.13)$$

используя правило «трех сигм», получаем

$$\bar{X} \pm 3 \cdot \sigma = 2,82 \pm 3 \cdot 1,15,$$

откуда следует, что размах вариаций будет находиться в пределах от 0 до 6,3 автомобилей, выезжающих по вызову.

По результатам статистического исследования можно констатировать, что подавляющее число вызовов (около 70 % от общего числа вызовов) в городе обслуживается с привлечением не более трех пожарных автомобилей (т. е. два или три), так как $\omega_1 + \omega_2 = 0,4530 + 0,2324 = 0,6854$.

2.6 Анализ времени прибытия пожарных подразделений при крупных пожарах

По статистике в городе ежегодно происходят от 5 до 10 крупных пожаров, которым присваиваются 2 и 3 степени сложности. Результаты таких пожаров наносят тяжелые социальные, экономические и экологические последствия. Большинство крупных пожаров происходят в зданиях, рынках, строящихся объектах, что требует большого количества пожарной и аварийно-спасательной техники для его ликвидации, а также привлечения других экстренных служб и служб жизнеобеспечения.

Тушение крупных пожаров является сложным процессом, требующим на всех этапах его тушения тактической выучки, эффективного управленческого решения основанный на научных принципах управления тушением. Насколько быстро и с минимальным ущербом удастся это сделать, зависит от возможностей ПСГ города.

В соответствии с решением задачи по оценке возможностей ПСГ был проведен анализ сосредоточения сил и средств ПСГ при тушении крупных пожаров городе Астане.

28 апреля 2012 года на территории частного домовладения произошло возгорание двухэтажного жилого общежития. Сигнал о пожаре на пульт диспетчера ЦППС ЦОУСС поступило в 20 ч 21 мин. На место вызова было выслано 4 отделения. Первым к месту вызова уже в 20 ч 27 мин прибыли СПЧ-2 во главе с начальником части (РТП-1). По прибытию РТП-1 произвел

визуальную разведку и установил, что горит открытым пламенем 2-этажное нежилое общежитие и огонь распространился на жилой комплекс на высоту 4 и 5-го этажей. По результатам визуального осмотра РТП-1 запросил дополнительную помощь.

К моменту прибытия первого подразделения площадь пожара составляла 800 кв. м. При этом загромождена проезжая часть и площадки припаркованы автотранспортными средствами. В 20 ч 28 мин РТП-1, оценив обстановку подал на тушение горящего здания общежития 1 водяной ствол «Б» и 2 водяных ствола «Б» на защиту жилого комплекса находящегося в 2 метрах от начального места возникновения пожара.

В 20 ч 31 мин на место пожара прибывает оперативный дежурный (РТП-2), в то же время прибывают два отделения ПЧ-1. По распоряжению заместителя РТП-2 подают с восточной стороны два ствола «А» на локализацию пожара хозяйственных построек и общежития. Второе отделение в составе звена ГДЗС с фасадной части жилого комплекса организует разведку во втором подъезде на наличие людей нуждающихся в помощи и предотвращают возникшую панику. В 20 ч 32 мин РТП-2 объявляет 2 номер вызова и организует оперативный штаб пожаротушения. РТП-2 передает на ЦППС, что на тушение пожара и защиту здания жилого комплекса подано три ствола «Б» с восточной стороны подано два ствола «А».

В 20 ч 35 мин РТП-2 в связи с возникшими серьезными осложнениями при горении здания повышенной этажности объявляет 3 номер вызова. Время сосредоточения необходимых сил и средств представлены на рисунке 2.15.

Из рисунка видно, что исходя из дислокации сил и средств ПСГ города, время прибытия необходимого количества оперативных отделений при условии, что все эти отделения окажутся свободными и будут находиться на местах своей дислокации, к месту вызова составило от 5 (прибытие первых отделений) до 29 мин (прибытие последних отделений).

В соответствии с инструкциями взаимодействия, ЦППС оповестили и направили к месту вызова подразделения экстренных и специальных служб города.

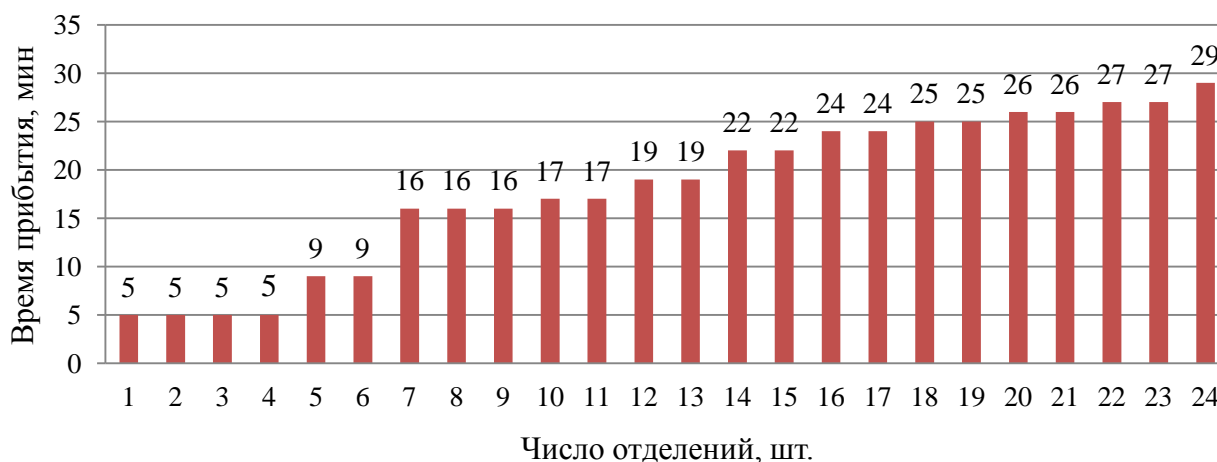


Рисунок 2.15 – Распределение времени прибытия ПСП на вызов

В 20 ч 44 мин к месту пожара прибыло подразделение СПЧ-5 в составе 6-ти отделений основной и специальной техники. В это же время РТП-2 дает указание СПЧ-5 установить и развернуть с фасадной части дома АЛ-37 для эвакуации людей с верхних этажей. Но и здесь столкнулись с большой проблемой из-за загромождения подъездных путей.

В 20 ч 45 мин на место пожара прибывает руководство ПСГ (РТП-3). Также в это же время прибыло 2 отделения ПЧ-10. В 20 ч 46 мин РТП-3 дает распоряжение об организации двух боевых участков с фасадной части и эвакуации людей из задымленных помещений.

В 20 ч 53 мин прибывают дополнительные силы и средства, и заместитель начальника ДЧС (РТП-4). В 20 ч 53 мин на место пожара прибыл начальник ДЧС (РТП-5). В 20 ч 55 мин РТП-5 передает РТП-4 о необходимости подачи огнетушащих веществ в горящие квартиры.

В 21 ч 45 мин РТП-5 передает ЦППС о необходимости организации защиты города, при необходимости провести передислокацию пожарной техники по частям.

В 23 ч 22 мин РТП-3 дает отбой 3 номеру вызова и дает указание о необходимости проведения проливки, разборке и проверке пострадавших квартир.

В 23 ч 28 мин РТП-3 передает ликвидацию, подразделения ПЧ-1 и СПЧ-2 остаются до особого распоряжения.

Всего на тушение данного пожара было задействовано: 21 единица основной и 12 единиц специальной пожарной техники, для оцепления места пожара привлечены 5 экипажей дорожно-патрульной полиции, 3 бригады аварийной электросети, 4 бригады скорой медицинской помощи, 2 бригада медицины катастроф.

Анализируя данный пожар можно сказать что ранг пожара 1-БИС подтвержден своевременно. Время сосредоточения необходимых сил и средств затруднялось в зависимости от отдалённости дислокации пожарных частей, нехватки пожарной техники в гарнизоне, скорости движения пожарных автомобилей из-за сильных пробок, так как объект находился в наиболее оживлённой улице [70].

Одним из сложных и резонансных пожаров стало возгорание на новостроящемся многофункциональном комплексе «Абу Даби Плаза» 13 февраля 2016 года. Сообщение о пожаре на пульт диспетчера поступило в 4 ч 40 мин от строителей данного объекта. По данному сообщению в соответствии с расписанием выездов гарнизона к месту вызова в 4 ч 41 мин направлены подразделения двух пожарных частей (СПЧ-3, СПЧ-16) в составе 4 единиц основных, 2 единиц специальной пожарной техники, дежурной службы пожаротушения, 27 человек личного состава. Расстояние объекта до ближайшей дислокации пожарной части составило 2,6 км. На момент прибытия первого ПСП (РТП-1) время которого не привысило нормативное и составляло 4 ч 48 мин в новостроящемся блоке комплекса с 11 по 19 этажи происходило открытое горение наружной опалубки, расположенных на этажах стройматериалов, дизель-генераторов, горюче-смазочных материалов (дизельное топливо) с дальнейшим распространением огня по строительным пологам.

Тушение пожара на начальном этапе осложнялось отсутствием подъездных путей для пожарной техники, частичным обрушением опалубки и

бетонных конструкций. Наличие большого количества открытых технологических проемов способствовало распространению огня внутрь здания. Введение стволов было ограничено отсутствием лестничного марша выше 19 этажа. По прибытию личным составом была организована эвакуация рабочих.

В 4 ч 55 мин на тушение подан лафетный ствол с АКП-88. Из сложившейся обстановки на пожаре было видно, что тушение пожара на начальном этапе рабочим персоналом не проводилось.

В 4 ч 55 мин к месту пожара прибывает оперативный дежурный (РТП-2). В 5 ч 10 мин РТП-2, оценив обстановку, а именно: быстрое распространение огня с 11 по 25 этажи по строительным пологам, большой пожарной нагрузкой, а также наличием горюче-смазочных материалов на этажах, объявил 2 ранг пожара с созданием оперативного штаба пожаротушения и четырех боевых участков.

Время сосредоточения необходимых сил и средств представлены на рисунке 2.16.

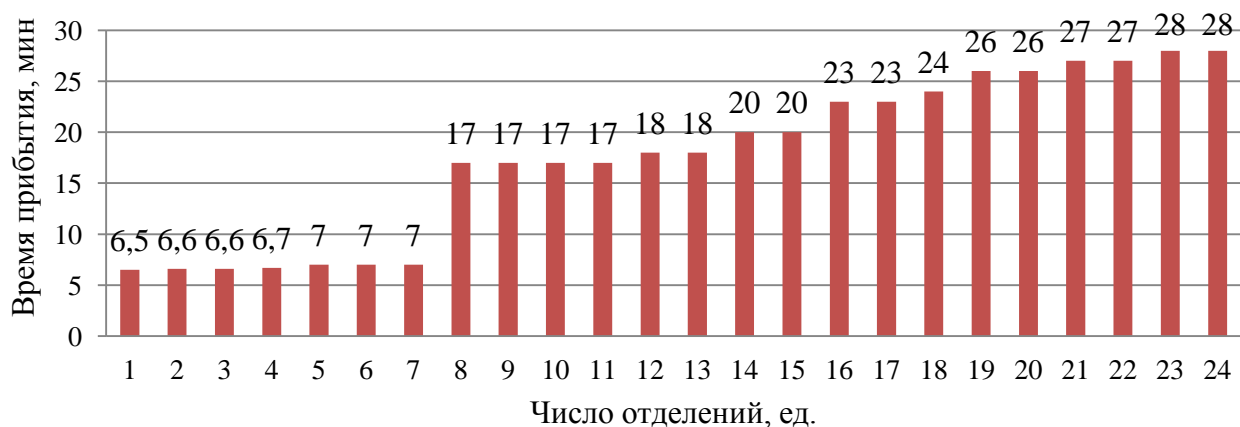


Рисунок 2.16 – Распределение времени прибытия ПСП на вызов

Из рисунка 2.16 видно, что, исходя из дислокации сил и средств ПСГ города, время прибытия необходимого количества оперативных отделений при условии, что все эти отделения окажутся свободными и будут находиться на местах своей дислокации, к месту вызова составило от 6,5 (прибытие первых отделений) до 28 мин (прибытие последних отделений).

По мере наращивания сил и средств организована подача стволов «Б» через внутренний лестничный марш для тушения пожара внутри здания. Решающее направление было направлено на предотвращение распространения огня по фасаду здания и защиту дизель-генераторов с топливом, расположенных на этажах. Для визуального осмотра обстановки на месте пожара привлечен вертолет. Пожар локализован в 20 ч 43 мин, ликвидирован в 00 ч 43 мин. Площадь пожара составила 3000 кв. м.

В ходе тушения пожара было задействовано: 13 единиц основной и 11 единиц специальной пожарной техники, для оцепления места пожара привлечено 8 экипажей дорожно-патрульной полиции, 1 бригада аварийной электросети, 2 бригады скорой медицинской помощи, 1 бригада медицины катастроф, 1 экипаж «Казавиаспас» (вертолет) [71].

Анализ принятых управленческих решений показал, что ранг пожара 1-БИС подтвержден своевременно. Отсутствие оперативного плана тушения пожара повлияло на расстановку сил и средств, интенсивность подачи огнетушащих веществ была не эффективной из-за отсутствия подъездных путей специальной пожарной техники. Время сосредоточения необходимых сил и средств затруднялось в зависимости от удаленности дислокации пожарных частей, скорости движения пожарных автомобилей из-за сильного гололеда. При тушении верхних этажей в зависимости от погодных условий происходила неоднократная передислокация и подготовка площадок для установки специальной техники (АКП, АЛ), что также отрицательно повлияло на своевременную ликвидацию пожара.

Выводы по главе 2

1. При исследовании пожарной опасности объекта защиты произведена оценка всех пожарных рисков, присущих данному объекту. Установлено, что в Астане обстановка с пожарами существенно хуже, чем в некоторых крупных городах мира.

2. Проведен детальный анализ деятельности ПСГ Астаны за 2015 г. по ликвидации ЧС.

3. Потоки выездов ПСП Астаны на вызовы случайного характера носят пуассоновский характер.

4. Время занятости подразделений на ДС адекватно моделируются распределениями Эрланга.

5. Получены эмпирические распределения вероятностей привлечения того или иного числа пожарной техники на обслуживание различных ДС.

6. Проведен анализ принятых управленческих решений для наиболее характерных крупных пожаров, произошедших в Астане.

ГЛАВА 3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОРОДА АСТАНЫ

3.1 Общее описание компьютерной имитационной системы и схемы ее применения

Совершенствование оперативной деятельности ПСГ города и подготовка соответствующих управленческих решений невозможна без современных компьютерных технологий.

Основываясь на основных принципах организации ПСГ в населенных пунктах, перечисленных выше, необходимо располагать удобным и перспективным инструментарием для проведения детальных исследований оперативной деятельности ПСГ и проведения оценки его возможностей. Современным инструментарием, позволяющим проводить подобные исследования, являются методы имитационного (компьютерного) моделирования, которые практически не имеют ограничений в возможностях детализации описываемых процессов. В современных версиях имитационных моделей вводятся сотни параметров, отражающих характеристики города, ПСГ и процесса их функционирования, а их комбинации могут составлять тысячи вариантов [72–75].

Условиям, которым должна удовлетворять современные имитационные модели и системы исчерпывающим образом перечислены в работах [77–80]. Всем этим требованиям и условиям удовлетворяет компьютерная имитационная система (КИС) КОСМАС (Компьютерная Система Моделирования Аварийных Служб), разработанная специалистами Академии ГПС МЧС России и работающая уже во многих странах и городах мира [81, 82].

Под термином КИС обычно понимают совокупность имитационной модели сложного процесса, набора более простых моделей того же процесса,

алгоритмов и соответствующего программного обеспечения, ассоциированных с этими моделями [76].

Созданию этой системы предшествовало построение математической теории функционирования ПСГ, разработанной в 70–80-е годы XX века и опирающейся, главным образом, на теорию марковских случайных процессов. Основным недостатком этой теории является то, что она, удовлетворительно описывая процесс функционирования ПСП во времени, не может описывать его в пространстве, что в данном случае чрезвычайно важно [83].

Попытки построить аналитические модели изучаемого процесса во времени и пространстве привели к сложнейшим дифференциальным уравнениям с частными производными, точное решение которых невозможно, а численное решение непригодно для практического использования.

Поэтому уже в середине 70-х годов XX века начали разрабатывать первые простейшие имитационные модели процесса функционирования ПСГ. С быстрым ростом возможностей вычислительной техники совершенствовались и имитационные модели. В результате к середине 90-х годов прошлого столетия были созданы первые современные версии системы КОСМАС.

КИС КОСМАС – это программный продукт, т. е. объединенный в единую систему комплекс программ для ЭВМ, воспроизводящий алгоритмы, последовательно описывающие (имитирующие) все детали процесса функционирования ПСГ [1]. В КИС КОСМАС территория представляется в виде графа дорожной сети и непрерывного пространства заданной конфигурации, на котором заданы места дислокации различных объектов, больниц, ПСП и районы их обслуживания, техника, размещенная в каждом депо и др.

Дорожная сеть в КИС представляется в «векторном» виде. В качестве «узлов» транспортной сети рассматриваются концы отрезков различной длины, из которых состоит уличная сеть (в том числе и перекрестки, т.е. места пересечения отдельных отрезков). Каждому отрезку может быть присвоена

своя скорость движения (скорость может меняться в зависимости от времени суток) и направление движения, каждому перекрестку возможности поворотов в ту или иную сторону. В качестве базового алгоритма поиска оптимальных маршрутов в транспортной сети используется алгоритм Дейкстры [84].

В процессе имитации пользователь может получать любые характеристики процесса функционирования ПСГ, выбирая наиболее рациональные и экономичные варианты их организационных структур. На рисунках 3.1–3.4 представлены некоторые фрагменты работы системы.

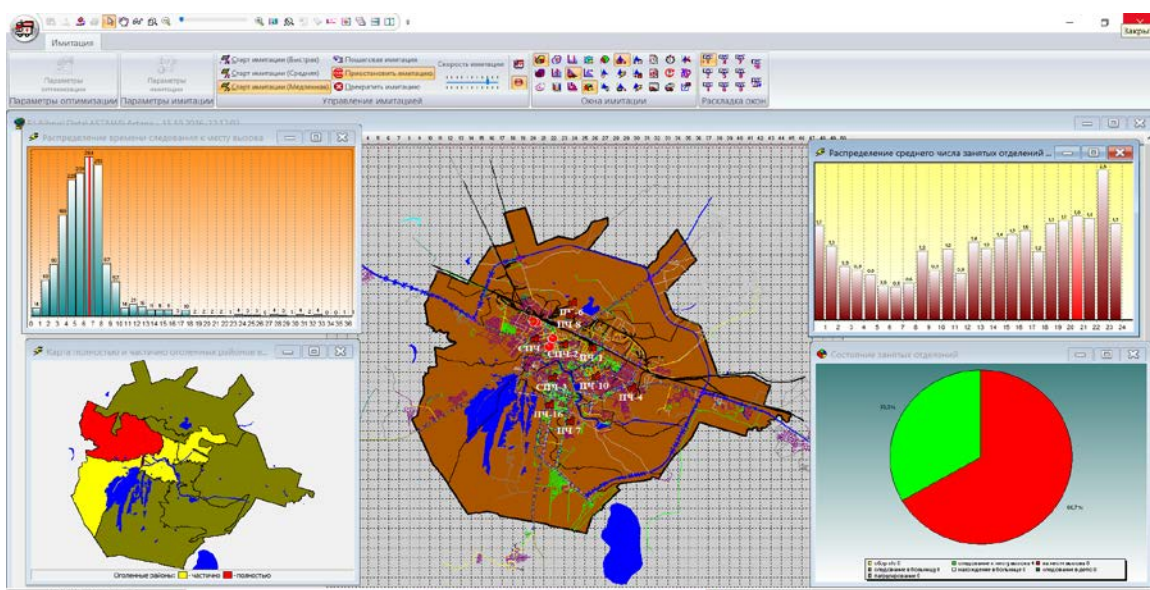


Рисунок 3.1 – Фрагмент работы КИС, адаптированной к условиям ПСГ города Астаны

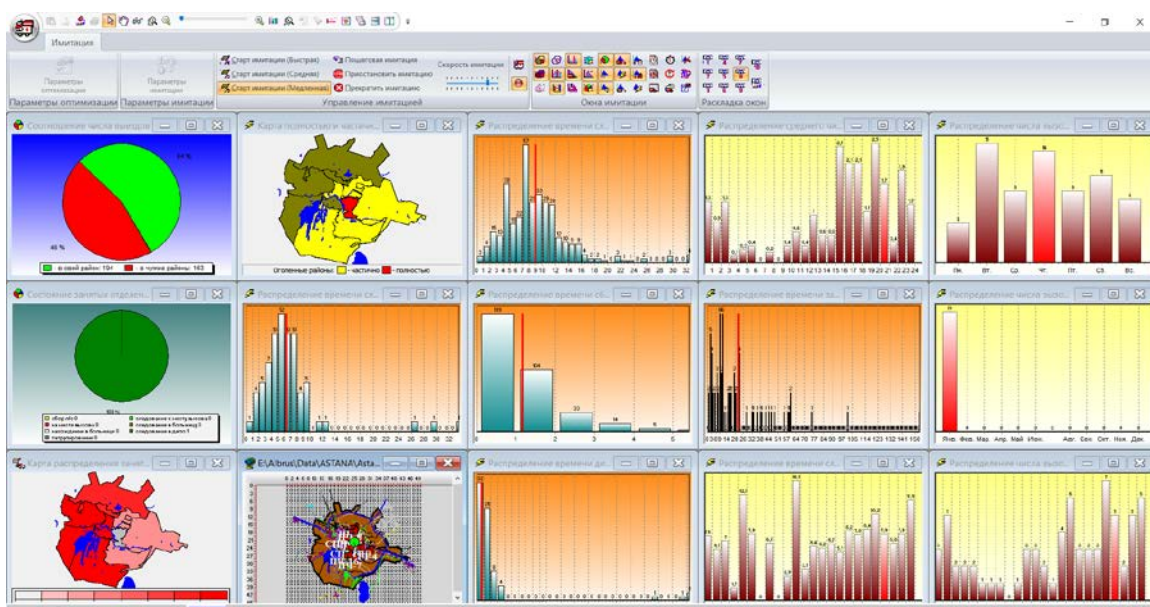


Рисунок 3.2 – Фрагмент работы КИС, адаптированной к условиям ПСГ города Астаны

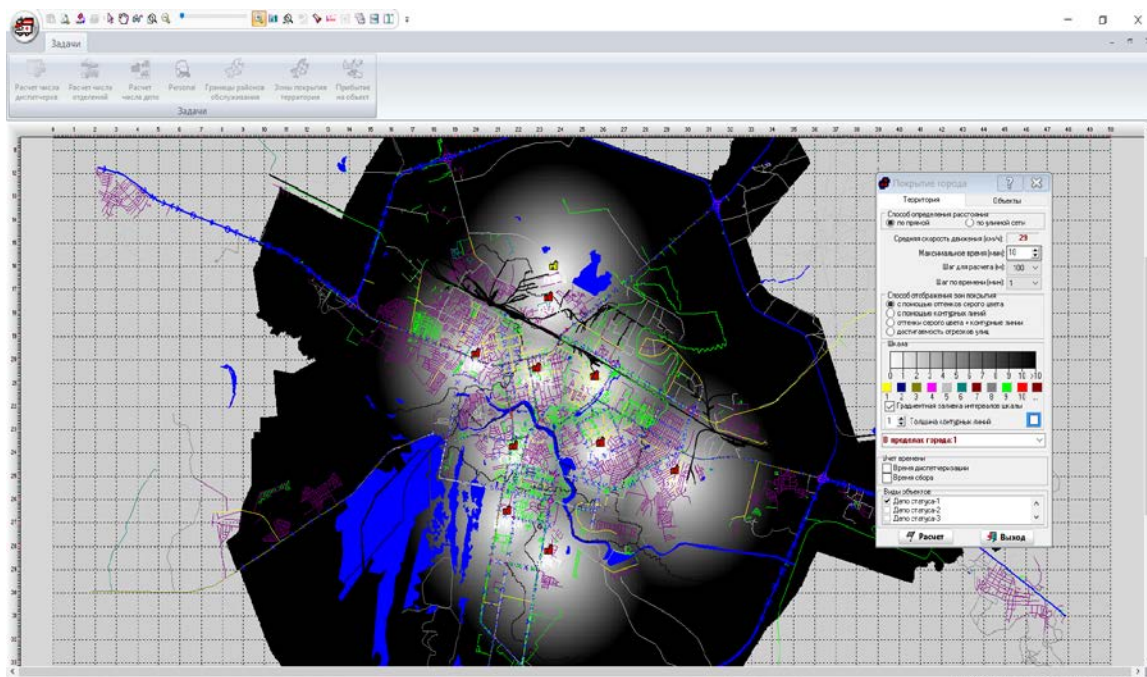


Рисунок 3.3 – Фрагмент зоны покрытия города при существующем варианте дислокации пожарных депо

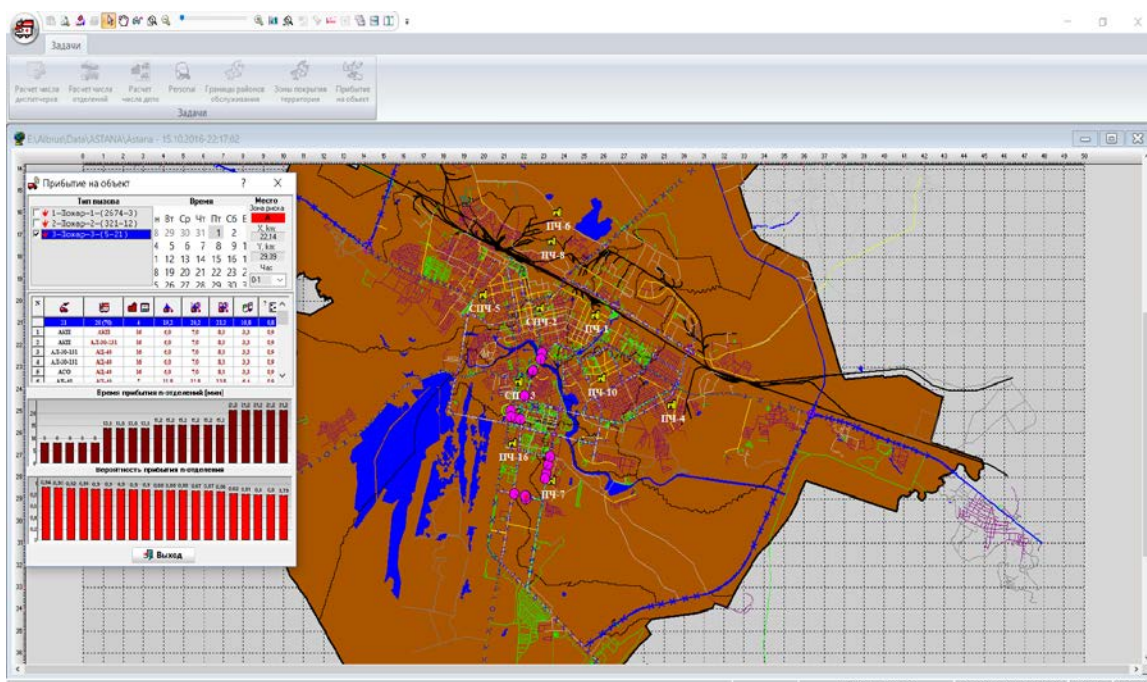


Рисунок 3.4 – Фрагмент имитации прибытия оперативных подразделений на объект

В общем виде схема применения имитационной системы для исследования, экспертизы оперативной деятельности и проектирования развития ПСГ реализуется в трех этапах.

Первый этап – адаптация системы. На этом этапе производится настройка имитационной системы (адаптация) на конкретную территорию

и ПСГ, в ходе которой осуществляется сбор, обработка, анализ информации и ее ввод в КИС.

Второй этап – проверка адекватности имитационной модели. На этом этапе производится серия «имитационных прогонов» модели на компьютере, после этого проверяется адекватность модели реальному миру, путем сравнения параметров функционирования исследуемой системы, полученных при моделировании, с параметрами функционирования реальной системы, а также производится коррекция исходных данных.

Как правило, проверка производится на основании результатов серии «прогонов» имитационной модели на отрезке времени, равном одному году по основным статистическим распределениям:

- распределение плотности потока вызовов во времени (по месяцам года, дням недели, часам суток);
- распределение плотности потока вызовов по территориальным единицам исследуемой территории;
- распределение плотности потока вызовов по «типам вызовов» (число вызываемой техники по вызовам);
- по распределению временных характеристик обслуживания вызовов (время диспетчеризации, сбора и выезда, следования к месту вызова, работы на месте вызова и др.).

Проверка адекватности модели в определенном смысле близка к оценке ее погрешности, так как чем меньше погрешность модели, тем лучше, вообще говоря, она описывает реальность.

Третий этап. Непосредственное проведение исследования – множественные имитационные эксперименты. Цели экспериментов заключаются, как правило, в исследовании и оценке поведения ПСГ при различных условиях его функционирования.

Имитационная система имеет ряд регулируемых параметров (практически все входные параметры), влияние изменения которых на функционирование ПСГ и исследуется в ходе экспериментов.

Обычно модель «прогоняется» при каком-то фиксированном (начальном или реальном) положении регулируемых параметров. Затем изменяют интересующий параметр и опять производят серию прогонов. После чего сравнивают результаты моделирования первого и второго варианта и оценивают, насколько изменились параметры функционирования системы. Таким образом, имитационная модель дает возможность получать информацию о влиянии тех или иных управленческих решений на самый широкий круг параметров функционирования системы. После окончания имитации имеется возможность получить для анализа функционирования ПСГ практически любой «срез» выходных данных (результатов).

3.2 Адаптация имитационной системы КОСМАС для пожарно-спасательного гарнизона

В рамках исследования оценки возможностей ПСГ города своевременно прибыть к исследуемому объекту в случае возникновения на нем крупного пожара или ЧС, в 2016 году КИС КОСМАС была модернизирована и адаптирована к ПСГ города Астаны.

Однако в будущем необходимо учитывать постоянное изменение городской среды (территории города, уличной сети города, расположения различных городских объектов), параметров самого ПСГ (строительство новых пожарных депо, числа оперативных отделений различных типов, личного состава) и параметров функционирования (интенсивности поступления вызовов, их структуры и др.). Подобные изменения требуют проведения постоянного обновления исходных данных системы.

Для работоспособного и эффективного использования в систему были введены следующие исходные данные, которые подразделяются на блоки:

- *топографические параметры города* – данный блок содержит актуализированную и обработанную соответствующими программными

средствами обновлённую электронную карту города, которая содержит следующие векторные примитивы:

- контур исследуемой территории – 1 полигон;
- дорожная сеть – 32 666 отрезков, общей протяженностью 2 521 км;
- реки и водоемы – 80 полигонов;
- железнодорожные пути – 223 отрезков;
- районы города – 3 полигона;
- здания и сооружения – 16 248 полигонов;
- места дислокации подразделений ПСГ – 10 точек и др.;
- *параметры ПСГ* – исходными данными в этом блоке является:
 - 10 пожарных депо;
 - число и типы оперативных отделений, их параметры;
 - распределение оперативных отделений по пожарным депо;
 - численность личного состава;
 - расписание режимов работы и др.;
 - *статистические параметры деятельности оперативных подразделений ПСГ* – данный блок включает в себя:
 - распределение плотности потока вызовов подразделений во времени (по месяцам, дням недели и часам суток);
 - распределение плотности потока вызовов в пространстве (по территориальным единицам);
 - структура вызовов;
 - частота использования различных типов и численности оперативных отделений на вызовах и др.

3.3 Проверка адекватности имитационной системы

В процессе адаптации КИС для современных условий города и его ПСГ вся необходимая исходная информация была введена в КИС, произведена настройка системы и проведена проверка адекватности результатов

моделирования, полученных на системе КОСМАС, реальным данным оперативной деятельности ПСГ Астаны за 2014–2016 годы.

Обязательным требованием, предъявляемым к любой математической модели какого-либо процесса, является ее адекватность действительности, т. е. достаточно точное для практического использования этой модели описание реального процесса.

Во многих случаях для различных классов задач наука разработала специальные критерии для оценки степени адекватности математических моделей реальности.

Однако общих методов проверки адекватности математических моделей (особенно имитационных моделей) описываемой ими реальности не существует, и в каждом конкретном случае, комбинируя и используя вышеупомянутые приемы и методы, нужно разрабатывать специальные способы такой проверки.

В данном случае проверка производилась на основании результатов серии «прогонов» модели на отрезке времени, равным одному году по основным статистическим распределениям: распределение вызовов во времени (по месяцам года, дням недели, часам суток), по территории города, по типам вызовов (числу вызываемой техники по вызовам), по времени следования к месту вызова и времени обслуживания вызовов.

Например, при интервале моделирования 30–60 суток разброс значений среднего времени следования по городу минимален и составляет 0,05 минуты. При дальнейшем увеличении интервала моделирования, до 360 суток, происходит полная стабилизация результатов.

Для наглядности можно сравнить результаты реальных данных и результатов моделирования по одному из характерных «прогонов» модели.

В Астане ежегодно возникает около 3 тыс. различных ДС (пожары, аварии, стихийные бедствия и др.), на которые реагирует ПСП, за основу были взяты реальные распределения вызовов во времени по месяцам года, по дням недели и по часам суток.

При сравнении реальных распределений с распределениями, полученными в результате моделирования, было установлено, что расхождения составляют: по месяцам года от 1–16 %, по дням недели не более от 0–8 %, по часам суток от 2–51 % (таблицы 3.1–3.3, рисунки 3.5–3.7).

Таблица 3.1 – Распределение числа вызовов по месяцам

№ п/п	Месяцы года	Число вызовов			Доля, %
		Реальные данные	Результаты моделирования	Расхождение, %	
1	Январь	222	220	0,90	7,38
2	Февраль	229	245	6,99	8,22
3	Март	189	177	6,35	5,94
4	Апрель	311	304	2,25	10,20
5	Май	261	259	0,77	8,69
6	Июнь	244	210	13,93	7,04
7	Июль	247	245	0,81	8,22
8	Август	262	285	8,78	9,56
9	Сентябрь	326	314	3,68	10,53
10	Октябрь	260	234	10,00	7,85
11	Ноябрь	240	279	16,25	9,36
12	Декабрь	209	209	0,00	7,01
Всего		3000	2981	0,61	100,00

Таблица 3.2 – Распределение числа вызовов по дням недели

№ п/п	Дни недели	Число вызовов			Доля, %
		Реальные данные	Результаты моделирования	Расхождение, %	
1	Понедельник	400	377	5,75	12,65
2	Вторник	460	459	0,22	15,40
3	Среда	450	446	0,89	14,96
4	Четверг	450	443	1,56	14,86
5	Пятница	430	414	3,72	13,89
6	Суббота	450	454	0,89	15,23
7	Воскресенье	360	388	7,78	13,02
Всего		3000	2981	0,63	100,00

Таблица 3.3 – Распределение числа вызовов по часам суток

№ п/п	Часы суток	Число вызовов			Доля, %
		Реальные данные	Результаты моделирования	Расхождение, %	
1	0–1	120	182	51,67	6,11
2	1–2	120	133	10,83	4,46
3	2–3	100	104	4,00	3,49
4	3–4	90	97	7,78	3,25
5	4–5	60	86	43,33	2,88
6	5–6	50	53	6,00	1,78
7	6–7	60	51	15,00	1,71
8	7–8	90	49	45,56	1,64

Окончание таблицы 3.3

9	8–9	80	94	17,50	3,15
10	9–10	70	79	12,86	2,65
11	10–11	100	70	30,00	2,35
12	11–12	110	96	12,73	3,22
13	12–13	130	125	3,85	4,19
14	13–14	130	138	6,15	4,63
15	14–15	160	100	37,50	3,35
16	15–16	160	145	9,38	4,86
17	16–17	120	154	28,33	5,17
18	17–18	160	127	20,62	4,26
19	18–19	160	168	5,00	5,64
20	19–20	180	159	11,67	5,33
21	20–21	190	187	1,58	6,27
22	21–22	210	203	3,33	6,81
23	22–23	170	208	22,35	6,98
24	23–24	180	173	3,89	5,80
Всего		3000	2981	0,63	100,00

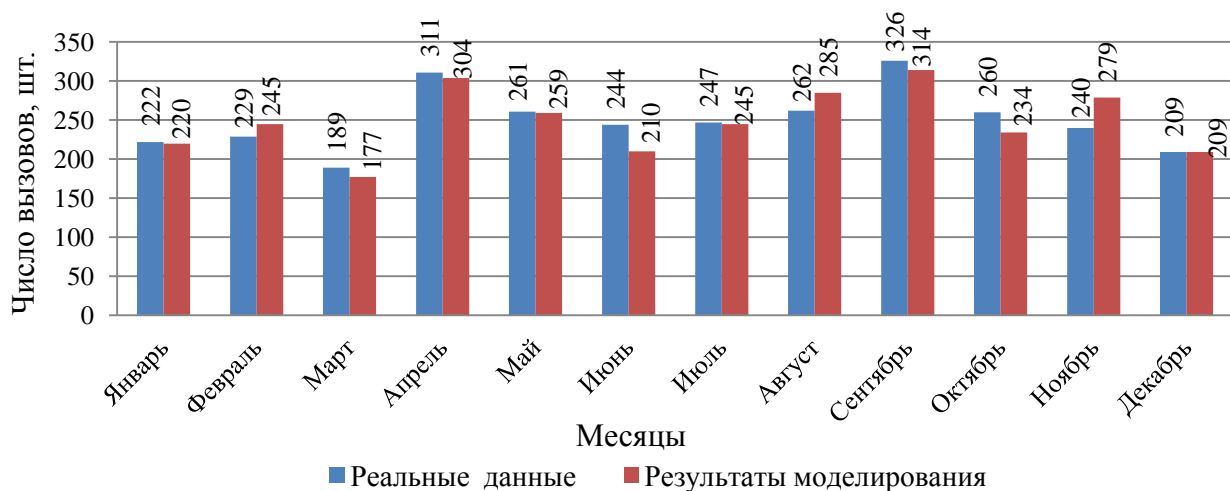


Рисунок 3.5 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по месяцам

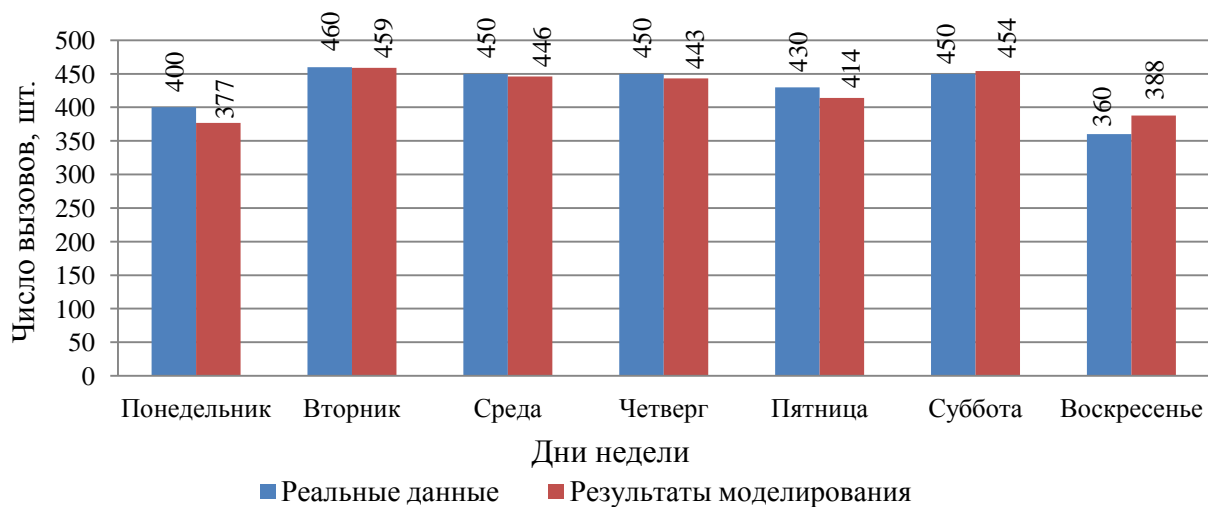


Рисунок 3.6 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по дням недели

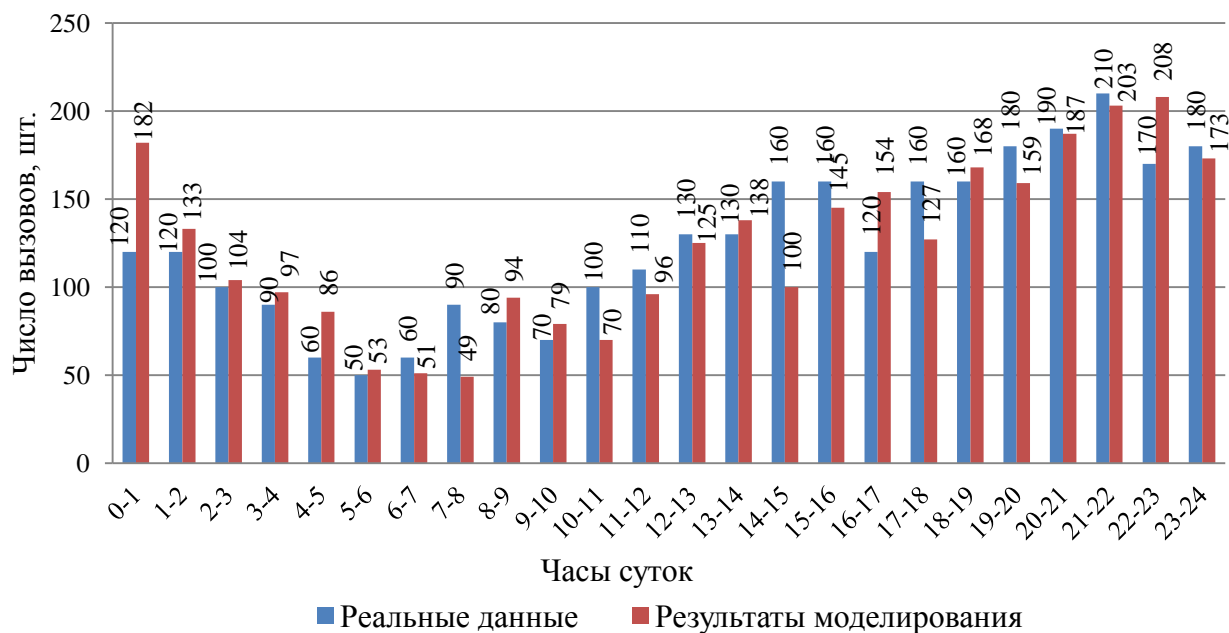


Рисунок 3.7 – Распределение реальных данных с результатами моделирования числа вызовов по часам суток

Следующим параметром сравнения явилось распределение числа вызовов по территории города (по районам обслуживания пожарных депо). Результаты моделирования представлены в таблице 3.4 и на рисунке 3.8.

Таблица 3.4 – Распределение числа вызовов по районам обслуживания

№ п/п	Название района	Число вызовов		Расхождение, %	Доля, %
		Реальные данные	Результаты моделирования		
1	ПЧ-1	518	452	3,8	16,4
2	СПЧ-2	481	406	15,6	15,2
3	СПЧ-3	418	393	6,0	13,2
4	ПЧ-4	78	75	3,9	2,5
5	СПЧ-5	632	557	11,9	20,0
6	ПЧ-6	85	162	90,5	2,7
7	ПЧ-7	79	118	49,0	2,5
8	ПЧ-8	188	156	7,9	5,9
9	ПЧ-10	493	562	13,9	15,6
10	СПЧ-16	184	103	4,5	5,8
Всего		3156	2984	6,0	100,0

Рассматривая представленные результаты сравнения реальных распределений с распределениями полученных в результате моделирования, было установлено, что расхождение плотности потока вызовов по районам обслуживания пожарных частей составляет не более 4–90 %.

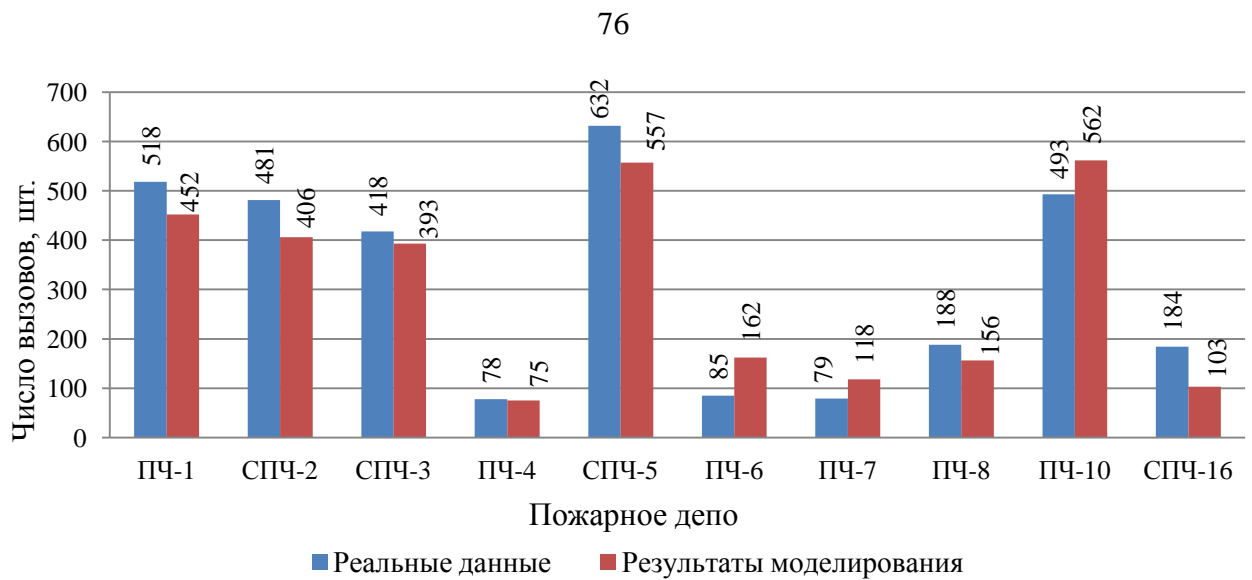


Рисунок 3.8 – Распределение реальных данных с результатами моделирования вызовов по районам обслуживания

В таблице 3.5 и на рисунке 3.9 представлены результаты сравнения распределения времени прибытия к месту вызова ПСП с интервалом времени от 0 до 10 минут и более 10 минут.

Таблица 3.5 – Распределение времени прибытия к месту вызова

№ п/п	Интервалы времени прибытия, мин	Число вызовов:		Расхождение, %
		Реальные данные	Результаты моделирования	
1	0–5	122 (15%)	113 (14%)	7.4
2	5–10	468 (58%)	504 (62%)	7.6
3	>10	208 (26%)	196 (24%)	6.8
Всего		798	813	2,1

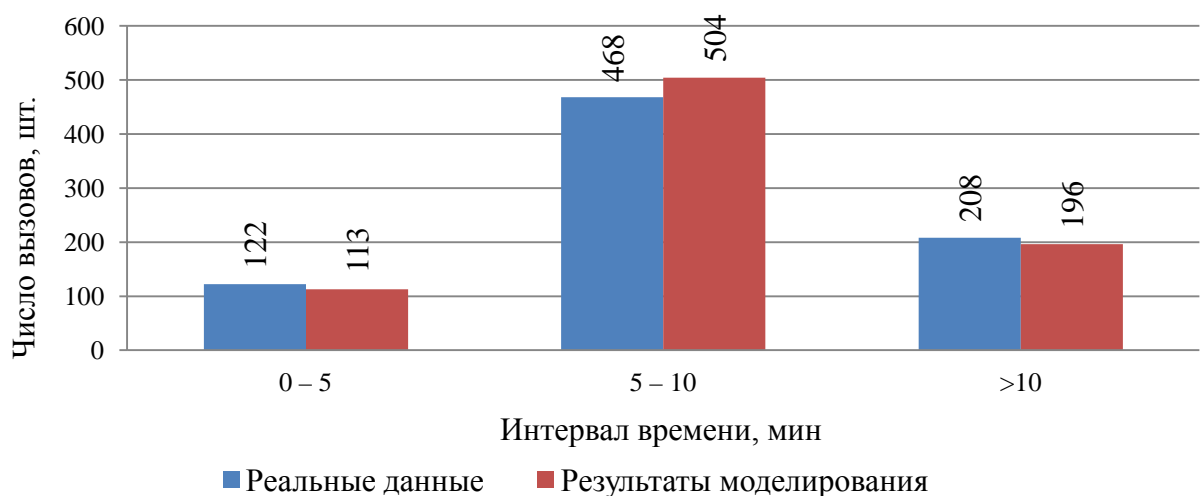


Рисунок 3.9 – Распределение реальных данных с результатами моделирования времени прибытия к месту вызова

При сравнении реальных распределений с распределениями, полученными в результате моделирования, было установлено, что расхождение времени прибытия к месту вызова составляет не более 6–8 %.

В таблице 3.6 и на рисунке 3.10 приведено полученное в ходе моделирования и реальное распределение занятости ПСП непосредственно на месте вызова.

Таблица 3.6 – Распределение времени занятости на месте вызова

№ п/п	Интервалы времени занятости на месте вызова, мин	Число вызовов:		Расхождение, (%)
		Реальные данные	Результаты моделирования	
1	0–15	320 (48%)	306 (47%)	4,4
2	15–30	193 (29%)	169 (26%)	12,5
3	30–60	112 (17%)	111 (17%)	0,9
4	60–120	31 (5%)	52 (8%)	67,0
5	>120	7 (1%)	14 (1%)	50,0
Всего		663	652	1,7

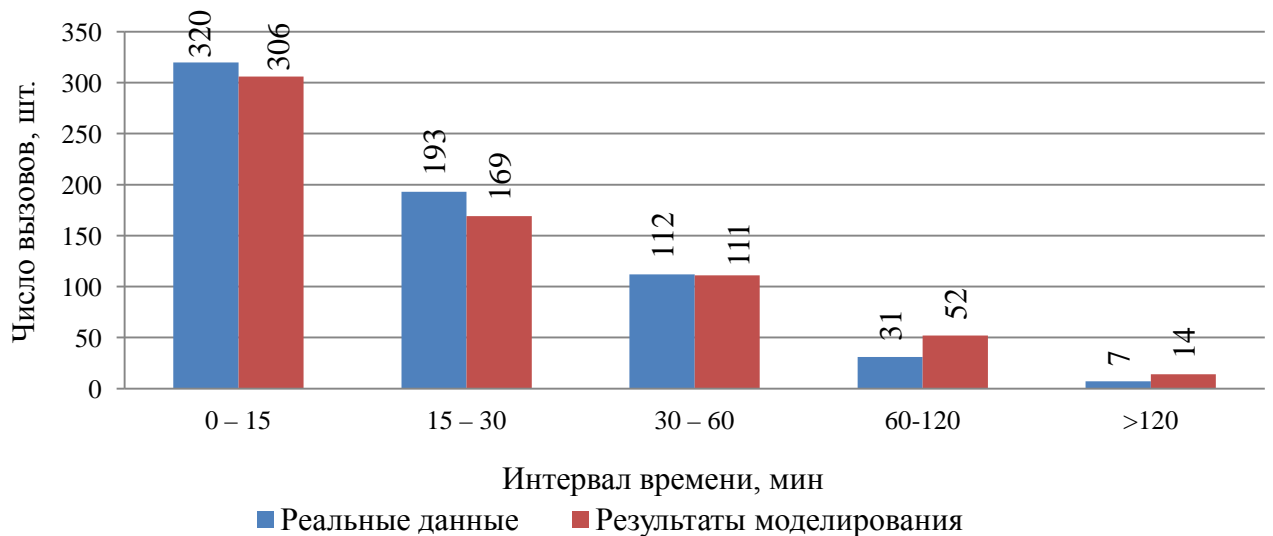


Рисунок 3.10 – Распределение реальных данных с результатами моделирования времени занятости на месте вызова

При сравнении реальных распределений с распределениями, полученными в результате моделирования, было установлено, что расхождение по времени занятости на месте вызова составляет не более от 4 до 67 %.

Сравнение реальных данных с результатами моделирования подтвердило адекватность предложенных моделей. Таким образом, можно сделать вывод об их достаточно хорошей сходимости и возможности их использования для дальнейшего исследования.

3.4 Имитационная модель функционирования оперативных пожарно-спасательных подразделений объекта

В процессе исследования для детализации моделирования процесса функционирования ПСГ возникла необходимость разработки имитационной модели процесса функционирования ПСП исследуемого объекта в рамках общей модели функционирования ПСГ города. Был разработан алгоритм функционирования имитационной модели ПСП объекта, который в последствии был реализован в виде программы для ЭВМ на объектно-ориентированном языке программирования C++. На рисунке 3.11 показан укрупненный алгоритм работы имитационной модели оперативной деятельности ПСП объекта.

Основной задачей оперативных подразделений объекта с выездной пожарной техникой являются обеспечение контроля за противопожарным состоянием охраняемых объектов, организации эвакуации людей и имущества в случае пожара, а также обеспечение своевременного обнаружения и тушения пожаров с использованием основных и специальных пожарных автомобилей. Задачами подразделений без выездной пожарной техники является обеспечение контроля за противопожарным состоянием охраняемых объектов с использованием для этих целей стационарных или ручных средств пожаротушения. В случаях обнаружения непосредственной угрозы возникновения пожара принимаются незамедлительные меры по устранению опасности. Здесь важную роль играют организация и эффективность функционирования оперативных ПСП объекта: своевременное обнаружение пожара, время следования, достаточность ресурсов.

Работоспособность имитационной модели обеспечивается количеством и качеством исходных данных. Все необходимые данные для работы КИС и его блоки описаны в разделе 3.2.

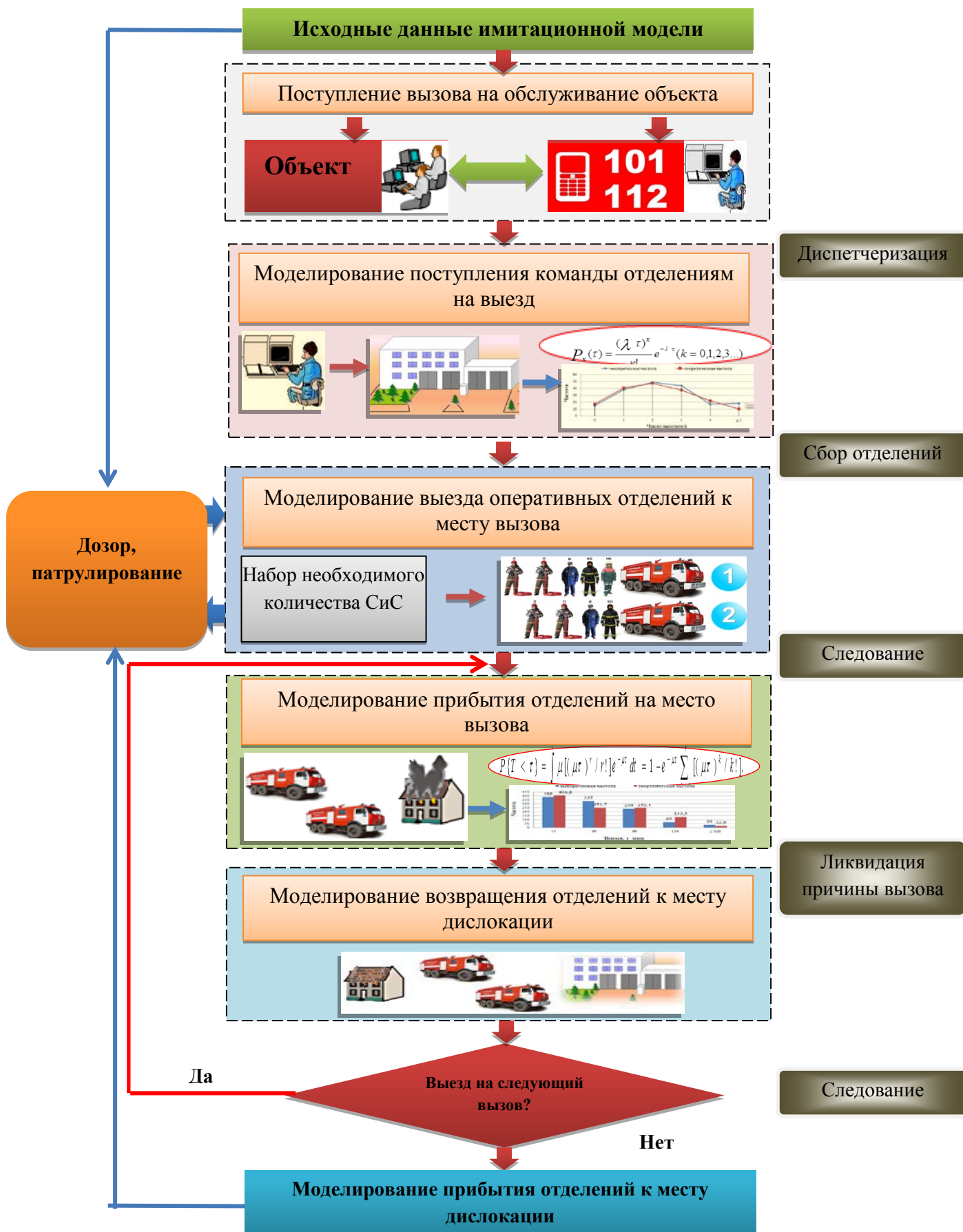


Рисунок 3.11 – Укрупненный алгоритм работы имитационной модели оперативной деятельности ПСП объекта

В модели имитируется весь процесс с момента поступления вызова с объекта до момента возвращения оперативных отделений к местам своей дислокации. При получении сообщения о ДС на пульт службы пожаротушения происходит моделирование процесса диспетчеризации. После идентификации полученной информации (время, место возникновения, тип вызова), в соответствии с расписанием выездов, моделируется сбор и выезд сил и средств, необходимых для реагирования на данное сообщение. Для Астаны время диспетчеризации в реальных условиях составляет не более одной минуты, так как рабочие места диспетчеров оснащены сенсорными мониторами с современным программным обеспечением, позволяющим автоматически производить высылку сил и средств на вызов.

В другом случае возможна ситуация, когда вызов поступил от сигнала на приемно-контрольный прибор о срабатывании на охраняемых объектах автоматической пожарной сигнализации или системы пожаротушения, где личный состав дежурной смены (караулы) обязан определить место срабатывания и своевременно выехать по сигналу «Тревога». При подтверждении возникновения пожара дежурный персонал передает информацию на пульт единой дежурно-диспетчерской службы, происходит тот же процесс диспетчеризации, после этого в соответствии с расписанием выездов и характера, поступившего вызова, высылается необходимое число оперативных отделений из ближайших пожарных депо.

Затем моделируется прибытие ПСП к месту вызова по каждому из выехавших оперативных отделений с учетом реальной конфигурации и загрузки транспортной сети города. Перспективным направлением для Астаны и его объектов является применение автомобилей быстрого реагирования для своевременного прибытия на место вызова и тушения пожара на ранней стадии, когда для его ликвидации требуется минимальные силы и средства.

Следующим этапом является моделирование занятости ПСП на месте вызова. Время занятости на месте вызова моделируется в соответствии с реальными вероятностно-статистическими распределениями (распределение Эрланга, раздел 2.4).

После обслуживания каждого вызова оперативные отделения возвращаются на место дислокации и ожидают очередного вызова.

Помимо процесса обслуживания вызова имитационная модель позволяет моделировать процесс выезда ПСП объекта на дозоры и патрулирования по территории объекта. В модели задаются параметры дозора (дата и время начала дозора, объект и продолжительность дозора, тип отделения, выезжающего в дозор) и параметры патрулирования (дата и время начала патрулирования, маршрут и продолжительность патрулирования, тип патрулирующего отделения). Если в процессе дозора или патрулирования поступает вызов, отделение находящиеся в дозоре или на патрулировании выезжает по вызову по общему алгоритму и после обслуживания вызова возвращается к прерванному дозору или патрулированию.

Выводы по главе 3

1. Представлено общее описание КИС КОСМАС.
2. Проведена адаптация КИС КОСМАС для условий к условиям города и ПСГ. Система наделена исходными данными (топографическими параметрами города, параметрами ПСГ, статистическими параметрами деятельности оперативных подразделений).
3. Проведена проверка адекватности результатов моделирования на системе КОСМАС реальным данным оперативной деятельности ПСГ Астаны за 2014–2016 годы. Погрешность результатов моделирования по основным статистическим распределениям не превышает 3–5 %.
4. Проведена модернизация КИС КОСМАС посредством разработки имитационной модели процесса функционирования ПСП объекта. Разработан алгоритм работы имитационной модели в рамках общей имитационной ПСГ города.

ГЛАВА 4

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА ПО ОПЕРАТИВНОМУ РЕАГИРОВАНИЮ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

4.1 Алгоритм проведения оценки возможностей пожарно-спасательного гарнизона по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций

В предыдущих главах с позиции системного подхода проанализирована оперативная обстановка в исследуемом регионе, т. е. совокупность всех условий, при которых функционирует ПСГ. Рассмотрены аналитические модели процесса функционирования ПСГ. Многократные проверки показывали, что эти модели хорошо описывают оперативную деятельность ПСГ во времени и решают ряд практически важных задач. Однако они не отражают его пространственные закономерности и на многие вопросы для практики эти модели ответов дать не могут. К примеру, недостаточно знать, что в любой момент времени в городе есть свободные от обслуживания вызовов оперативные подразделения, которые можно направить на обслуживание вновь поступивших вызовов. Необходимо знать, где находятся эти оперативные отделения, смогут ли они и с какой вероятностью своевременно прибыть к месту вызова для нейтрализации негативных факторов ДС. Показано, что прогресс в построении более совершенных моделей функционирования ПСГ связан с использованием имитационного моделирования как более мощного и универсального метода исследования и оценки возможностей ПСГ.

При использовании технологий имитационного моделирования для оценки возможностей ПСГ эффективным подходом является применение «сценарного подхода». Данный подход предполагает разработку ряда сценариев возникновения различных ДС при различных условиях с последующим их компьютерным моделированием. В ходе реализации сценариев можно смоделировать любые интересующие исследователей и практических работников варианты условий возникновения ДС на исследуемой территории (или объекте) как реальные, так и гипотетические, и оценить в сложившихся условиях реакцию ПСГ и параметры его функционирования.

На основе результатов моделирования по различным сценариям определяются направления для оптимизации и совершенствования работы ПСГ.

Исходя из вышеизложенного, был разработан алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и ЧС на основе «сценарного подхода» и технологий имитационного моделирования (рисунок 4.1).

Представленный алгоритм предполагает следующие этапы:

1. Для проведения оценки интересующих параметров процесса функционирования ПСГ необходимо иметь соответствующие статистические данные. Исходными источником статистических данных являются базы данных АСУ и диспетчерские журналы выездов ПСП по вызовам, а также различные отчетные документы. Эти данные позволяют определить реальный объем работы ПСГ и его динамику, распределение вызовов во времени и по территории города, закономерности использования пожарной техники, временные характеристики процесса функционирования (время следования подразделений к месту вызова, время работы на месте вызова, время занятости на одном вызове) и др.

2. Процесс адаптации КИС к исследуемой территории, параметрам и условиям функционирования ПСГ.

3. Настройка КИС и проверка адекватности результатов моделирования реальным данным процесса функционирования ПСГ.

4. Разработка сценариев для моделирования и планирование имитационных экспериментов.

5. Осуществляется выбор вариантов сценария для моделирования.

6. На основе выбранных сценариев осуществляется проведение имитационных экспериментов.

7. Интерпретация результатов моделирования. На основе детального анализа обработанных результатов, накопленных в процессе моделирования, подготавливаются выводы по проведенному моделированию и выбор оптимального варианта.

8. На заключительном этапе формулируются окончательные выводы, и определяются управленческие решения для повышения эффективности работы ПСГ в случае возникновения крупных пожаров и ЧС.

В данном исследовании (разделы 2–4) на примере ПСГ Астаны продемонстрировано использование предложенного алгоритма.

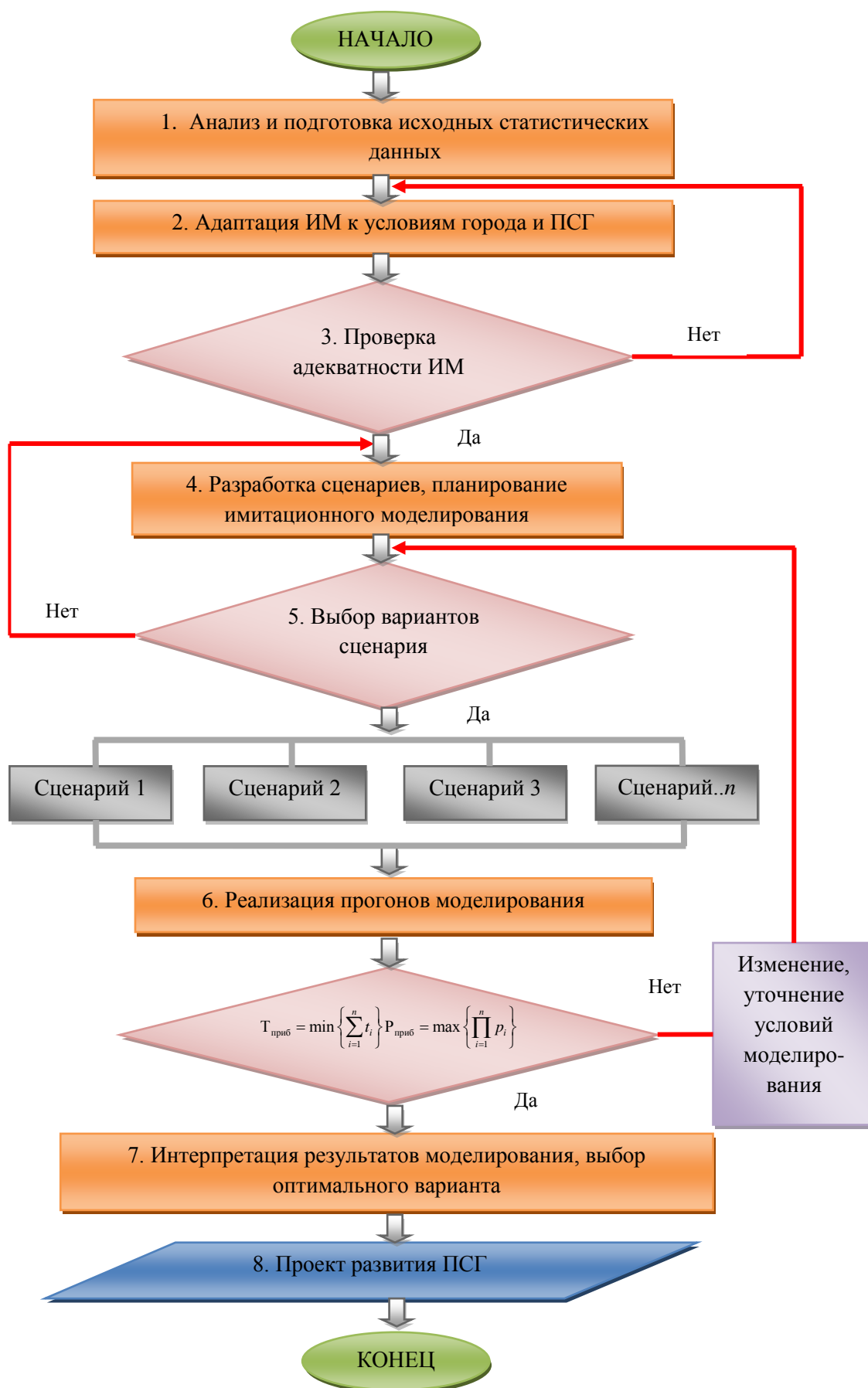


Рисунок 4.1 – Алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и ЧС на основе технологий имитационного моделирования

4.2 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте

В ходе исследования разрабатывались сценарии в целях определения времени и вероятности прибытия необходимого количества сил и средств ПСГ к месту вызова при возникновении крупного пожара или ЧС на объектах Международной выставки «ЭКСПО – 2017», описанных в первой главе, при различных условиях.

Для моделирования сценариев использовалась КИС КОСМАС, адаптированная к условиям ПСГ Астаны (раздел 3), которая позволяла оценить возможность и время прибытия требуемого набора техники к месту вызова [85–88].

На рисунке 4.2 представлена схема размещения объектов «ЭКСПО – 2017», на рисунке 4.3 показаны зоны нормативного обслуживания ближайших пожарных депо к исследуемому объекту, где время прибытия составляет не более 10 минут.

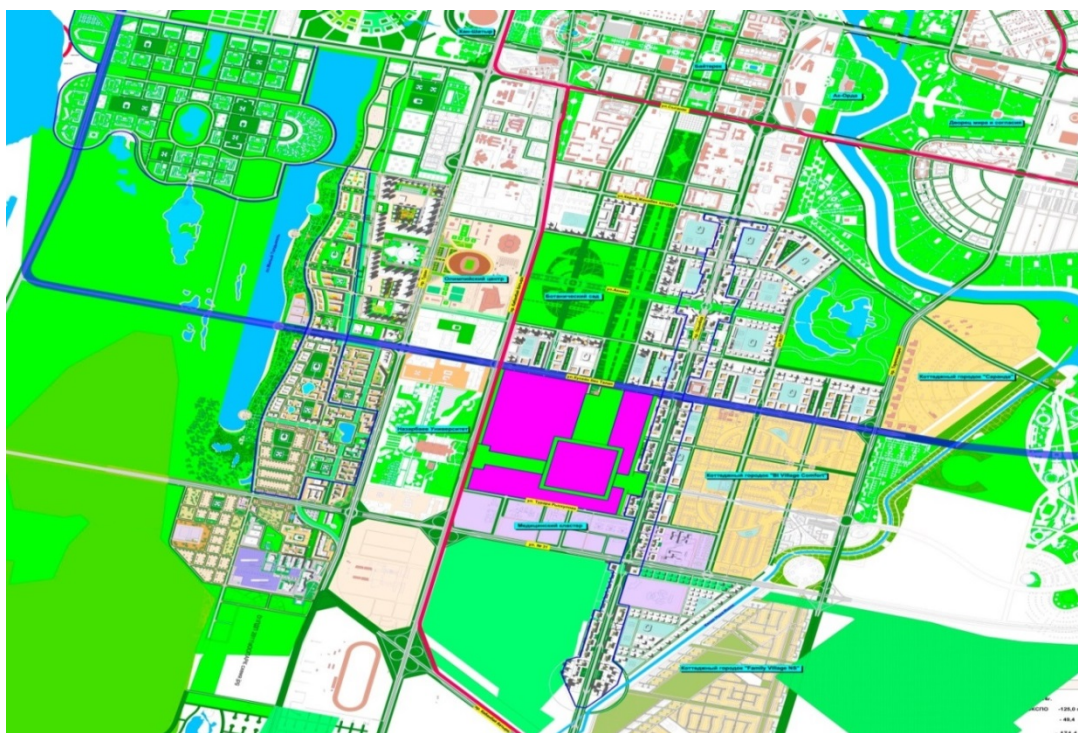


Рисунок 4.2 – Схема размещения объектов «ЭКСПО – 2017»

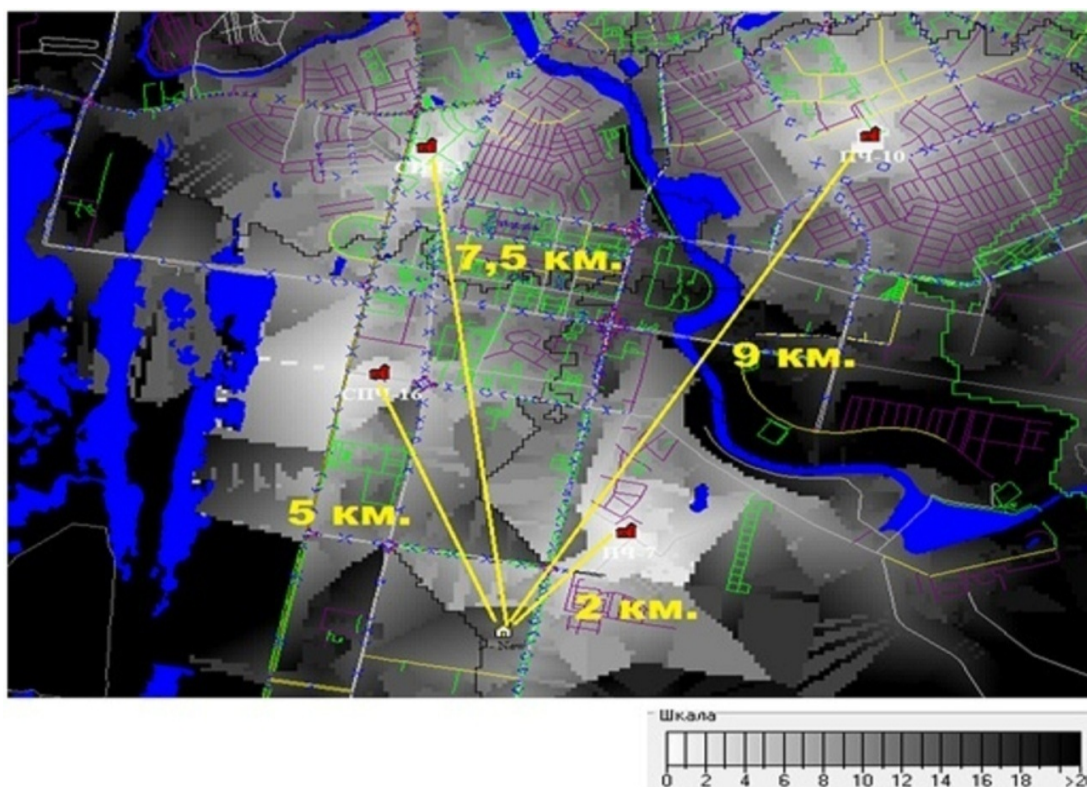


Рисунок 4.3 – Дислокация ближайших к исследуемому объекту пожарных депо и зоны покрытия территории города пожарными подразделениями (расстояния от исследуемого объекта до пожарных депо представлены по существующей транспортной сети города)

Из рисунка 4.3 видно, что в пределах расстояния 9 км, по существующей транспортной сети, от исследуемого объекта дислоцируются 4 пожарных депо ПЧ-7 – 2 км, СПЧ-16 – 5 км, СПЧ-3 – 7,5 км, ПЧ-10 – 9 км. В данных пожарных депо дислоцируется 23 единицы основной и специальной пожарной техники.

Исследуемый объект находится в зоне, куда первые ПСП смогут прибыть в зависимости от загруженности транспортной сети до 10 минут (с момента сообщения о вызове до прибытия подразделений на место вызова). Однако здесь не учтена возможная одновременная занятость этих подразделений обслуживанием других вызовов, тем более что каждое из них имеет, в среднем, за год, примерно 400–500 выездов.

Поэтому для оценки вероятности и времени прибытия сил и средств ПСГ к месту вызова при возникновении крупного пожара или ЧС на объектах Международной выставки «ЭКСПО – 2017» был проведен целый комплекс имитационных экспериментов по трем сценариям:

- при текущих параметрах оперативной обстановки в городе в различные месяцы, дни недели, время суток;

– при гипотетическом увеличении плотности потока вызовов, обслуживаемых гарнизоном, в два раза (т. е. при резком увеличении объема оперативной работы) в различные месяцы, дни недели, время суток;

– при возникновении ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС в ближайших к объекту районах, требующих для своей ликвидации одновременного привлечения значительного числа сил и средств в различные месяцы, дни недели, время суток.

Принимая во внимание позднее обнаружение и сообщение о возгорании в противопожарную службу работниками организаций (объектов) вследствие принимаемых самостоятельных, безуспешных мер по тушению, а также применение при строительстве пожароопасных материалов предполагается, что на объекте может возникнуть крупный пожар (наихудшая ситуация – ранг вызова 3). По номеру 3 в соответствии с расписанием выездов ПСГ высылается до 23 единиц пожарной техники. Принято условие, что при возникновении пожара к месту вызова будут высылаться все ближайшие свободные оперативные отделения, независимо от того, где они находятся, в местах своей дислокации или в пути следования в депо (данное условие в некоторой степени допускает отступление от принятого расписания выездов).

Очевидно, что при необходимости можно задать и любые другие условия и ограничения, а подобных вариантов моделирования, их комбинаций, может быть достаточно много.

4.2.1 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте при текущих параметрах оперативной обстановки

В таблице 4.1 представлены основные параметры эксперимента, на рисунке 4.4 – фрагмент имитации прибытия сил и средств к исследуемому объекту.

По результатам моделирования деятельности оперативных подразделений были определены значения времени прибытия различного количества оперативных отделений (разных типов) в исследуемый район и вероятности их прибытия.

Таблица 4.1 – Параметры эксперимента

№ п/п	Параметр моделирования	Значение
1	Количество пожарных депо	10
2	Число оперативных отделений в боевом расчете	69
3	Средняя скорость движения пожарных автомобилей по городу, км/ч	29
4	Плотность потока вызовов, выз/ч	0,4–1
5	Период имитации, сут.	365

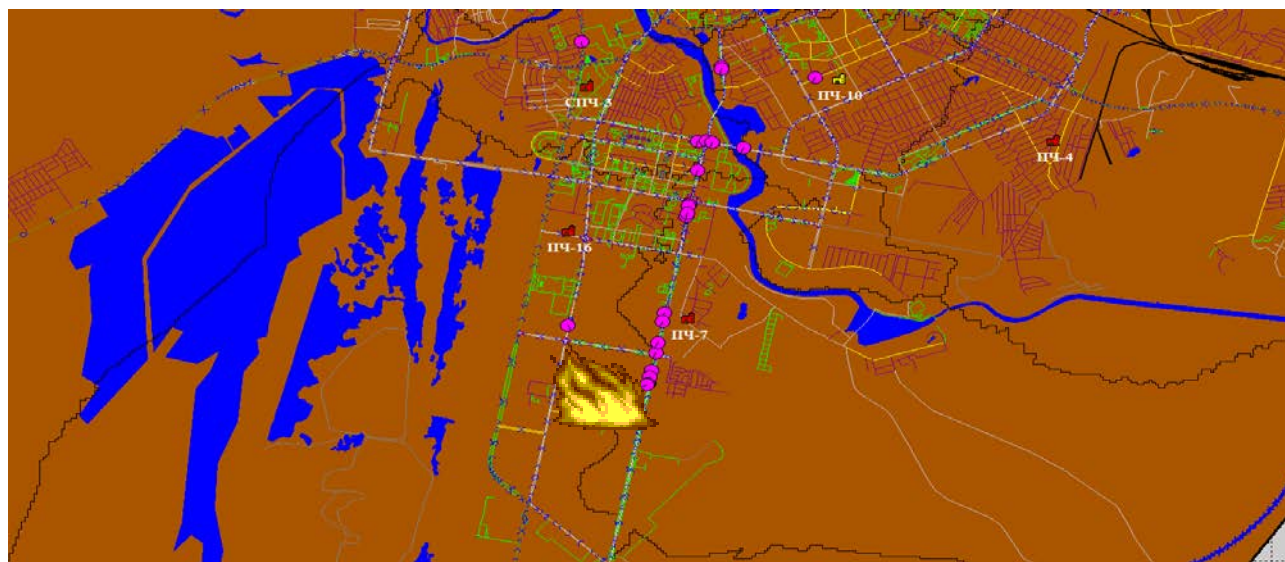


Рисунок 4.4 – Фрагмент моделирования прибытия сил и средств к исследуемому объекту

Исходя из дислокации сил и средств ПСП, время прибытия необходимого количества сил и средств (23 оперативных отделений) при условии, что все эти отделения окажутся свободными и будут находиться на местах своей дислокации, к исследуемому объекту составит от 6,5 (прибытие первых отделений) до 25 минут (прибытие последних отделений), при этом 50 % всех сил и средств смогут прибыть к месту вызова через 16–18 минут (рисунки 4.5–4.6).

Однако в результате моделирования, произведенного при текущих параметрах оперативной обстановки в городе, в ходе которого были

определены вероятности состояний всех оперативных отделений в любой момент времени, были получены следующие данные:

– исходя из реальных оценок вероятностей того, что каждое необходимое для данного вызова отделение окажется свободным в любой момент времени и сможет выехать по вызову, общая вероятность прибытия всех 23 оперативных отделений к исследуемому объекту в указанные промежутки времени составит не более 0,71 (рисунок 4.7).

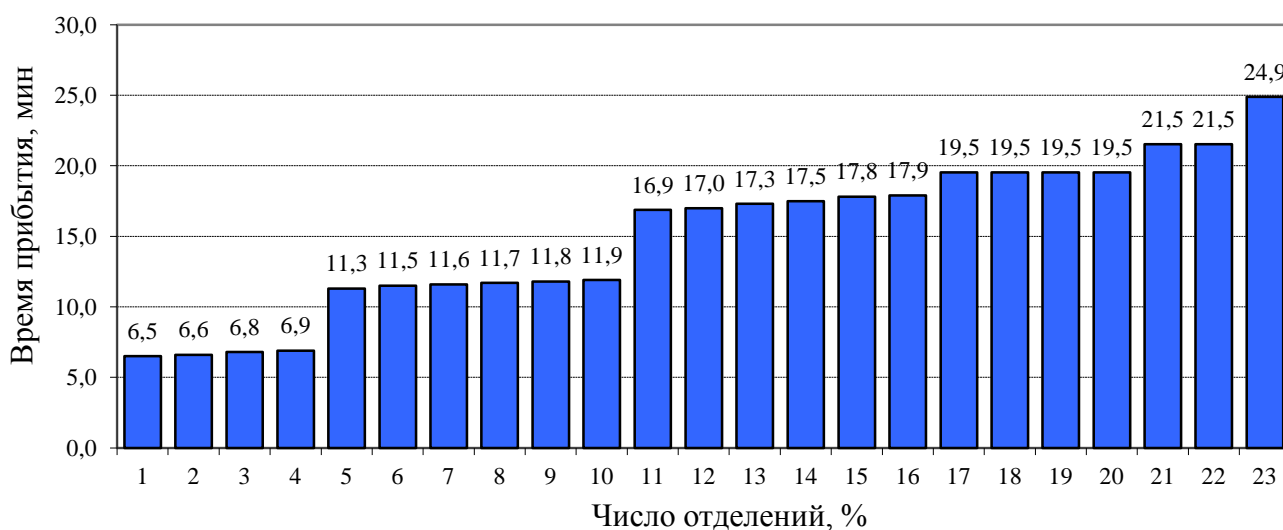


Рисунок 4.5 – Распределение времени прибытия для различного числа оперативных отделений к исследуемому объекту при текущих параметрах оперативной обстановки (по результатам моделирования)

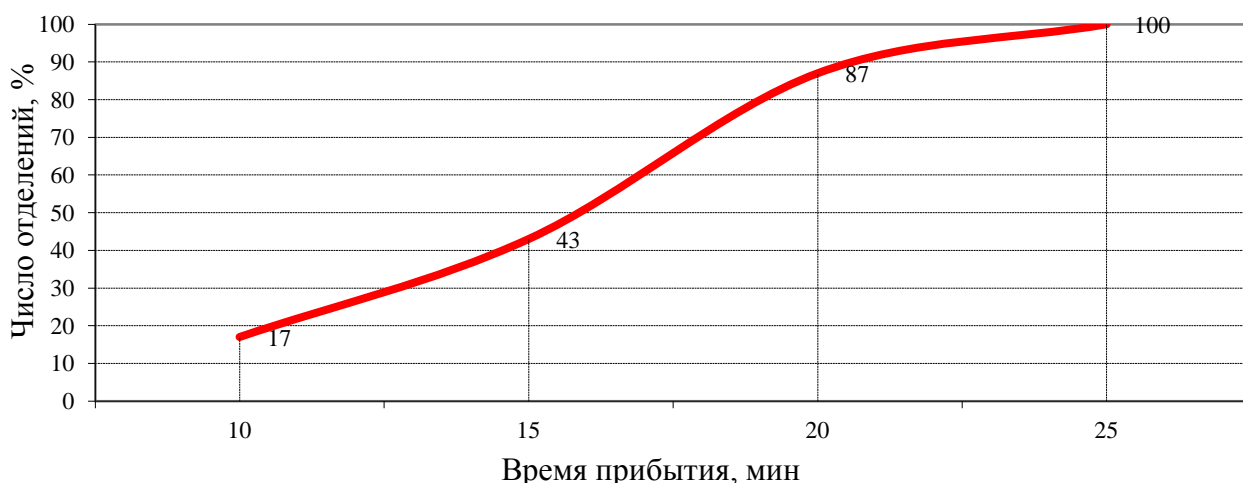


Рисунок 4.6 – Кумулята времени прибытия к исследуемому объекту при текущих параметрах оперативной деятельности

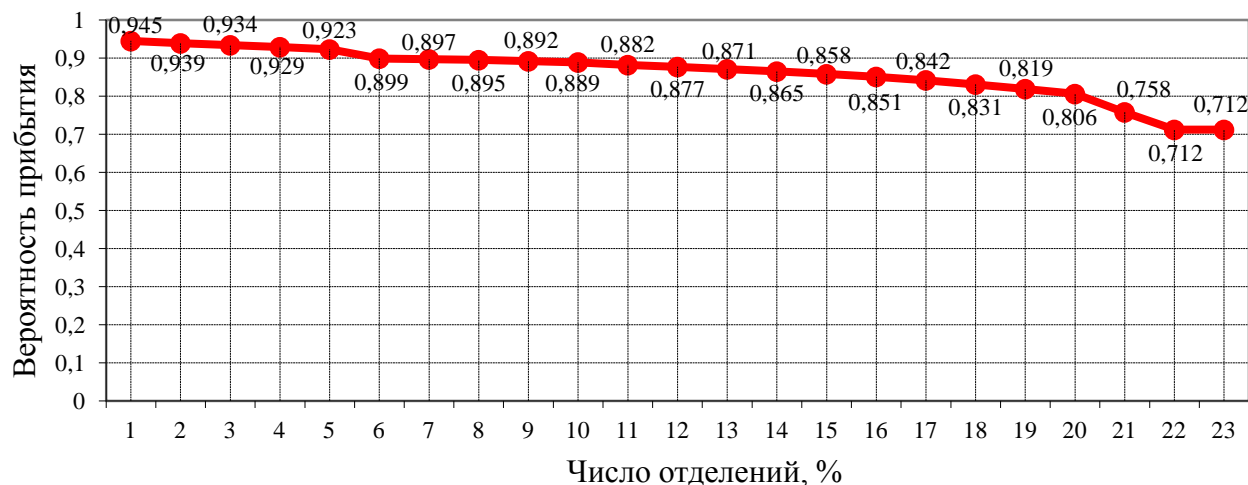


Рисунок 4.7 – Распределение вероятностей прибытия различного числа оперативных отделений к исследуемому объекту при текущих параметрах оперативной деятельности (по результатам моделирования)

Таким образом, только в 71 % случаев время прибытия всех 23 оперативных отделений окажется в указанных выше интервалах времени прибытия. В других случаях это время (для отдельных оперативных отделений) может оказаться больше или меньше, либо некоторые отделения вообще не смогут прибыть к месту вызова в указанный интервал в силу своей занятости на других вызовах.

На рисунке 4.8 представлена усредненная кривая времени прибытия, а также отклонения, которые были зафиксированы в процессе экспериментов.

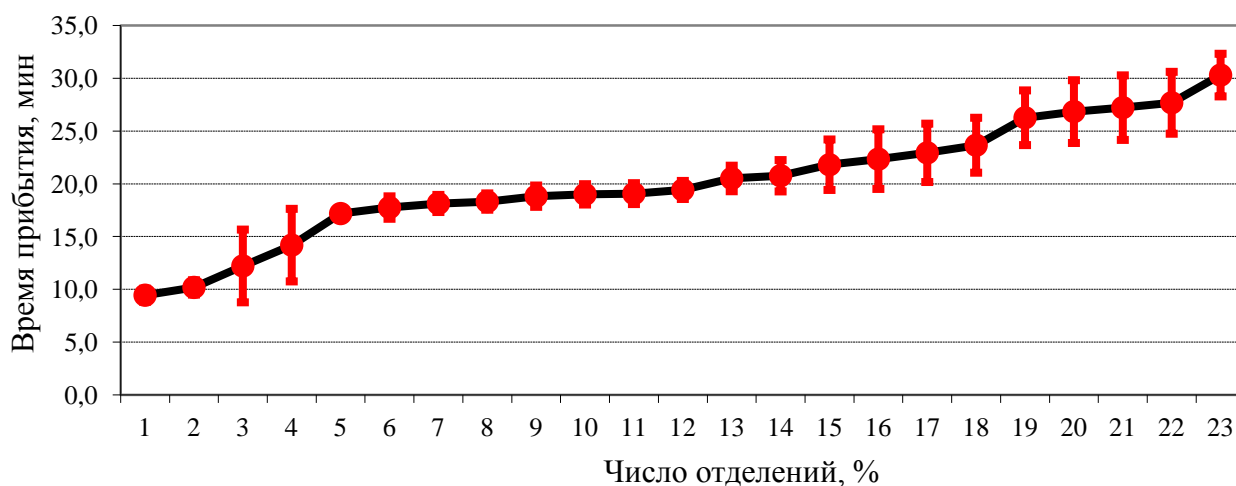


Рисунок 4.8 – Распределение времени прибытия к исследуемому объекту текущих параметров при текущих параметрах оперативной деятельности (по результатам моделирования)

По результатам экспериментов видно, что при текущих параметрах оперативной обстановки в городе время прибытия необходимого количества

сил и средств (23 оперативных отделений) к исследуемому объекту будет находиться в пределах от 10 (прибытие первых отделений) до 30 (прибытие последних отделений) минут. При этом следует иметь в виду, что для отдельных типов отделений возможны отклонения времени прибытия до 20 %, связанные с их занятостью обслуживанием других вызовов.

4.2.2 Моделирование сценариев возникновения чрезвычайных ситуаций на исследуемом объекте при изменении параметров оперативной обстановки

При следующем сценарии моделирования исследовалось время и вероятность прибытия необходимого количества оперативных подразделений при увеличении плотности потока вызовов в городе в 2 раза.

Полученные результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы: при увеличении плотности потока вызовов в 2 раза вероятность прибытия всех отделений в исследуемый район понизится и будет составлять не более 0,44, т. е. только в 44 % всех случаев время прибытия окажется в выше указанных интервалах, в других случаях это время (для отдельных оперативных отделений) может оказаться больше либо некоторые отделения вообще не смогут прибыть к месту вызова в период ликвидации ЧС в силу своей занятости на других вызовах (рисунок 4.9).

Из рисунка 4.10, на котором представлены усредненные кривые времени прибытия, а также отклонения, зафиксированные в процессе экспериментов, видно, что при увеличении в два раза плотности потока вызовов, обслуживаемых подразделениями, время прибытия необходимого количества сил и средств (23 оперативных отделений) к исследуемому объекту увеличится, и будет находиться в пределах от 9 до 30 минут. При этом следует иметь в виду, что для отдельных типов отделений возможны существенные отклонения времени прибытия до 20 % в худшую сторону.

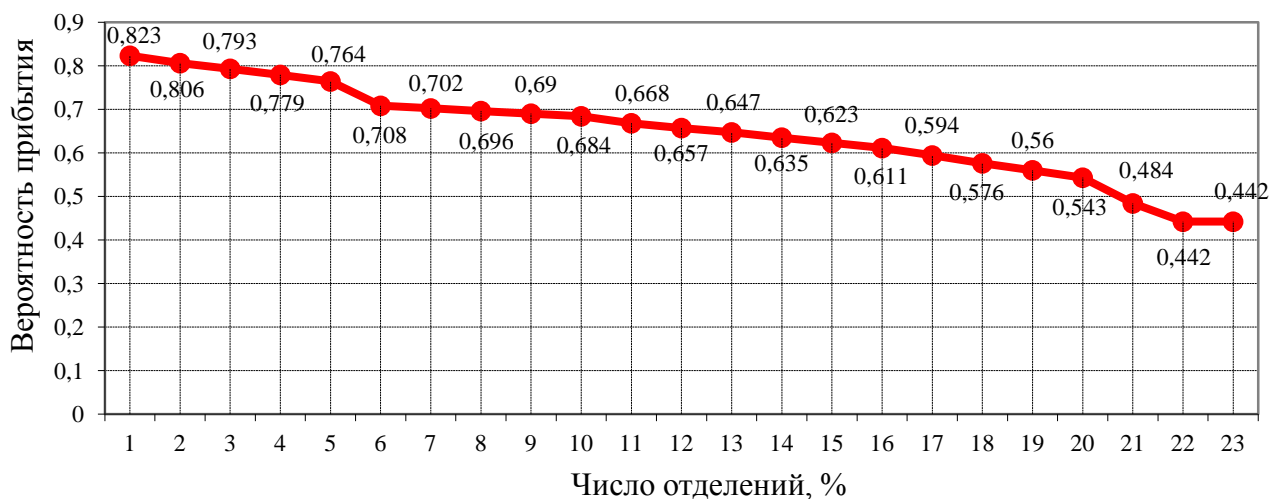


Рисунок 4.9 – Распределение вероятностей прибытия различного числа оперативных отделений к исследуемому объекту при гипотетическом увеличении плотности потока вызовов в два раза (по результатам моделирования)

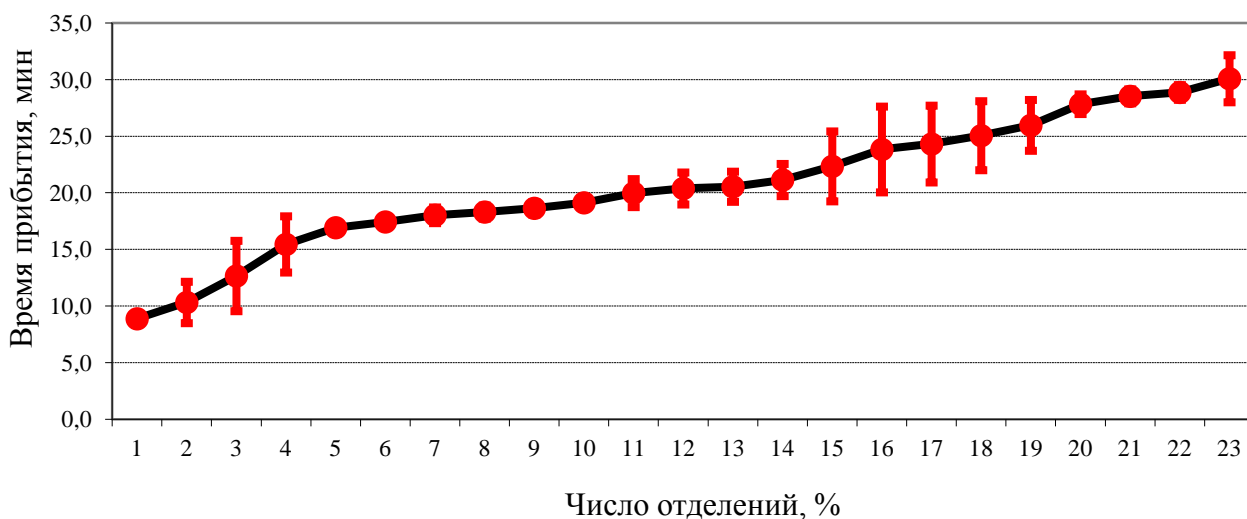


Рисунок 4.10 – Распределение времени прибытия к исследуемому объекту при гипотетическом увеличении плотности потока вызовов в два раза (по результатам моделирования)

4.2.3 Моделирование сценариев возникновения нескольких одновременных чрезвычайных ситуаций в городе

При третьем сценарии производился анализ времени и возможности прибытия необходимого количества оперативных подразделений при текущих параметрах оперативной обстановки в городе и при возникновении ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС – на исследуемом объекте и в ближайшем к объекту районе. По результатам моделирования возникновения

ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС на исследуемом объекте и в соседних районах (рисунок 4.11) видно, что время сосредоточения необходимого количества сил и средств повысится и будет находиться в интервале от 10 до 30 минут.

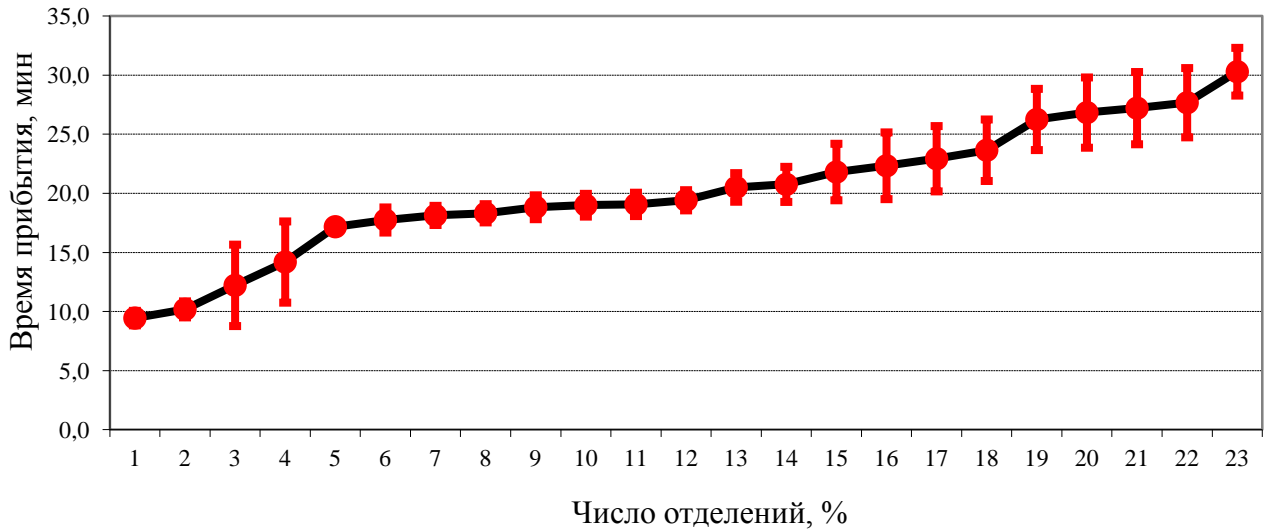


Рисунок 4.11 – Распределение времени прибытия к исследуемому объекту при возникновении ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС (по результатам моделирования)

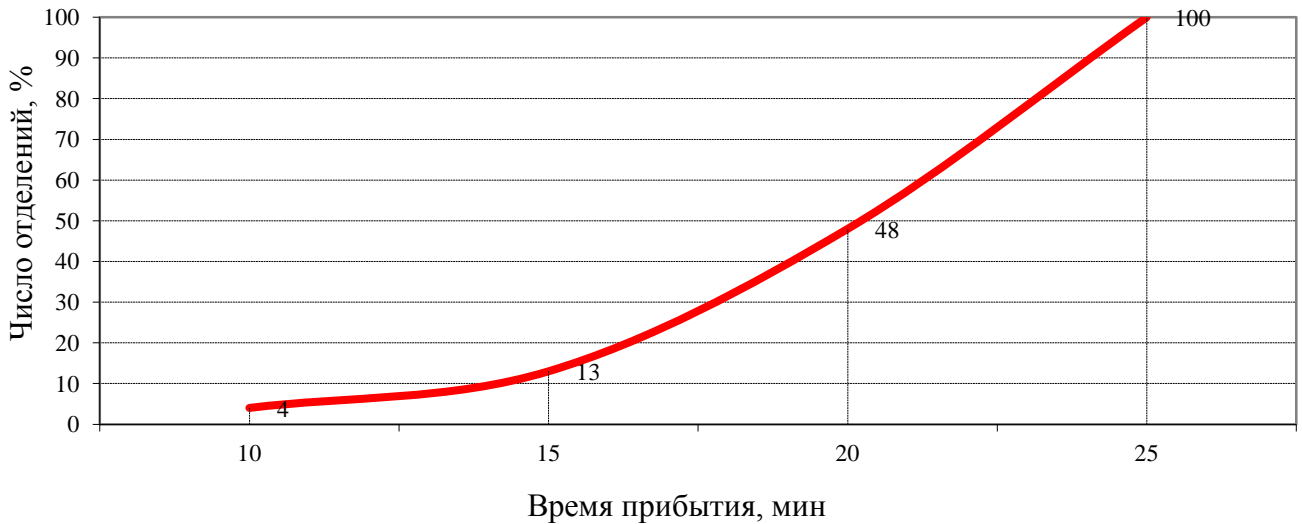


Рисунок 4.12 – Кумулята времени прибытия к исследуемому объекту при возникновении ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС (по результатам моделирования)

При этом половина сил и средств смогут прибыть к месту вызова только через 23 минуты, для некоторых отделений существенные отклонения времени прибытия будут до 20 % (рисунок 4.12). Некоторые вообще не смогут своевременно прибыть к месту вызова в силу своей занятости на других

вызовах, т. е. вместо 23 отделений к месту вызова в указанные временные рамки смогут прибыть меньшее число оперативных отделений. Это связано с тем, что из ближайших пожарных депо вся техника была выслана к первой ЧС и для второй ЧС приходится набирать технику уже из более удаленных пожарных депо.

4.2.4 Обобщённый анализ результатов имитационных экспериментов по сценариям

В таблице 4.2 приведены результаты проведенных имитационных экспериментов по всем сценариям. В результате серии имитационных экспериментов по оценке времени и вероятности прибытия сил и средств ПСГ Астаны к исследуемому объекту для ликвидации крупного пожара или ЧС при существующей численности и дислокации ПСП города и транспортной сети можно сделать следующие выводы:

1. При текущих параметрах оперативной обстановки в городе время сосредоточения необходимого количества сил и средств к исследуемому району по рангу вызова 3 (23 оперативных отделений), в случае возникновения пожара, будет находиться в интервале от 6 до 25 минут. При этом 50 % сил и средств смогут прибыть к месту вызова только через 16–18 минут. Следует иметь в виду что все оперативные отделения соберутся в указанный интервал только в 71 % случаев, в других случаях это время окажется большим.

2. При гипотетическом увеличении плотности потока вызовов в два раза, время сосредоточения необходимого количества сил и средств в исследуемый район будет находиться в интервале от 9 до 30 минут, при этом только в 44 % случаев все оперативные отделения соберутся в течение указанного интервала (за счет увеличения случаев одновременных вызовов). Для отдельных типов оперативных отделений возможны отклонения во времени прибытия до 25 %, связанные с их занятостью обслуживанием других вызовов.

3. При возникновении ситуации одновременного обслуживания двух крупных ЧС на исследуемом объекте и в соседних районах время сосредоточения необходимого количества сил и средств повысится и будет находиться в интервале от 10 до 30 минут. При этом для некоторых отделений возможны существенные отклонения времени прибытия (до 20 %), а некоторые вообще не смогут своевременно прибыть к месту вызова в силу своей занятости на других вызовах, т. е. вместо 23 отделений к месту вызова в указанные временные рамки смогут прибыть меньшее число оперативных отделений.

Таблица 4.2 – Сводная таблица результатов имитационных экспериментов

Условия моделирования:		
Текущие параметры оперативной обстановки в городе	Увеличение плотности потока вызовов 2 раза	Возникновение в исследуемом районе двух ЧС одновременно
Среднее время и вероятность прибытия – первого отделения / всех оперативных отделений		
Время – 6 мин/25 мин Вероятность – 0,94/0,71	Время – 9 мин/30 мин Вероятность – 0,82/0,44	Время – 9 мин/33 мин
Возможные отклонения времени прибытия до 20 %	Возможные отклонения времени прибытия до 25 %	Возможные отклонения времени прибытия до 20 %

4.2.5 Рекомендации по совершенствованию системы обеспечения пожарной безопасности объектов Международной выставки «ЭКСПО – 2017»

Руководствуясь результатами компьютерного моделирования для обеспечения своевременного прибытия необходимого количества сил и средств ПСП для ликвидации возможного пожара на исследуемом объекте, были предложены следующие рекомендации:

1. Для надежной защиты исследуемого объекта, инфраструктура которого, в соответствии с планом развития города, будет развиваться, можно рекомендовать размещение вблизи объекта двух небольших пожарных депо (на 2–3 бокса). В этом случае время прибытия пожарных подразделений к исследуемому объекту снизится на 40–50 %, а вероятность прибытия повысится.

2. На исследуемом объекте можно предусмотреть оборудование 1–2 боксов для размещения пожарной техники и личного состава противопожарной службы для осуществления дежурства в период работы объекта.

3. Организация частной пожарной охраны на объекте для оказания помощи в обеспечении пожарной безопасности.

4. В случае возникновения крупных ЧС в исследуемом районе следует производить передислокацию свободной техники из удаленных пожарных депо в пожарные депо, расположенные вблизи исследуемого объекта, что позволит (в случае необходимости) снизить время прибытия в исследуемый район первых оперативных подразделений.

5. Для увеличения скорости следования ПСП к месту пожара предусмотреть техническое оснащение более скоростными автомобилями, постановкой в боевой расчет автомобилей быстрого реагирования или пожарных мотоциклов.

6. На случай возникновения крупных ЧС в состав группировки включить силы и средства авиационной аварийно-спасательной службы.

7. Для оказания экстренной медицинской и психологической помощи пострадавшим в случае возникновения ЧС предусмотреть бригады экстренного реагирования Центра медицины и катастроф и психологов.

4.2.6 Схема принятия решений по поддержке управления ПСГ

На основе алгоритма оценки возможностей ПСГ при реагировании на крупные пожары и ЧС разработана схема принятия решений по поддержке управления ПСГ (рисунок 4.13). В процессе принятия сложных (обычно стратегических) решений может выступать лицо в качестве эксперта, профессионала в той или иной области, к которому обращаются за оценками и рекомендациями. Учитывая то, что работа с имитационной моделью предполагает большое количество проведения имитационных экспериментов,

эксперт использует сценарии, состоящие из сформулированных задач в виде параметров процесса функционирования ПСГ с учетом перспективного развития города при этом имея свои критерии и ограничения.

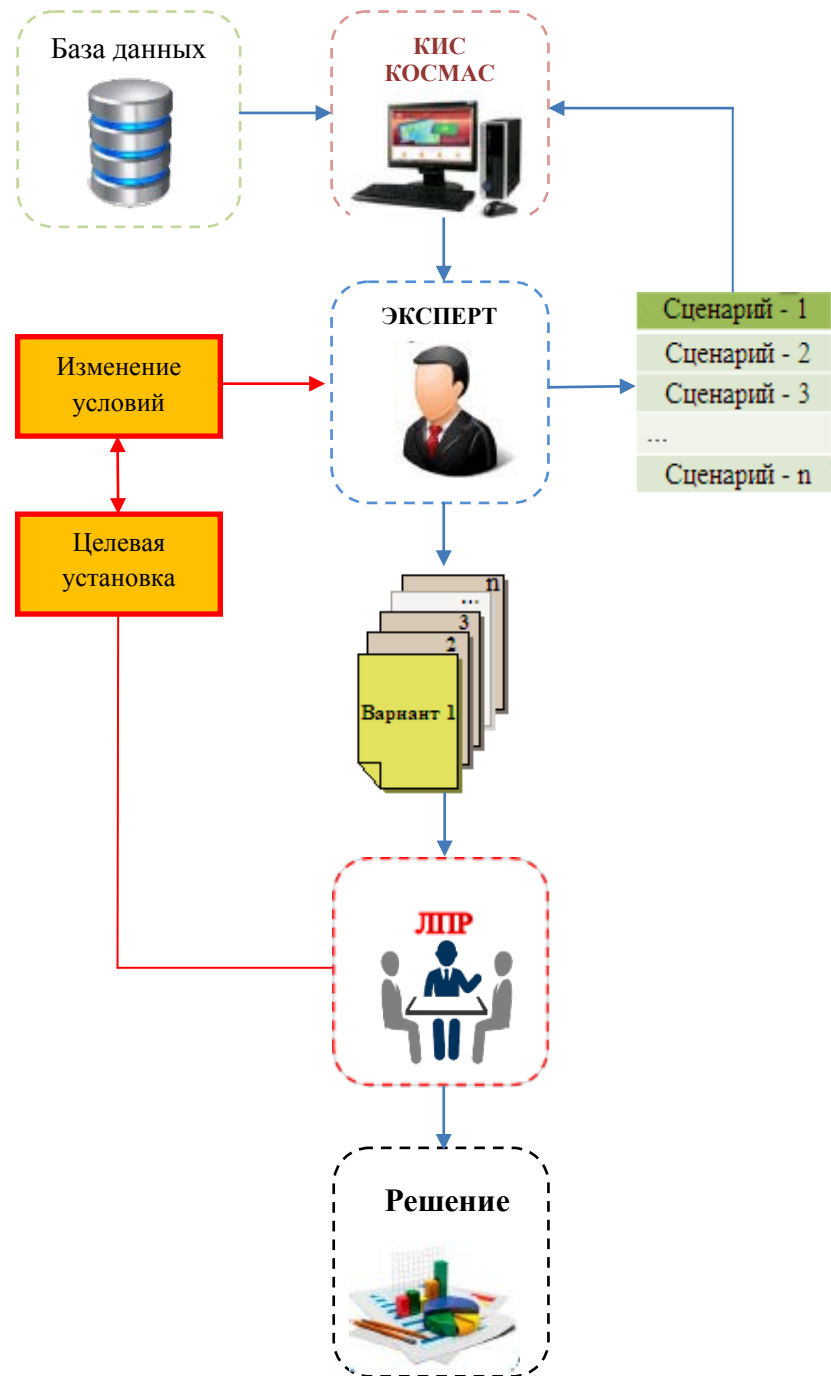


Рисунок 4.13 – Схема алгоритма принятия решений по поддержке управления ПСГ

Следующий этап связан с определением вариантов управленческих решений (альтернатив), который можно подразделить на три этапа: результаты моделирования, поиск и нахождение альтернатив, выбор оптимального варианта. В случае если полученные результаты оказались

неудовлетворительными, то ЛПР может потребовать изменение условий в процессе моделирования.

Описанный выше процесс позволяет проводить индивидуальные исследования для решения большого спектра задач, однако нужно понимать, что планирование и управление социально-экономическими системами предполагает особые сложности. Один или несколько экспертов не могут удержать в голове все принципиально важные детали исследуемого объекта, и во многих случаях доступ к определенным базам данных строго ограничен. Поэтому при разработке и планировании экспериментов желательно подключать компетентных специалистов и руководство гарнизона с распределением полномочий, которое дает существенное преимущество на различных этапах исследования. На рисунке 4.14 приведен пример схемы организации коллективной работы по оценке возможностей ПСГ.

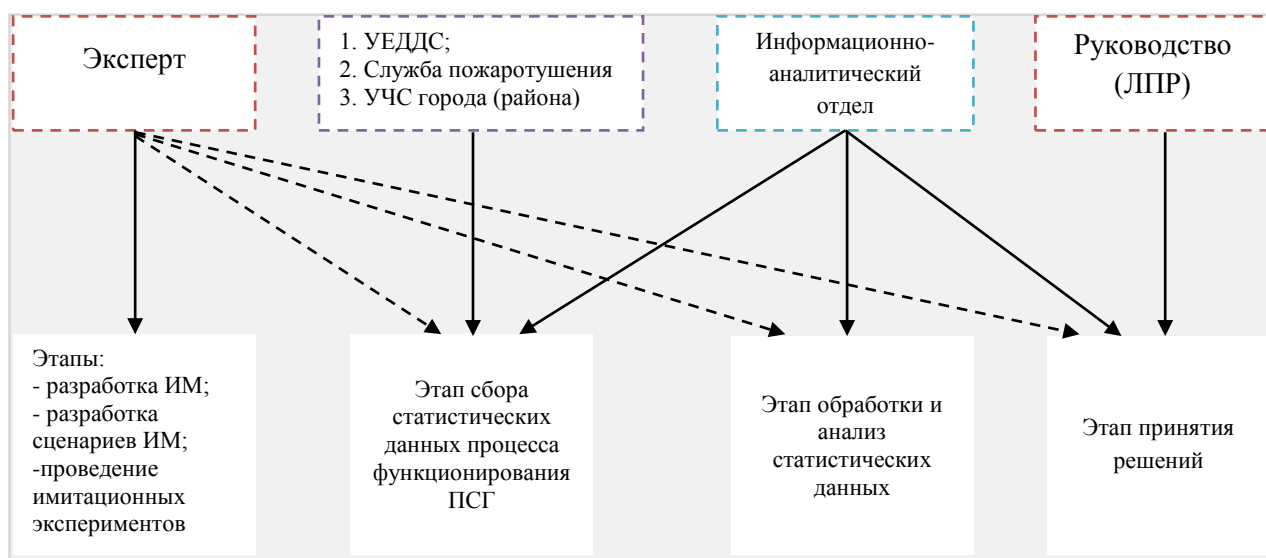


Рисунок 4.14 – Схема организации коллективной работы по оценке возможностей ПСГ

Эффективность деятельности ПСГ складывается из совокупности реализации оперативного и стратегического управления. На уровне оперативного управления обеспечиваются задачи реагирования на пожары и ЧС при различных реальных и гипотетических условиях функционирования, автоматизированных систем управления, где в качестве ЛПР на данном уровне управления могут быть начальники пожарных частей, оперативных отделов. Стратегическое управление подразумевает выработку долгосрочных

организационных и управленческих планов, где ответственность за принятие решений ложится не только на опытного руководителя гарнизона, но и на результаты анализа математического аппарата, имитационного моделирования. Схема принятия решений по оперативному и стратегическому управлению ПСГ представлена на рисунке 4.15.

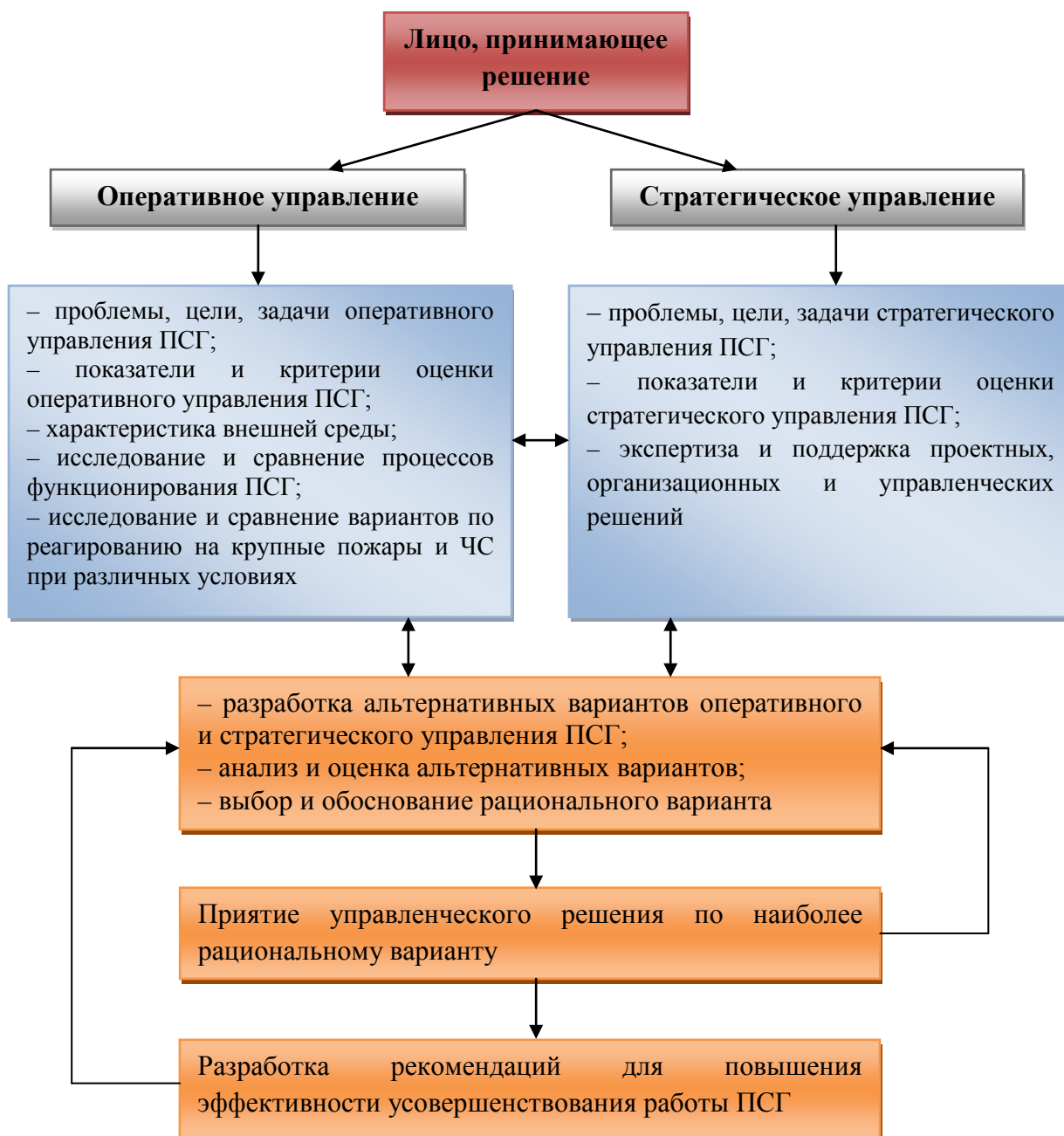


Рисунок 4.15 – Схема принятия решений по оперативному и стратегическому управлению ПСГ

4.3 Разработка проекта развития пожарно-спасательного гарнизона города Астаны

Защита населенных пунктов от пожаров и ЧС является одной из важных задач которое возложено на ПСГ. Поэтому задача по созданию оптимальной по функциональности и стоимости ПСГ любого населенного пункта является одной из актуальных научных задач, решения которой ищут ученые и специалисты разных стран мира [89, 90]. При этом требуется обосновать минимально необходимое количество пожарных депо с соответствующим набором сил и средств для защиты населенных пунктов от пожаров и ЧС.

На основании результатов исследований, проведенных в данной работе и директив полученных от руководства ПСГ Астаны, была сформулирована следующая задача – создание эффективной системы дислокации сил и средств соответствии с перспективным планом развитием инфраструктуры города в рамках формирования Астанинской агломерации до 2030 года, где будут созданы условия жизнеобеспечения растущего населения, в том числе на окраинах города.

На рисунке 4.16 представлена общая схема поэтапного развития территории города до 2030 года.



Рисунок 4.16 – Схема поэтапного развития города Астаны до 2030 г.

В соответствии с поставленной задачей был разработан план проведения имитационных экспериментов по развитию схемы размещения пожарных депо ПСГ с учетом Генерального плана развития территории и инфраструктуры города до 2030 года.

План экспериментов предусматривал оптимизацию (по заданным критериям) размещения новых пожарных депо в городе с учетом:

- существующей сети пожарных депо и размещенных в них сил и средств;
- существующей схемы развития сети пожарных депо предусмотренной руководством гарнизона до 2030 года;
- возможного изменения параметров оперативной обстановки в перспективе, связанного с увеличением плотности потока вызовов (от 3 до 5 тыс. вызовов в год) и его распределения по территориальным единицам города;
- изменения инфраструктуры и территории городской среды.

Поиск мест дислокации новых пожарных депо производился в ходе проведения серии имитационных экспериментов при следующих условиях:

- шаг поиска по территории места дислокации нового депо – 1 км;
- предполагаемое число и типы автомобилей в новом депо – 2 автоцистерны, при необходимости автоколенчатый подъемник или автолестница, аварийно-спасательный автомобиль;
- критерий оптимизации – среднее время следования по городу;
- период имитации – 365 суток (т. е. моделируется год работы ПСГ).

В таблице 4.3 представлены результаты имитационных экспериментов при существующем расположении пожарных депо, на рисунке 4.17 – существующие зоны покрытия города ПСП со временем следования 10 минут (в черные зоны время следования превышает 10 мин.).

Таблица 4.3 – Результаты моделирования при текущей численности и размещении пожарных депо (10 пожарных депо)

№ п/п	Параметр	Результаты моделирования
1	Число депо	10
2	Число отделений в депо	69

Окончание таблицы 4.3

3	Число выездов в год	3000	4000	5000
4	Среднее число вызовов в месяц	245,10	328,44	406,60
5	Среднее число вызовов в сутки	8,17	10,95	13,55
6	Среднее число вызовов в час	0,34	0,46	0,56
7	Среднее число одновременных вызовов	1,14	1,23	1,26
9	Максимальное число одновременных вызовов	4	5	5
10	Среднее время следования первого отделения, мин	11,65	11,85	12,45
11	Максимальное время следования первого отделения, мин	55,22	57,10	56,43
12	Среднее время следования всех отделений, мин	13,39	13,68	13,54
13	Среднее время следования достаточного числа отделений, мин	16,15	16,55	16,59
14	Среднее время прибытия (диспетчеризация+сбор+следование), мин	13,99	14,24	14,37
15	Среднее время занятости на одном вызове, мин	25,29	24,61	22,67
16	Максимальное время занятости на одном вызове, мин	185,40	194,45	185,40
17	Среднее число одновременно занятых отделений	5,29	5,68	5,75
18	Максимальное число одновременно занятых отделений	31	35	40

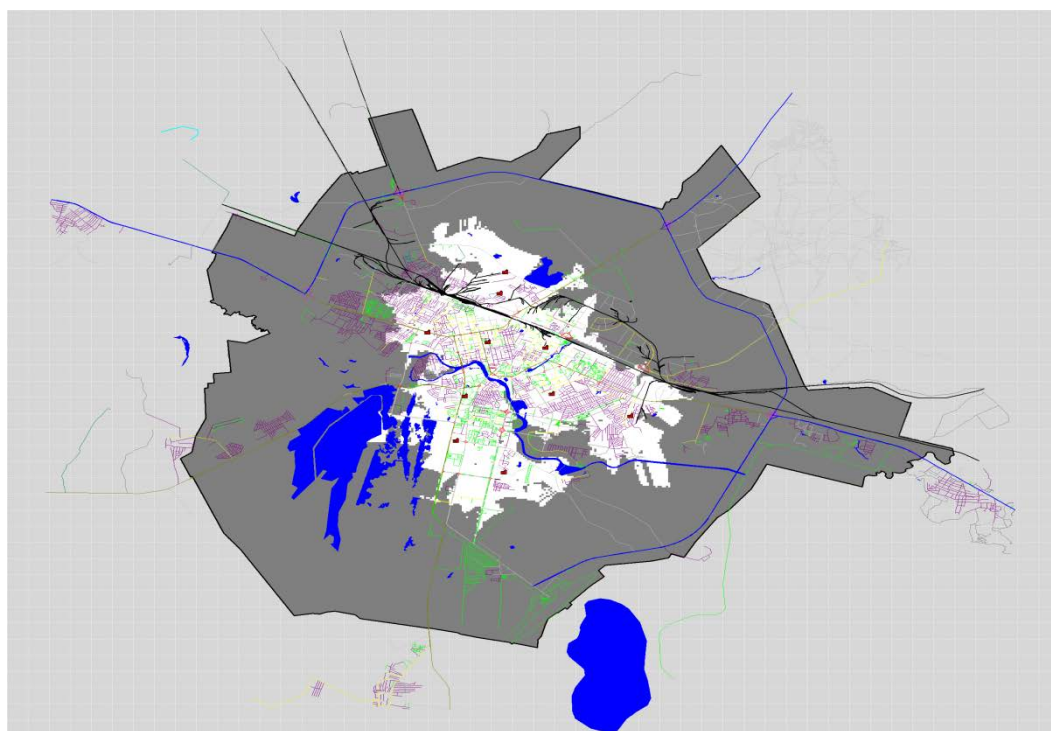


Рисунок 4.17 – Зоны покрытия территории города с временем следования до 10 минут при существующем варианте размещения пожарных депо

Анализ результатов моделирования, представленный в таблице 4.3 и рисунке 4.17, показал, что при существующих параметрах оперативной обстановки среднее время следования первого отделения за один год составило 11,65 минут, но был зафиксирован случай, когда первое отделение следовало к месту вызова 55 минут, что недопустимо для такой оперативной службы. Среднее время прибытия за год составило 14 минут.

При гипотетическом увеличении, в будущем, параметров оперативной обстановки, связанного с увеличением плотности потока вызовов в 1,5-2 раза среднее время следования и среднее время прибытия первого отделения ухудшились на одну минуту, а максимальное время прибытия на две. На основании проведенного моделирования, учитывая перспективные параметры развития города (даже при спокойной оперативной обстановке), его улично-дорожной сети при существующем варианте размещения пожарных депо первые ПСП не в состоянии оперативно прибыть на место вызова, а гипотетические условия эксперимента указывают на необходимость решения организационно-управленческих задач по совершенствованию ПСГ.

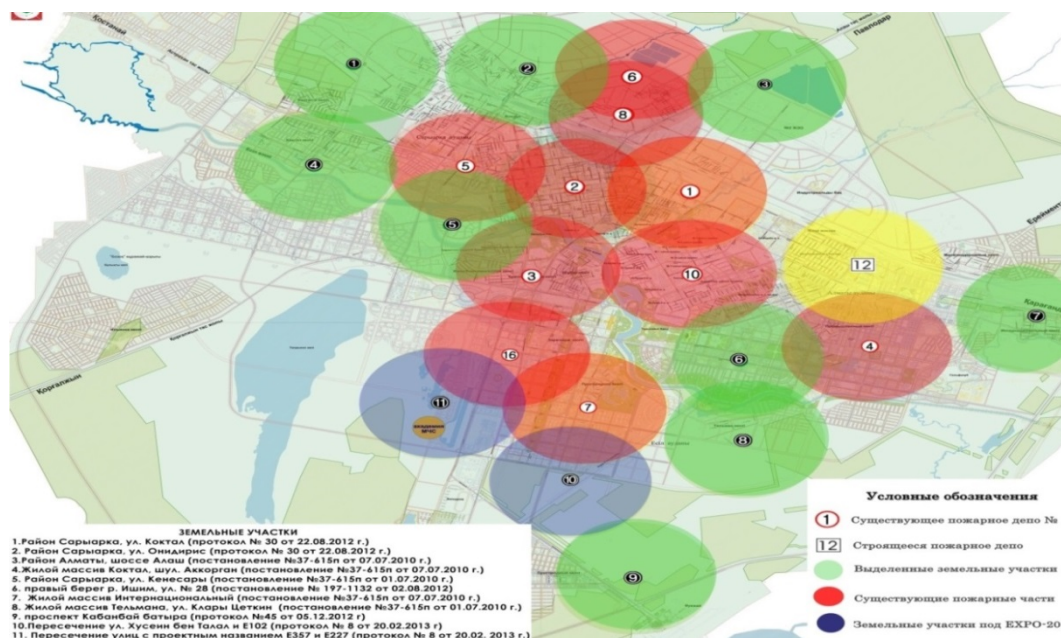


Рисунок 4.18 – Схема развития и размещения новых пожарных депо, предусмотренная в 2014 г.

В 2014 году в рамках реализации плана развития города руководством гарнизона было принято решение о разработке перспективной схемы развития

и размещения новых пожарных депо. Предложенные, по результатам этой работы показатели по развитию сети пожарных депо и пожарной техники, предусматривали иметь в городе 22 пожарных депо на определенных выделенных участках, где среднее время прибытия первых ПСП к месту вызова прогнозировалось около 8–10 минут (рисунок 4.18).

В таблице 4.4 представлены результаты имитационных экспериментов при реализации предложенной схемы развития и размещения новых пожарных депо, а на рисунке 4.19 визуализация полученных результатов на карте города с учетом их зоны покрытия.

Таблица 4.4 – Результаты моделирования при реализации перспективной схемы развития новых пожарных депо (22 пожарных депо)

№ п/п	Параметр	Результаты моделирования		
1	Число депо	22		
2	Число отделений в депо	103		
3	Число выездов в год	3000	4000	5000
4	Среднее число вызовов в месяц	245,10	328,44	406,60
5	Среднее число вызовов в сутки	8,17	10,95	13,55
6	Среднее число вызовов в час	0,34	0,46	0,56
7	Среднее число одновременных вызовов	1,11	1,20	1,24
9	Максимальное число одновременных вызовов	4	5	5
10	Среднее время следования первого отделения, мин	8,58	8,80	8,95
11	Максимальное время следования первого отделения, мин	52,77	54,63	53,97
12	Среднее время следования всех отделений, мин	10,47	10,80	10,56
13	Среднее время следования достаточного числа отделений, мин	13,15	13,57	13,52
14	Среднее время прибытия (диспетчеризация+сбор+следование), мин	10,90	11,13	11,27
15	Среднее время занятости на одном вызове, мин	25,29	24,61	22,67
16	Максимальное время занятости на одном вызове, мин	185,40	194,45	185,40
17	Среднее число одновременно занятых отделений	5,18	5,63	5,65
18	Максимальное число одновременно занятых отделений	34	36	40

Таким образом, по результатам имитационного моделирования оперативной деятельности ПСГ было установлено, что при данном варианте

дислокации сил и средств ПСП, при текущих параметрах оперативной обстановки среднее время следования первого отделения за год составило 8,58 минут, максимальное время 52,77 минут, а среднее время прибытия 10,90 минут.

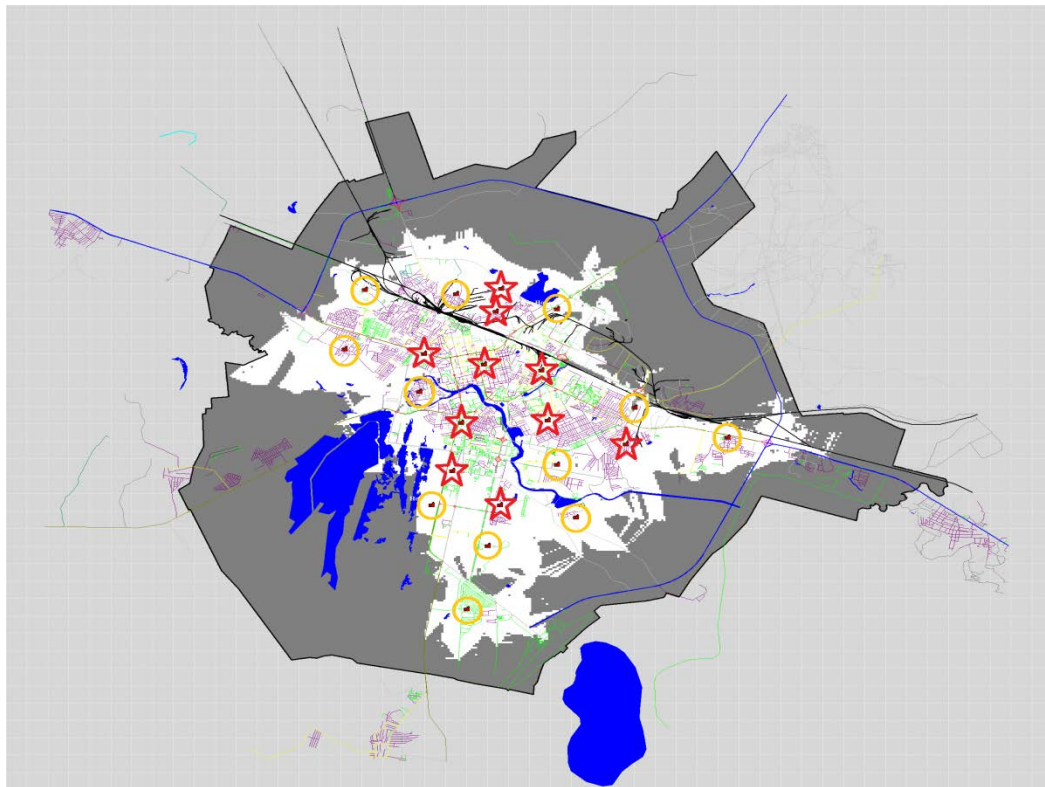


Рисунок 4.19 – Зоны покрытия территории города со временем следования до 10 минут при реализации схемы новых пожарных депо ДЧС г. Астаны (желтые круги – новые пожарные депо)

При гипотетическом увеличении плотности потока вызовов в 1,5–2 раза среднее время прибытия увеличится в среднем на 1 минуту. При введении новых пожарных депо по сравнению с существующими значениями оперативность ПСП повысится, однако время прибытия на удаленные объекты города и с одновременностью обслуживания нескольких вызовов все-таки будет превышать 10 минут, что также негативно отразится в будущем на процесс функционирования ПСП.

На рисунке 4.20 приведены выделенные зоны так называемого «резерва развития города». Анализ приведенной информации свидетельствует о том, что это довольно значительная территория, которая разрастается неравномерно. К тому же имеется тенденция крупномасштабного строительства на окраинах

новых районов и кварталов, в том числе и повышенной этажности, крупных торговых и развлекательных центров и многих других объектов, возникновение пожара на которых несет самые серьезные последствия.

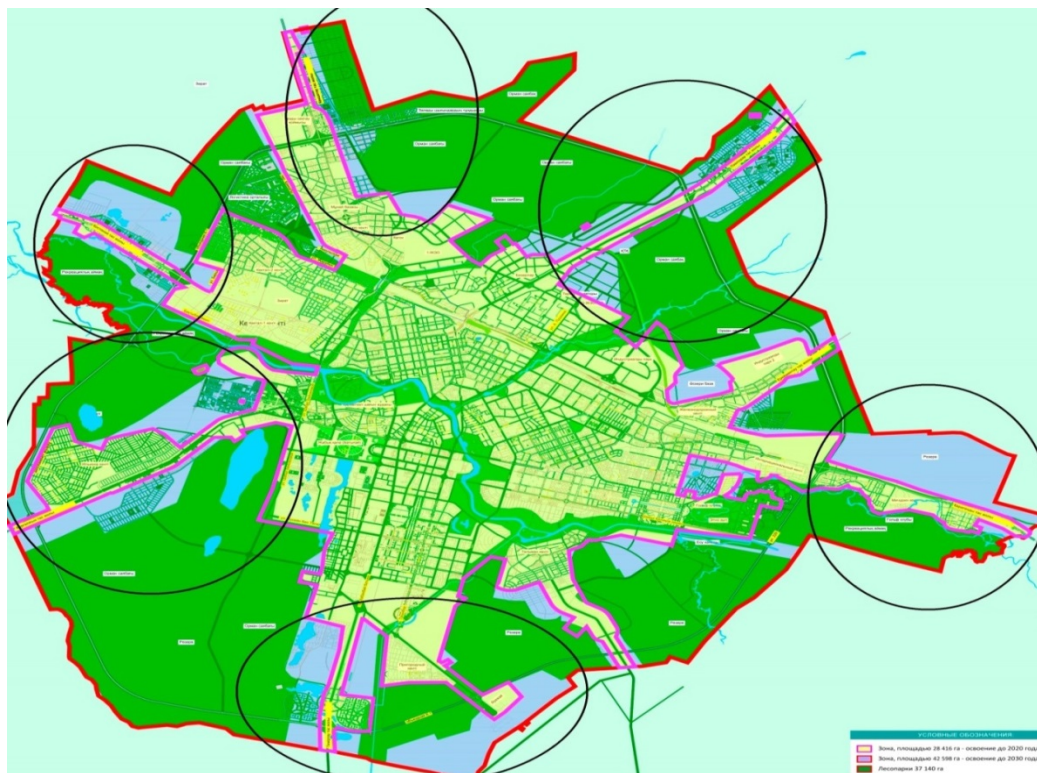


Рисунок 4.20 – Зоны резерва развития города до 2030 г.

Происходящие процессы в освоении территорий, примыкающих к городу, говорят о необходимости внести корректировку в план развития сети пожарных депо. В этой связи необходимо произвести аналогичную оценку рекомендуемых мест дислокации пожарных депо при тех же условиях.

В таблице 4.5 представлены результаты имитационных экспериментов при дислокации новых пожарных депо на территории города, которые были определены в результате имитационных экспериментов, на рисунке 4.21 наглядно представлены их зоны покрытия.

Таблица 4.5 – Результаты моделирования при дислокации новых пожарных депо, предложенных по результатам моделирования

№ п/п	Параметр	Результаты моделирования		
1.	Число депо	21		
2.	Число отделений в депо	107		
3.	Число выездов в год	3000	4000	5000
4.	Среднее число вызовов в месяц	245,10	328,44	406,60

Окончание таблицы 4.5

5.	Среднее число вызовов в сутки	8,17	10,95	13,55
6.	Среднее число вызовов в час	0,34	0,46	0,56
7.	Среднее число одновременных вызовов	1,12	1,20	1,25
9.	Максимальное число одновременных вызовов	4	5	5
10.	Среднее время следования первого отделения, мин	7,45	7,47	7,63
11.	Максимальное время следования первого отделения, мин	46,32	46,10	49,93
12.	Среднее время следования всех отделений, мин	9,68	9,76	9,50
13.	Среднее время следования достаточного числа отделений, мин	12,04	12,21	12,02
14.	Среднее время прибытия (диспетчеризация+сбор+следование), мин	9,76	9,80	9,95
15.	Среднее время занятости на одном вызове, мин	25,29	24,61	22,67
16.	Максимальное время занятости на одном вызове, мин	185,40	194,45	185,40
17.	Среднее число одновременно занятых отделений	5,22	5,66	5,68
18.	Максимальное число одновременно занятых отделений	34	36	42

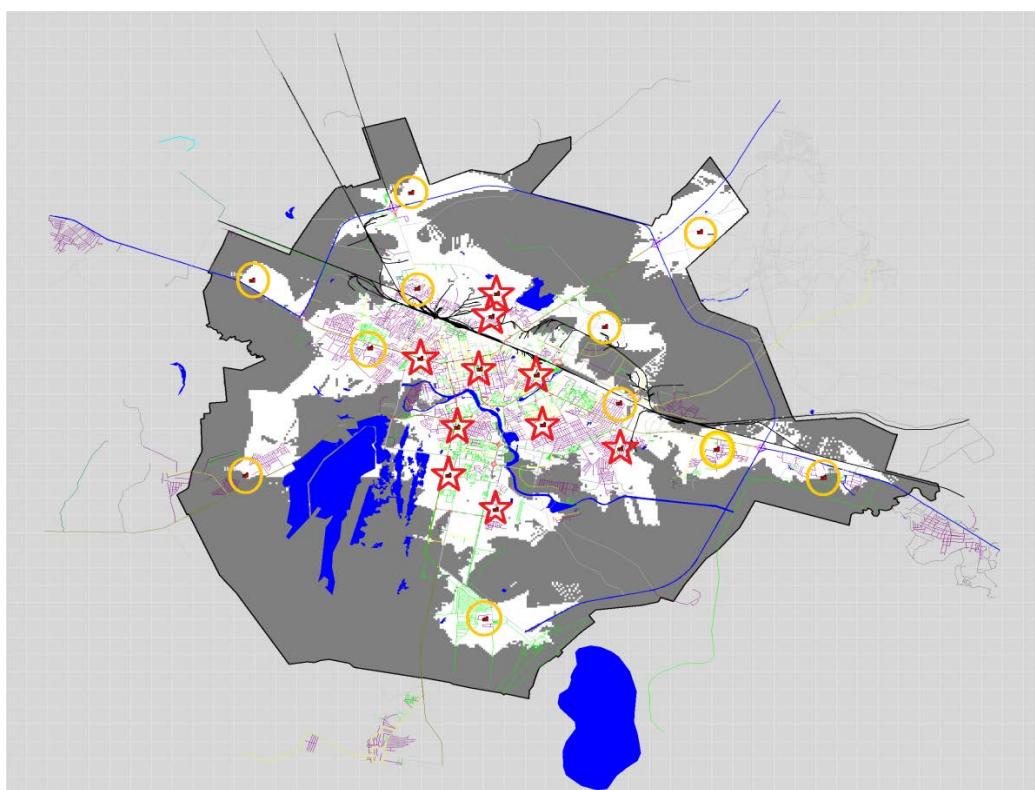


Рисунок 4.21 – Зоны покрытия территории города со временем следования до 10 минут при дислокации новых пожарных депо, которые были определены в результате имитационных экспериментов (желтые круги – новые пожарные депо)

В ходе проведенных имитационных экспериментов дополнительно к существующим пожарным депо были определены 11 новых потенциальных мест дислокации пожарных депо в соответствии с выделенными зонами резерва развития города. Анализ результатов моделирования (таблица 4.5 и рисунок 4.21) показывает, что при данном варианте размещения пожарных депо среднее время следования при текущих параметрах оперативной обстановки за год составляет в среднем 7,45 минут, среднее время прибытия – 9,76 минут. Даже при увеличении плотности потока вызовов в 1,5–2 раза время прибытия первого отделения к месту вызова не будет превышать 10 минут.

На рисунках 4.22–4.23 приведено распределение среднего времени следования и времени прибытия первых ПСП к местам вызовов при всех оцениваемых в ходе проведения имитационных эксперимента вариантах размещения пожарных депо.

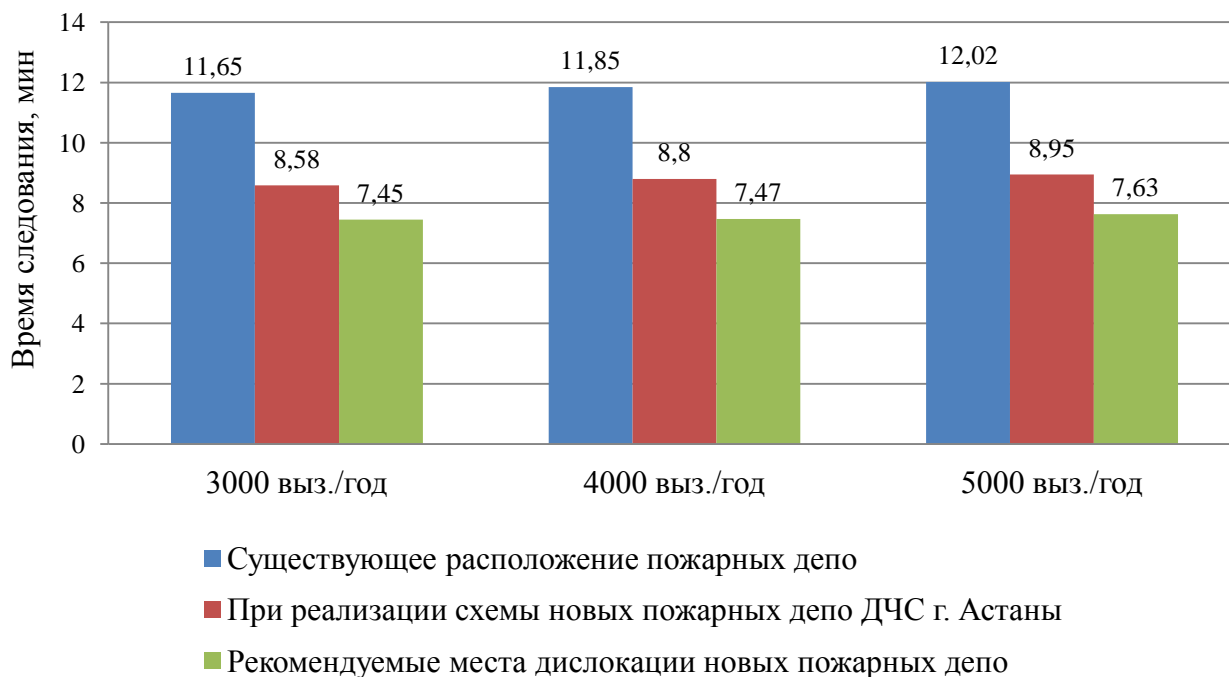


Рисунок 4.22 – Распределение времени следования ПСП к местам вызовов (по результатам моделирования)

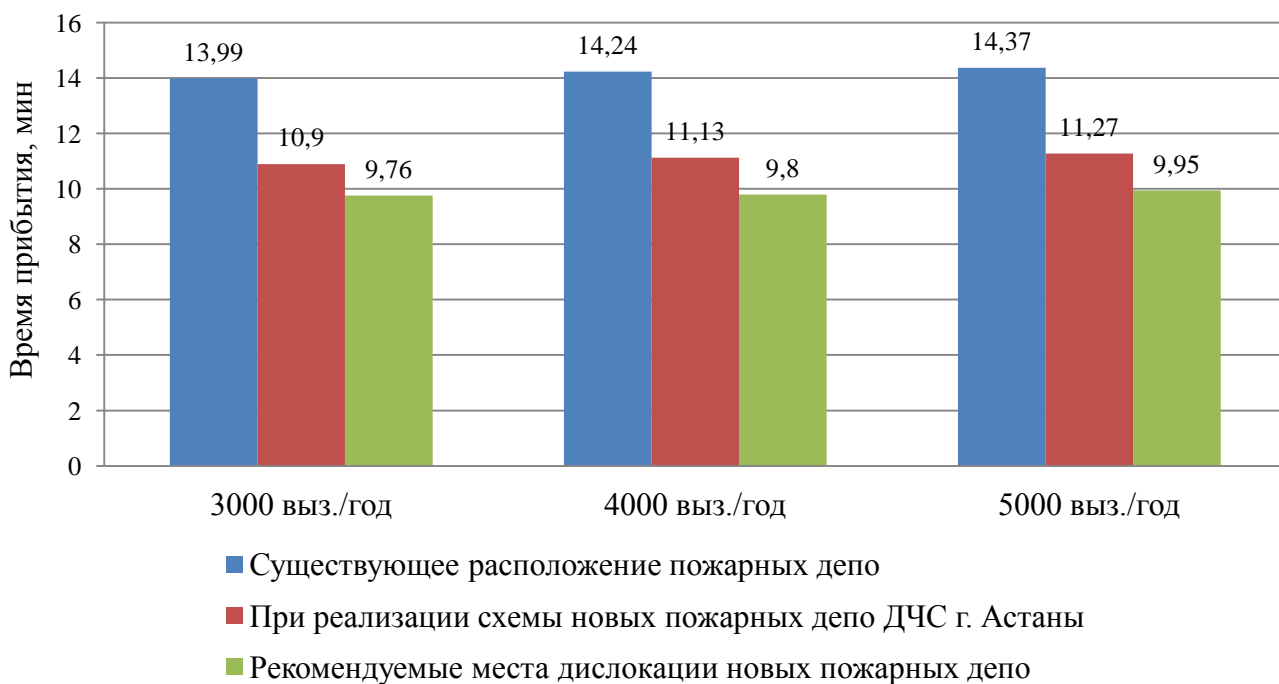


Рисунок 4.23 – Распределение времени прибытия ПСП к местам вызовов (по результатам моделирования)

Опираясь на полученные результаты имитационного моделирования, учитывающие перспективный план застройки территории города, был предложен вариант численности и размещения сил и средств ПСГ, который является наиболее рациональным с точки зрения развития службы, поскольку обеспечивает выполнение требований законодательства по оперативному реагированию при меньшем числе ресурсов службы чем вариант, предусмотренный ДЧС.

Выводы по главе 4

1. Разработан алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию при ликвидации крупных пожаров и ЧС на основе технологий имитационного моделирования. Реализация алгоритма продемонстрирован на примере ПСГ Астаны.

2. В рамках разработанного алгоритма определены сценарии проведения имитационных экспериментов по оценке возможностей и времени прибытия сил и средств ПСГ к месту вызова при возникновении крупного пожара на

объекте «ЭКСПО – 2017», которые были проведены с помощью имитационной системы «КОСМАС».

3. На основе алгоритма оценки возможностей ПСГ при реагировании на крупные пожары и ЧС разработана схема принятия решений по поддержке управления ПСГ.

4. Предложены рекомендации по совершенствованию организации и управления ПСГ Астаны, реализация которых позволила бы значительно повысить оперативность пожарных подразделений ПСГ.

5. Предложен проект схемы развития сети пожарных депо ПСГ Астаны с учетом перспективного плана развития города до 2030 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных исследований получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен анализ параметров оперативной обстановки и территориальных пожарных рисков в исследуемом городе, в результате которого установлено: ежегодное увеличение численности населения, числа пожаров и тяжести последствий от них; за последние 5 лет произошло увеличение времени прибытия первых ПСП к месту вызова на 22 %; риск человека столкнуться с пожаром за единицу времени, риск для человека погибнуть при пожаре и риск жителя города погибнуть в результате пожара выше, чем средний по республике.

2. Исследованы потоки вызовов ПСП, временные характеристики обслуживаемых вызовов и время сосредоточения сил и средств при крупных пожарах. В результате проведенного анализа установлено, что потоки вызовов ПСП на территории города хорошо описываются распределением Пуассона, а временные характеристики обслуживаемых вызовов распределением Эрланга, при этом время сосредоточения требуемого количества сил и средств при крупных пожарах находится в широких диапазонах от 5 до 29 минут.

3. Проведена адаптация КИС «КОСМАС» к условиям реального города и ПСГ. Результаты адаптации подтвердили адекватность имитационной модели. Погрешность результатов моделирования по основным статистическим распределениям не превышает 3–6 %.

4. Проведена модернизация КИС «КОСМАС» посредством разработки имитационной модели функционирования оперативных ПСП объекта. Данная имитационная модель значительно повысила точность результатов работы КИС по оценке возможностей ПСГ при реагировании на крупные пожары и ЧС.

5. Разработан алгоритм оценки возможностей ПСГ по оперативному реагированию на крупные пожары и ЧС. Особенностью полученного алгоритма является возможность проводить оценку оперативной деятельности

подразделений любого ПСГ при крупных пожарах и ЧС, разрабатывать различные варианты ее совершенствования.

6. Разработаны сценарии моделирования функционирования ПСП объекта и города, которые позволили эффективно оценить возможности ПСГ по обеспечению необходимого количества сил и средств в случае возникновения крупных пожаров и ЧС при текущих и гипотетических условиях его функционирования.

7. Разработан проект развития ПСГ Астаны с учетом перспективного плана развития города до 2030 года. Показано что при рекомендуемом варианте дислокации сил и средств ПСГ временные характеристики прибытия ПСП к месту вызова будут эффективнее чем при существующем варианте дислокации сил и средств на 31 % и при реализации схемы дислокации сил и средств предусмотренной ДЧС Астаны на 12 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. Брушлинский, Н.Н., Соколов, С.В., Морозов, В.И. Проблема государственной важности (Как обосновать численность противопожарной службы России?) [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, В.И. Морозов // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – №. 6. – С. 7–12.

3. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 728 Об утверждении Программы развития регионов до 2020 года [Электронный ресурс] // Информационный портал ZAKON.KZ [сайт]. Режим доступа: http://www.online.zakon.kz/Document/?doc_id=31584094#pos=0 (дата обращения 25.12.2016).

4. Официальные документы Республики Казахстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт президента Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: http://www.akorda.kz/ru/official_documents (дата обращения 27.12.2016).

5. История Астаны [Электронный ресурс] // Портал National Digital History [сайт]. Режим доступа: <http://e-history.kz/ru/contents/view/380> (дата обращения 30.12.2016).

6. Культура и мероприятия: Экспо – 2017 [Электронный ресурс] // Официальный сайт города Астаны [сайт]. Режим доступа: <http://astana.gov.kz> (дата обращения 05.01.2017).

7. Официальная статистическая информация [Электронный ресурс] // Официальный сайт Комитета по статистике Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://www.stat.gov.kz> (дата обращения 08.01.2017).

8. Игнатьева, Н.В. Современные тенденции развития деловых центров в крупных городах Казахстана [Текст]: автореф. дис. ... канд. арх. наук: 18.00.01 / Игнатьева Наталья Викторовна. – Алматы, 2010. – 17 с.

9. Осипова, И.В. Эволюция генерального плана города Астаны в XIX–XXI вв. [Текст]: автореф. дис. ... канд. арх. наук: 18.00.01 / Осипова Ирина Владимировна. – Алматы, 2010. – 18 с.

10. Концепция по вхождению Казахстана в число 30-ти самых развитых государств мира [Текст] / утв. Указом Президента Республики Казахстан от 17 января 2014 года № 732.

11. Официальный сайт международной выставки «ЭКСПО – 2017» [Электронный ресурс] // ЭКСПО – 2017 [сайт]. Режим доступа: <https://expo2017astana.com> (дата обращения 10.02.2016).

12. Нормативно-правовая база [Электронный ресурс] // Официальный сайт управления архитектуры и градостроительства города Астаны [сайт]. Режим доступа: <http://www.saulet.astana.kz/docs/> (дата обращения 10.02.2016).

13. Приказ МЧС Республики Казахстан от 14 ноября 2009 года № 267 «Боевой устав органов государственной противопожарной службы».

14. Деятельность Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://emer.gov.kz/ru/deyatelnost> (дата обращения 20.02.2016).

15. Структура Департамента по ЧС г. Астаны Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт Департамента по чрезвычайным ситуациям города Астаны [сайт]. Режим доступа: <http://astana-dchs.gov.kz/ru/2016-06-29-03-44-45/2016-05-12-06-45-15/2016-05-12-06-58-18/2016-05-12-06-50-50.html> (дата обращения 26.02.2016).

16. Строительные нормы Республики Казахстан 2.02-30–2005 «Нормы проектирования объектов органов противопожарной службы» [Электронный ресурс] // Информационный портал ZAKON.KZ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30111667#pos=0;0 (дата обращения 26.02.2016).

17. Казанский, Н.Н. [Текст] / Н.Н. Казанский // Пожарное дело. – 1990. – № 3. – С. 30.

18. Постановление Правительства Республики Казахстан от 16 января 2009 года № 14 «Об утверждении Технического регламента “Общие требования к пожарной безопасности”» [Электронный ресурс] // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан [сайт]. Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P090000014> (дата обращения 03.03.2016).

19. Брушлинский, Н.Н., Соколов, С.В. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе : учебник [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 255 с.

20. Пожарные риски. Основные понятия [Текст] / под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – Вып. 1. – 57 с.

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

22. Захаров, И.А., Соколов, С.В. 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. – Вып. 5 (69). Режим доступа <http://ipb.mos.ru/ttb/2016-5/> (дата обращения 05.06.2016).

23. Захаров, И.А. Совершенствование развития противопожарной службы города Астаны с использованием технологий имитационного моделирования. [Текст] / И.А. Захаров // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций : сб. матер. 7-й Международной научно-практической конференции. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2016. – С. 85–87.

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

25. 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.

26. 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.

27. Брушлинский, Н.Н., Соколов, С.В., Алёхин, Е.М. 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.

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

29. Теоретические основы организации и управления деятельностью противопожарной службы. Моделирование процесса ее функционирования [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.М. Алехин, Ю.И. Коломиец // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 1. – С. 3–15.

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

31. Буй Ван Нган. Исследование и разработка системы пожарной защиты города (на примере городов Ханой и Хошимин): автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 [Текст] / Буй Ван Нган. – М., 1982. – 20 с.

32. Радулов, С.С. Исследование оперативной обстановки и обоснование количества сил и средств, необходимых для противопожарной защиты городов народной республики Болгарии: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 [Текст] / С.С. Радулов. – М., 1977. – 20 с.

33. Гаврилей, В.М., Брушлинский, Н.Н., Соболев, Н.Н. 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.

34. Чыонг Динь Хонг. Совершенствование управление тушением пожаров и спасанием людей в зданиях повышенной этажности городов Вьетнама : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Чыонг Динь Хонг. – М., 2011. – 22 с.

35. Григорьев, А.Н. Поддержка принятия управленческих решений при тушении крупных пожаров в общественных зданиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 [Текст] / Григорьев, Алексей Николаевич. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 26 с.

36. Бубырь, Н.Ф., Безбородько, М.Д. Математическая модель боеспособности пожарных подразделений [Текст] / Н.Ф. Бубырь, М.Д. Безбородько // Пожарная техника и тушение пожаров : сб. науч. тр. – М., 1976. – Вып. 15.

37. Ребрый, В.А. Зависимость размера ущерба от времени следования на пожар : сб. науч. тр. [Текст] / В.А. Ребрый. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1988. – С. 35–38.

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

39. Соколов, С.В. Разработка методов проектирования и совершенствования систем противопожарной защиты городов: дисс. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Соколов Сергей Викторович. – М.: МИПБ МВД РФ, 1988. – 137 с.

40. Соколов, С.В. Методологические основы разработки и использования компьютерных имитационных систем для исследования деятельности и проектирования аварийно-спасательных служб в городах: дисс. ... д-р. тех. наук: 05.13.10, 05.26.03 [Текст] / Соколов Сергей Викторович. – М., 1999. 298 с.

41. Алёхин, Е.М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов :

дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Алёхин Евгений Михайлович. – М., 1998. – 103 с.

42. Климкин, В.И. Совершенствование организации и управления оперативной деятельностью пожарных подразделений города Москвы на основе применения технологий имитационного моделирования : дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Климкин, Виктор Иванович. – М., 2005. – 141 с.

43. Вагнер, П. Разработка методологии проектирования реорганизации противопожарных служб городов на основе применения компьютерных имитационных систем (на примере города Берлина) : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Вагнер Петер. – М., 1998. – 24 с.

44. Белов, В.А. Проектирование гарнизонов пожарной охраны на основе технологий имитационного моделирования : дисс. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Белов, Виктор Александрович. – М.: 2010. – 149 с.

45. 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 и др. // Вестник российской академии естественных наук. – 2012. – № 3. – С. 27–34.

46. Автоматизированное проектирование и стратегическое управление системами обеспечения безопасности больших городов [Текст] / Е.М. Алёхин., Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец и др. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. – М.: ИПУ РАН, 1999.

47. Автоматизированное проектирование систем обеспечения безопасности больших городов [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец и др. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1997. – Вып. 7. – С. 40–57.

48. Управление проектами систем жизнеобеспечения и безопасности больших городов [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Материалы международной практической конференции. – М.: РАЕН, 1997.

49. Компьютерные технологии для экспертизы пожарной безопасности объектов [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко, В.Б. Коробко и др. // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – №. 4. – С. 53–58.

50. Гражданская защита : понятийно-терминологический словарь [Текст] / под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Флайст; Геополитика, 2001. – 240 с.

51. Брушлинский, Н.Н., Соколов, С.В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России [Текст] : монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия МЧС России, 2014. – 178 с.

52. Закон Республики Казахстан от 9 ноября 2004 года № 603-III «О техническом регулировании» [Электронный ресурс] // Информационный портал ZAKON.KZ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=1051485 (дата обращения 08.09.2016).

53. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 июня 2005 года № 652 «Об утверждении Правил отнесения видов экономической деятельности к классам профессионального риска» [Электронный ресурс] // Информационный портал ZAKON.KZ [сайт]. Режим доступа: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=30015320#pos=1;-63 (дата обращения 20.09.2016).

54. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование [Текст] / под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. – 370 с.

55. Брушлинский, Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 2002. – Вып. 4. – С. 230–234.

56. Брушлинский, Н.Н., Клепко, Е.А. К вопросу о вычислении рисков [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ, 2004. – Вып. 1. – С. 71–73.

57. Брушлинский, Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях [Текст] / Н.Н. Брушлинский // Пожарная безопасность. – 1999. – № 3. – С. 83–85.

58. Присяжнюк, Н.Л., Соловьева, Т.Н. Пожарная опасность и пожарный риск [Текст] / Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева // Системы безопасности – 2004: материалы 13-й научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – С. 291–294.

59. Брушлинский, Н.Н., Клепко, Е.А. К вопросу о локальных и интегральных рисках [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Вестник Академии ГПС МЧС России. – 2007. – № 6. – С. 93–96.

60. Брушлинский, Н.Н., Соколов, С.В. О статистике пожаров и о пожарных рисках [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – №4. – С. 40–48.

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

62. Брушлинский, Н.Н., Глуховенко, Ю.М. Оценка рисков пожаров и катастроф [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1992. – Вып. 1. – С. 13–39.

63. Попков, С.Ю. Оценка пожарной опасности муниципальных образований на основе комплексного показателя: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 [Текст] / Попков Сергей Юрьевич. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 250 с.

64. World Fire Statistics [Электронный ресурс] // Официальный сайт Центра пожарной статистики [сайт]. Режим доступа: <https://www.ctif.org/world-fire-statistics> (дата обращения 6.11.2016).

65. Захаров, И.А. Анализ пожарной обстановки в крупных городах Казахстана [Текст] / И.А. Захаров // Системы безопасности – 2016 : материалы 25-й Международной научно-технической конференции. – М., 2016. – С. 203–205.

66. Терещнев, В.В., Терещнев, А.В. Управление силами и средствами на пожаре [Текст] / В.В. Терещнев, А.В. Терещнев. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.

67. Раимбеков, К.Ж., Кусаинов, А.Б. Анализ и оценка пожарных рисков в Республике Казахстан : монография [Текст] / К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2016. – 66 с.

68. Захаров, И.А. Анализ деятельности противопожарной службы города Астана [Электронный ресурс] / И.А. Захаров // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2. – С. 67–74. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2017-2/> (дата обращения 12.09.2017).

69. Захаров, И.А., Максимов, И.П. Анализ использования пожарной техники в городе Астане [Текст] / И.А. Захаров, И.П. Максимов // Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы : сб. международной научно-практической конференции. – Кокшетау: КТИ КЧС МВД РК, 2017 – С. 109–112.

70. Описание пожара произошедшего 28 апреля 2012 года на территории частного домовладения двухэтажного общежития в г. Астана [Текст]. – Кокшетау: КЧС МВД РК, 2012. – С. 32. – Неопубл. документ.

71. Описание пожара, произошедшего 13 февраля 2016 года на новостроящемся многофункциональном комплексе «Абу Даби Плаза» в г. Астана [Текст]. – Кокшетау: КЧС МВД РК, 2016. – С. 35 – Неопубл. документ.

72. Walker, W., Chaiken, J.M., Ignall, E. Fire department deployment analysis: A Public Policy Analysis Case Study [Текст] / W. Walker, J.M. Chaiken, E. Ignall. – North Holland, New York, 1979. 28 p.

73. Savas, E.S. Simulations and Cost-Effectiveness Analysis of New York's Emergency Ambulance Service [Текст] / E.S. Savas. – Management Sci. – 1969. – Vol. 15, No. 12, – p. 608–627.

74. Grace, M. Carter. Simulation model of fire department operation: Program description [Текст] / Grace M. Carter. – New York: Rand Corporation, 1974. – 214 p.

75. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст] / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.

76. Павловский, Ю.Н. Имитационные системы и модели [Текст] / Ю.Н. Павловский // Математика и кибернетика. – 1990. – № 6. – С. 44.

77. Павловский, Ю.Н. Имитационные модели и системы [Текст] / Ю.Н. Павловский. – М.: ФАЗИС, 2000. – 131 с.

78. Павловский, Ю.Н., Белотелов, Н.В., Бродский, Ю.И. Имитационное моделирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / Ю.Н. Павловский, Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский. – М.: Академия, 2008. – 236 с.

79. Вьюненко, Л.Ф., Михайлов, М.В. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата [Текст] / Л.Ф. Вьюненко, М.В. Михайлов, Т.Н. Первозванская; под ред. Л.Ф. Вьюненко. – М.: Юрайт, 2017. – 283 с.

80. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении : учебное пособие [Текст] / Д.Ю. Каталевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело; РАНХиГС, 2015. – 496 с.

81. Обеспечение безопасности функционирования подземных сооружений с помощью информационных технологий [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко, Н.Ф. Давыдкин, С.В. Соколов // Подземное пространство мира. – 2002. – № 2. – С. 1–7.

82. Russian simulation for strategic planning [Текст] / E.M. Alekhin, N.N. Brushlinsky, S.V. Sokolov etc. // Fire International. – 1996. – № 11. – P. 32–33.

83. 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. – С. 6–16. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.6-16

84. Гудман, С., Хидетниеме, С. Введение в разработку и анализ алгоритмов [Текст] / С. Гудман, С. Хидетниеме. – М.: Мир, 1981. – 366 с.

85. Соколов, С.В., Захаров, И.А. Оценка возможностей противопожарной службы города Астаны по обеспечению необходимого количества сил и средств при возникновении пожара на объекте международного выставочного комплекса «ЭКСПО – 2017» [Текст] / С.В. Соколов, И.А. Захаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 2. – С. 53–58. DOI: 10.25257/FE.2017.2.53-58

86. Захаров, И.А. Экспертиза противопожарной службы города Астаны на основе компьютерных имитационных систем [Текст] / И.А. Захаров // Комплексные проблемы техносферной безопасности: сб. международной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2016. – Ч. III. – С. 49–52.

87. Захаров, И.А. Имитационное моделирование противопожарной службы [Текст] / И.А. Захаров // Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. – 2016. – № 3 (23) – С. 53–56.

88. 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.

89. Матюшин, А.В., Порошин, А.А., Матюшин, Ю.А. 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.

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

Приложение А
(справочное)

Акты внедрения

Утверждаю
 И.о. начальника «Службы
 пожаротушения и аварийно-
 спасательных работ» ДЧС г.Астаны
 полковник гражданской защиты
 Р.Ильчубаев
 01 2017

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

**В ГУ «Службы пожаротушения и аварийно-спасательных работ» ДЧС
 г.Астаны рекомендаций на тему: «Оценка возможностей
 противопожарной службы города Астаны по обеспечению необходимого
 количества сил и средств в случае возникновения пожара на объекте –
 ЭКСПО-2017»**

Комиссия в составе:

майора гражданской защиты Мусин Бахтияр Кайратович – начальник
 Центра оперативного управления силами и средствами ГУ «СП и АСР» ДЧС
 г. Астаны;

капитана гражданской защиты Джаканова Серика Аскаровича –
 оперативного дежурного дежурной службы пожаротушения ГУ «СП и АСР»
 ДЧС г.Астаны составила акт о том, что материалы и рекомендации
 профессора Академии ГПС МЧС России заслуженного деятеля науки РФ,
 д.т.н., профессора, академика РАЕН Брушлинского Н. Н., профессора
 Академии ГПС МЧС д.т.н., профессора, академика РАЕН Соколова С.В.,
 ведущего научного сотрудника научно-исследовательского центра
 управления безопасностью сложных систем Академии ГПС МЧС России
 к.т.н. Алехина Е.М., начальника Кокшетауского технического института КЧС
 МВД Республики Казахстан, д.т.н. Шарипханова С.Д., преподавателя
 кафедры оперативно-тактических дисциплин, адъюнкта Академии ГПС МЧС
 России капитана гражданской защиты Захарова И.А. внедрены в
 практическую деятельность службы пожаротушения г. Астаны.

Комиссия:
 Начальник ЦОУСС
 ГУ «СП и АСР» ДЧС г.Астаны
 майор гражданской защиты

Б. Мусин

Оперативный дежурный
 дежурной службы пожаротушения
 ГУ «СП и АСР» ДЧС г.Астаны
 капитан гражданской защиты

С. Джаканов



Утверждаю
 И.о. начальника РГУ
 «Кокшетауский технический институт»
 КЧС МВД Республики Казахстан, к.ф.-м.н.,
 полковник гражданской защиты
 К.Ж. Раимбеков
 2017 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
в учебный процесс РГУ «Кокшетауский технический институт» КЧС МВД
Республики Казахстан результатов диссертационной работы
Захарова Игоря Анатольевича на тему: «Информационно-аналитическая
поддержка оценки (экспертизы) возможностей оперативного
реагирования пожарно-спасательного гарнизона города при крупных
пожарах и чрезвычайных ситуациях»

Комиссия в составе:

Тимеева Евгения Александровича – заместителя начальника РГУ «Кокшетауский технический институт» КЧС МВД Республики Казахстан;

Макишева Жандоса Куандыковича – начальника отдела организации научно-исследовательской и редакционно-издательской работы, кандидата технических наук;

Кусаинова Армана Болатовича – доцента кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях РГУ «Кокшетауский технический институт» КЧС МВД Республики Казахстан, магистра естественных наук РГУ «Кокшетауский технический институт» КЧС МВД Республики Казахстан, составила настоящий акт о том, что материалы и результаты диссертационного исследования Захарова И.А. вошли в состав учебно-методического комплекса дисциплины «Организация службы и подготовки», «Пожарная тактика» по специальности 5В100100 «Пожарная безопасность» (2017 г.).

Комиссия:

заместитель начальника института
 по учебной работе
 полковник

Е. Тимеев

начальник ООНИиРИР, к.т.н.
 майор гражданской защиты

Ж. Макишев

доцент кафедры ЗЧС,
 майор

А. Кусаинов

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе
кандидат военных наук, доцент
полковник внутренней службы


М.В. Бедило
« 12 » 02 2018 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта специального факультета по работе с иностранными гражданами Академии ГПС МЧС России, капитана гражданской защиты Захарова Игоря Анатольевича на тему:

«Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями при реагировании на крупные пожары» в учебном процессе Академии ГПС МЧС России.

Комиссия в составе: начальника кафедры УиЭ ГПС, к.т.н., доцента Клепко Елены Альбертовны, заместителя начальника кафедры УиЭ ГПС, к.т.н., Попкова Сергея Юрьевича, профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н., профессора Брушлинского Николая Николаевича подтверждает, что результаты диссертационного исследования Захарова Игоря Анатольевича внедрены в учебный процесс кафедры управления и экономики ГПС при подготовке фондовых лекций по дисциплине «Математические методы и модели управления в ГПС и РСЧС» на тему: «Моделирование процесса функционирования пожарных подразделений» и дисциплине «Управление рисками, системный анализ и моделирование» на тему: «Моделирование процесса функционирования пожарных подразделений».

Комиссия:

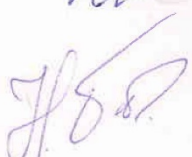
Начальник кафедры УиЭ ГПС,
к.т.н., доцент

 Е.А. Клепко

Заместитель начальника кафедры УиЭ ГПС,
к.т.н.

 С.Ю. Попков

Профессор кафедры УиЭ ГПС,
д.т.н., профессор

 Н.Н. Брушлинский

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе
кандидат военных наук, доцент
полковник внутренней службы

М.В. Бедило

2018 г.



АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта специального факультета по работе с иностранными гражданами Академии ГПС МЧС России, капитана гражданской защиты Захарова Игоря Анатольевича на тему:

«Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями при реагировании на крупные пожары» в учебном процессе Академии ГПС МЧС России.

Комиссия в составе: профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н., профессора Брушлинского Николая Николаевича, профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н., профессора Соколова Сергея Викторовича, ведущего научного сотрудника кафедры УиЭ ГПС, к.т.н., Алехина Евгения Михайловича подтверждает, что результаты диссертационного исследования Захарова Игоря Анатольевича применяются в компьютерной имитационной системе «КОСМАС» при оценке возможностей пожарно-спасательного гарнизона в случае возникновения на конкретных объектах крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций.

Комиссия:

Профессор кафедры УиЭ ГПС,
д.т.н., профессор

Н.Н. Брушлинский

Профессор кафедры УиЭ ГПС,
д.т.н., профессор

С.В. Соколов

Ведущий научный сотрудник
кафедры УиЭ ГПС
к.т.н.

Е.М. Алехин