

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Анализ местного пожарно-спасательного гарнизона г. Хабаровска
при условии развития города до 2035 года»

Обучающийся

А.В. Андриенко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к. э. н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Содержание

Введение	3
Термины и определения	7
Перечень обозначений и сокращений	9
1 План развития города Хабаровска до 2035 года и выявление проблем в области обеспечения пожаротушения	11
1.1 Характеристика города Хабаровска и план развития до 2035 года	11
1.2 Оперативно-тактическая характеристика МПСГ г. Хабаровска	19
1.3 Анализ существующих границ районов выезда подразделений	24
2 Определение требуемой численности оперативных отделений и мест дислокации пожарных подразделений	37
2.1 Нормативная документация и научная деятельность в вопросах дислокации и комплектования пожарно-спасательных подразделений	37
2.2 Определение численности пожарно-спасательных подразделений	44
2.3 Определение мест дислокации дополнительных пожарно-спасательных подразделений	57
3 Предлагаемые мероприятия для повышения пожарно-тактических возможностей МПСГ г. Хабаровска	66
3.1 Характеристики пожарных депо дополнительных пожарно-спасательных подразделений	66
3.2 Определение уничтоженной и поврежденной пожаром площадей без дополнительных подразделений и с их учетом	71
3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на территории г. Хабаровска	80
Заключение	93
Список используемой литературы и используемых источников	97
Приложение А Места дислокации пожарно-спасательных подразделений	103

Введение

Актуальность и научная значимость исследования заключается в том, что при развитии города Хабаровска необходимо учитывать не только возможность застройки ранее неиспользуемых территорий объектами различного назначения, но и количество пожарно-спасательных подразделений, их размещение, количество личного состава в боевых расчетах, виды и количество пожарной техники. Отсутствие понимания функционирования пожарно-спасательных подразделений в новых условиях может повлечь нарушение требований статьи 76 ФЗ-123 [38], что в свою очередь приведет к развитию пожаров на большую площадь и как следствие увеличение человеческих жертв и материального ущерба.

Объект исследования: развитие города Хабаровска и местный пожарно-спасательный гарнизон.

Предмет исследования: местный пожарно-спасательный гарнизон города Хабаровска, возможность его функционирования в соответствии с требованиями нормативной документации.

Цель исследования: приведение местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска к соответствию требованиям ФЗ-123 [38], а также приказа МЧС России № 500 «Об утверждении типовых штатных расписаний подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы» [31].

Гипотеза исследования состоит в том, что для выполнения своих функций местным пожарно-спасательным гарнизоном потребуется:

- увеличение количества пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска;
- увеличение основных и специальных отделений местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска;
- увеличение количества личного состава пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска;

- уменьшение районов выезда существующих пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- привести характеристику города с учетом административных районов, рассмотреть предлагаемые мероприятия по развитию города в соответствии с существующим Генеральным планом города;
- рассмотреть количество пожарных подразделений в городе имеющих районы выезда с указанием их границ и техники находящейся в боевых расчетах в соответствии с Расписанием выездов;
- произвести расчет границ районов выезда и сопоставить их с существующими границами на соответствие требованиям ФЗ-123 [38];
- рассмотреть нормативную документацию, а также отечественную и зарубежную научную деятельность в вопросах дислокации и комплектования пожарно-спасательных подразделений, выбрать методику расчета количества основных и специальных отделений;
- произвести расчет требуемого количества отделений на основных и специальных пожарных автомобилях, а также количества дополнительных пожарно-спасательных подразделений, согласно выбранной методики;
- определить места дислокации дополнительных пожарно-спасательных подразделений, нанести на карту города полученные границы существующих и дополнительных подразделений;
- привести примеры зданий пожарных депо, определить необходимые площади для их размещения;
- рассчитать и сравнить ущерб, нанесенный пожаром с учетом дополнительных подразделений и без них.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: научные публикации, учебники, учебные пособия по теме исследования.

Базовыми для настоящего исследования явились также нормативно-правовые акты Российской Федерации.

Методы исследования: системный анализ, имитационное моделирование.

Опытно-экспериментальная база исследования: город Хабаровск, местный пожарно-спасательный гарнизон города Хабаровска.

Научная новизна исследования заключается в:

- применение методики аналитического моделирования для определения требуемого количества основных и специальных отделений местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска;
- совместное применение аналитического моделирования и методики, приведенной в СП 11.13130.2009 [24].

Теоретическая значимость исследования:

- проанализированы возможности и необходимость расширения местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска;
- предложено расширение местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска;
- приведены планировки пожарных депо, указаны площади для размещения пожарно-спасательных подразделений.

Практическая значимость исследования заключается в том, что возможно применение рассчитанных временных параметров при разработке расписания выезда местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска, а также обоснование необходимости дополнительных подразделений.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- использованием официальных статистических данных, фактического количества выездов местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска;

- применение аналитического моделирования деятельности неоднократно проверенного на примере других городов;
- применение актуальных нормативных документов, регламентирующих деятельность пожарно-спасательной службы.

Личное участие автора в организации и проведения исследования состоит в сборе исходной информации, анализе, расчетах, а также сопоставлении полученных значений.

Апробация и внедрение научных результатов велись в течении всего исследования. Исследуемая проблематика, основные результаты и выводы изложены в научной статье «Анализ возможности тушения пожаров и спасения людей местным пожарно-спасательным гарнизоном в торгово-развлекательных центрах города Хабаровска» подготовленной к XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, г. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021 г.

На защиту выносятся:

- обоснование необходимости увеличения количества пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска;
- обоснование требуемого количества основных и специальных отделений в городе Хабаровске;
- обоснование количества и мест дислокации дополнительных подразделений и изменение существующих границ районов выезда;
- обоснование материального ущерба от пожара с учетом дополнительных подразделений и без них.

Структура и объем магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 20 рисунков, 27 таблиц, списка используемой литературы и используемых источников (46 источников), 1 приложение. Основной текст работы изложен на 102 страницах.

Термины и определения

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями.

«Аналитическая модель – изучаемая система (объект) и ее свойства которую удастся описать отношениями-функциями в явной или неявной форме (дифференциальными или интегральными уравнениями, операторами) таким образом, что становится возможным с помощью математического аппарата сделать необходимые выводы о самой системе и ее свойствах (а при синтезе эти свойства в каком-либо смысле оптимизировать)» [12, с. 15].

«Время прибытия первого подразделения к месту вызова – время следования оперативного подразделения пожарной охраны от места получения сообщения о пожаре (от пожарного депо) до объекта предполагаемого пожара» [24].

«Имитационная модель – представляют собой совокупность программ для ЭВМ, с помощью которых воспроизводятся алгоритмы и процедуры, описывающие процесс функционирования исследуемой системы. В этом случае деятельность системы с присущими ей особенностями имитируется на ЭВМ. Многократные машинные эксперименты, результаты которых обрабатываются с помощью методов математической статистики, позволяют изучить и проанализировать свойства данной системы» [12, с. 111].

Максимально допустимое расстояние – наибольшее расстояние по уличной сети дорог населенного пункта или производственного объекта от пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, при котором гарантируется достижение соответствующей цели выезда оперативного подразделения пожарной охраны на пожар» [24].

«Материальный ущерб от пожара – совокупность материального ущерба, причиненного пожаром объектам строительства и имуществу в денежном выражении» [30].

«Место дислокации подразделения пожарной охраны – место на территории населенного пункта или производственного объекта, на котором следует расположить (расположено) пожарное депо» [24].

«Местный пожарно-спасательный гарнизон – подразделения пожарной охраны, расположенные на территориях одного или нескольких граничащих между собой муниципальных районов, муниципальных, городских округов и внутригородских территорий городов федерального значения» [29].

«Подразделения пожарной охраны – подразделения различных видов пожарной охраны принимающие непосредственное участие в профилактике пожаров и (или) их тушении, а также проведении аварийно-спасательных работ» [21].

«Пожарное депо – специальное здание (сооружение), в котором размещается личный состав и пожарная техника оперативного подразделения пожарной охраны» [24].

Перечень обозначений и сокращений

ДФО – Дальневосточный федеральный округ

АТР – Азиатско-Тихоокеанский регион

РФ – Российская Федерация

КНР – Китайская Народная Республика

ЛМК – легкие металлические конструкции

ЗАО – закрытое акционерное общество

ОАО – открытое акционерное общество

ЖБИ – железобетонных изделий

МПСГ – местный пожарно-спасательный гарнизон

АЦ – автоцистерна пожарная

АА – автомобиль аэродромный

АЛ – автолестница пожарная

АКП – автоподъемник коленчатый пожарный

ТТХ – тактико-технические характеристики

ПНС – пожарная насосная станция

АР – автомобиль рукавный

АШ – автомобиль штабной

АГ – автомобиль газодымозащитной службы

ПСЧ – пожарно-спасательная часть

СПСЧ – специализированная пожарно-спасательная часть

ПСГ – пожарно-спасательный гарнизон

СПТ – служба пожаротушения

ЦППС – центральный пункт пожарной связи

РТП – руководитель тушения пожара

АСР – аварийно-спасательные работы

ФЗ – Федеральный закон

СССР – Союз Советских Социалистических Республик

СНиП – строительные нормы и правила

НПБ – нормы пожарной безопасности
МЧС – Министерство по чрезвычайным ситуациям
СП – свод правил
США – Соединенные Штаты Америки
ГИС – географические информационные системы
КИС – компьютерные имитационные системы
МО – Министерство обороны
РСКУ – ручной ствол комбинированный универсальный
ДПСП – дополнительные пожарно-спасательные подразделения
ПТВ – пожарно-техническое вооружение
ДАСВ – дыхательный аппарат со сжатым воздухом
ГДЗС – газодымозащитная служба
ТО – технический осмотр
КПП – контрольно-пропускной пункт

1 План развития города Хабаровска до 2035 года и выявление проблем в области обеспечения пожаротушения

1.1 Характеристика города Хабаровска и план развития до 2035 года

1.1.1 Характеристика города Хабаровска

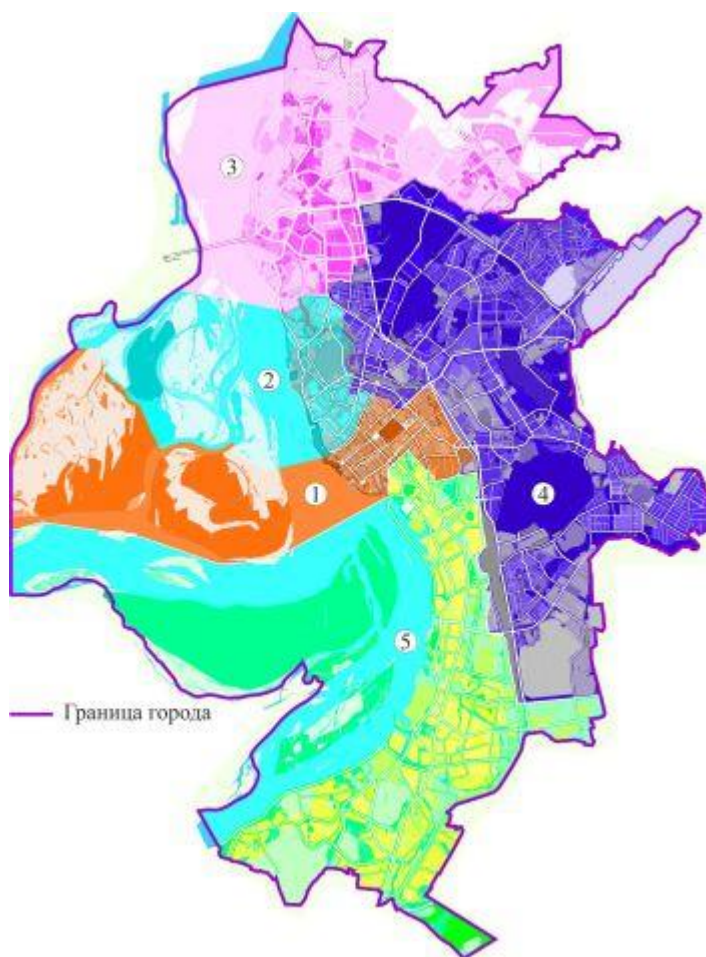
Город Хабаровск – «Город воинской славы», основанный в 1858 году. Один из крупнейших городов ДФО, представляет собой промышленный, экономический, административный и культурный центр, при этом является транспортно-распределительным связующим узлом Сибири, Дальневосточного региона и ряда стран АТР, значение которого с каждым годом только усиливается по мере роста экономических связей РФ. Территориально город расположен по правому берегу р. Амур в среднем течении в месте ее слияния с Амурской протокой, в свою очередь по водной границе РФ, граничит с КНР. Площадь территории города составляет 386,4 км², в том числе зеркало р. Амур – 77,0 км², линейная протяженность – более 40 километров. Климатические условия города Хабаровска определяются муссонным климатом, характеризующимся снежной холодной зимой и жарким, засушливым летом с большой влажностью воздуха. [18], [37].

Площадь застроенной территории около 180 км². Население города на 01.01.2021 г. согласно [39] составляет 610305 человек. Город разделен на пять административных районов:

- Центральный район – является преимущественно административным, культурным центром, с численностью населения 100424 человека [39];
- Кировский и Краснофлотский районы – «спальные» районы Хабаровска, с размещением незначительного числа производственных и складских предприятий с численностью населения 52436 человек, 88376 человек соответственно [39];

- Железнодорожный район - наиболее насыщенный разнообразными объектами экономики, транспортными узлами, крупными производственными объектами, промышленными предприятиями (промышленный узел), граничащими с крупными жилищными комплексами различных площадей и этажности с населением 147146 человек [39];
- Индустриальный район – в последние несколько десятилетий являлся наиболее динамично расстраиваемым районом с населением 221923 человек [39].

Разделение города по районам представлено на рисунке 1.



1 – Центральный район, 2 – Кировский район, 3 – Краснофлотский район, 4 – Железнодорожный район, 5 – Индустриальный район

Рисунок 1 – Разделение города по Административным районам

Стоит отметить, что во всех районах города в различном процентном соотношении представлены жилые массивы, как состоящие из малоэтажной (до трех этажей) застройки частного сектора, представленного зданиями зачастую с печным отоплением, IV степеней огнестойкости, так и представленные зданиями повышенной этажности, производственными и складскими объектами, в том числе с объектами, выполненными из легких металлических конструкций (здания ЛМК), объектами экономики, крупными торговыми центрами, социально-значимыми объектами, такими как детские сады, школы, интернаты, больницы, в том числе с ночным пребыванием людей.

1.1.2 План развития города Хабаровска до 2035 года

В соответствии с [17], кроме развития правобережной части города предлагается освоение и левобережной части. В настоящее время левобережная часть города не используется. Для возможности использования этих земель необходимо провести мероприятия по инженерной подготовке территории и защите ее от затопления. Кроме того, потребуется строительство моста через р. Амур в районе ул. Индустриальной. В связи с тем, что вопрос по использованию земель на острове Большой Уссурийский пока не решен эту территорию мы не рассматриваем.

По функциональному назначению на территории городского округа выделяются следующие зоны:

- жилые,
- общественно-деловые,
- производственные,
- рекреационного назначения,
- сельскохозяйственного использования,
- транспортной и инженерной инфраструктуры,
- режимных объектов,
- специального назначения.

Для дальнейшего рассмотрения примем три первых зоны из представленных выше.

1.1.2.1 Развитие жилой зоны

В соответствии с [17] предполагается развитие девяти жилых районов, расположенных в границах города. Размещение которых, в границах Административных районов, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Границы размещения жилых районов

Жилой район	Административный район
Березовка	Краснофлотский, Железнодорожный
Восточный	Железнодорожный
Красная речка	Индустриальный
Первый микрорайон	Индустриальный
Руднева	Краснофлотский
Северный	Краснофлотский, Кировский, Железнодорожный
Северо-восточный	Железнодорожный
Центральный	Центральный, Кировский
Южный	Индустриальный

В жилом районе Березовка площадь многоэтажной застройки составит 180 га (1,8 км²). Размещение зданий планируется в микрорайоне Ореховая сопка, а также между улицами Воронежской и Совхозной. Размещение малоэтажной и индивидуальной жилой застройки не предусмотрено.

Увеличение площади многоэтажной застройки Восточного жилого района составит 330 га (3,3 км²). Выделение земель для застройки предусматривается после вывода аэродрома за пределы жилой зоны города. Для малоэтажной застройки предусматриваются земли на площади 8 га (0,8 км²).

Многоэтажная застройка в жилом районе Красная речка предполагается на землях, освобождаемых от некоторых федеральных объектов, площадь такой территории равна 55 га (0,55 км²). Площадь индивидуальной застройки составит 40 га (0,4 км²).

Увеличение площади многоэтажной застройки Первого микрорайона составит 80 га (0,8 км²). Размещение малоэтажной и индивидуальной жилой застройки не предусмотрено.

Увеличение площади многоэтажной жилой застройки в жилом районе Руднева будет осуществляться за счет сноса ветхого жилья вдоль самой улицы, увеличение площади составит 15 га (0,15 км²). Зоны малоэтажной и индивидуальной застройки увеличатся на 80 га (0,8 км²).

В Северном жилом районе под многоэтажную застройку отводятся участки земель, расположенные вдоль Воронежского шоссе, в районе моста через р. Амур, а также улиц Воронежской, Шелеста и Большой. Площадь застроенной территории увеличится на 130 га (1,3 км²). Площадь малоэтажной застройки увеличится на 70 га (0,7 км²).

Многоэтажная застройка Северо-восточного жилого района запланирована с северной и южной стороны от ул. Карла Маркса, увеличение площади произойдет на 90 га (0,9 км²). Площадь малоэтажной и индивидуальной застройки суммарно составит 110 га (1,1 км²).

Основные площади для многоэтажной застройки Центрального жилого района рассматриваются на территории занятой промышленными предприятиями, которые планируется переместить в Кировский промышленный узел. Увеличение застроенной территории составит 70 га (0,7 км²). Размещение малоэтажной и индивидуальной жилой застройки не предусмотрено.

Многоэтажная застройка Южного жилого района планируется на пустующих территориях, площадь территорий равна 40 га (0,4 км²). Размещение малоэтажной и индивидуальной жилой застройки не предусмотрено.

В общей сложности площадь территории, застраиваемая жилым фондом, составит 3010,2 га (30,102 км²).

1.1.2.2 Развитие общественно-деловой зоны

Общественно-деловые зоны включают:

- общественно-деловые объекты;
- объекты здравоохранения и социальной защиты;
- учреждения образования.

Наиболее интенсивное развитие общественная зона получит в Центральном районе. На территории, освобождаемой после выноса ЗАО «Дальэнергомаш» предполагается строительство многофункционального общественного городского центра и застройки повышенной этажности. Площадь зоны общественно-деловой застройки в районе увеличится на 30 га (0,3 км²).

В Краснофлотском районе общественно-деловую застройку предлагается разместить вдоль основных планировочных осей района: Воронежского шоссе, улиц Тихоокеанской и Руднева. Также на территории, освобождаемой после вывода Судоремонтного завода, предлагается формирование нового общественно-делового центра района. Всего площадь зоны общественно-деловой застройки в районе увеличится на 55 га (0,55 км²).

В Железнодорожном районе предусмотрено создание полицентрической системы общественно-деловых центров во всех жилых районах. Зоны размещения общественно-деловых объектов общегородского значения предлагается расположить вдоль основных общегородских магистралей: Чернореченского и Восточного шоссе, улицы Карла Маркса. Всего площадь зоны общественно-деловой застройки в районе увеличится на 230 га (2,3 км²).

В Индустриальном районе общественно-деловая застройка расположена вдоль основных городских магистралей: улиц Краснореченской и П.Л. Морозова. Площадь зоны общественно-деловой застройки увеличится на 185 га (1,85 км²).

Увеличение общественно-деловых зон до конца 2035 года порядка 500 га (5,0 км²).

1.1.2.3 Развитие производственных зон

Производственные зоны включают:

- объекты промышленных предприятий;
- объекты коммунально-складских организаций.

В [17] предлагается развитие сформировавшихся промышленных зон и узлов. Перспективные планировочные мероприятия в промышленных районах сводятся к:

- упорядочению и благоустройству территории промышленных районов;
- организации санитарно-защитных зон;
- организации и упорядочению подъездных транспортных путей;
- организации центров обслуживания работников промышленных районов;
- резервированию территорий, необходимых для дальнейшего развития промышленных районов.

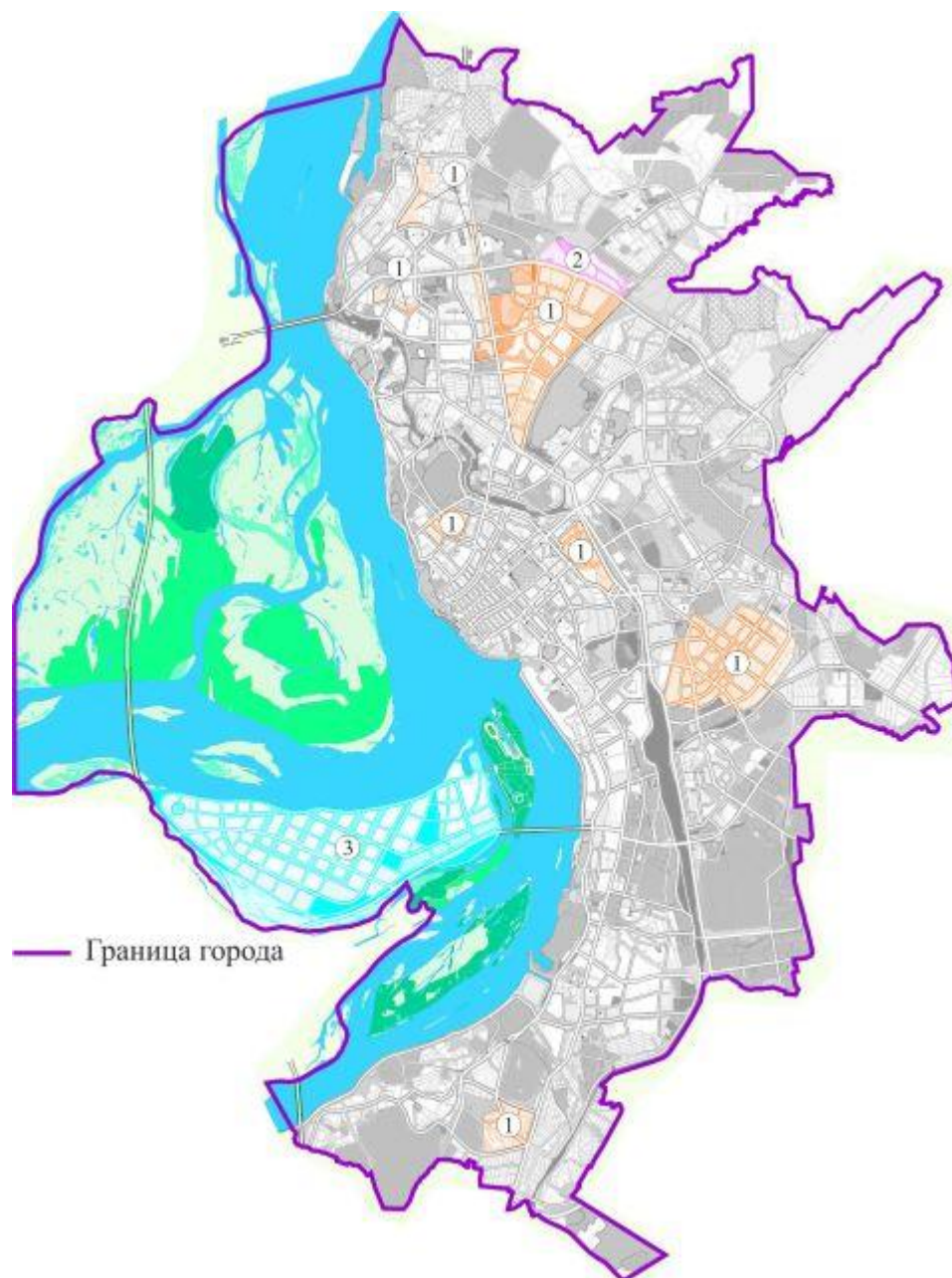
Основным направлением развития территории промышленных предприятий будет ее эффективное и рациональное использование. Всего в городе насчитывается пять промышленных районов:

- «Кировский промузел»,
- «Южный промрайон»,
- «Восточный промрайон»,
- «Центральный промрайон»,
- «Краснореченский промузел».

Увеличение планируется только района «Кировский промузел». Оно обеспечивается добавлением к уже существующим предприятиям таким как ОАО «Балтика», ЗАО «Хабаровский завод металлических конструкций», ОАО «Хабаровский завод ЖБИ № 4» нового предприятия «Дальлес» и переноса ряда заводов таких как ОАО «Завод Энергетического машиностроения» и ОАО «Ликероводочный завод «Хабаровский» из центра города. Площадь промзоны составит 184,1 га (1,841 км²).

Остальные производственные зоны остаются в пределах существующей территории. Суммарная территория промышленных предприятий города составит 1273 га (12,73 км²).

Территории, подлежащие застройке представлены на рисунке 2.



1 – жилая и общественно-деловые зоны, 2 – производственная зона, 3 – застройка острова Большой Уссурийский

Рисунок 2 – Границы застраиваемых территорий

В плане по развитию города предусмотрено строительство одного пожарного подразделения на о. Большой Уссурийский. При застройки остальных территорий не предусматривается никаких дополнительных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

1.2 Оперативно-тактическая характеристика МПСГ г. Хабаровска

1.2.1 Силы и средства МПСГ г. Хабаровска

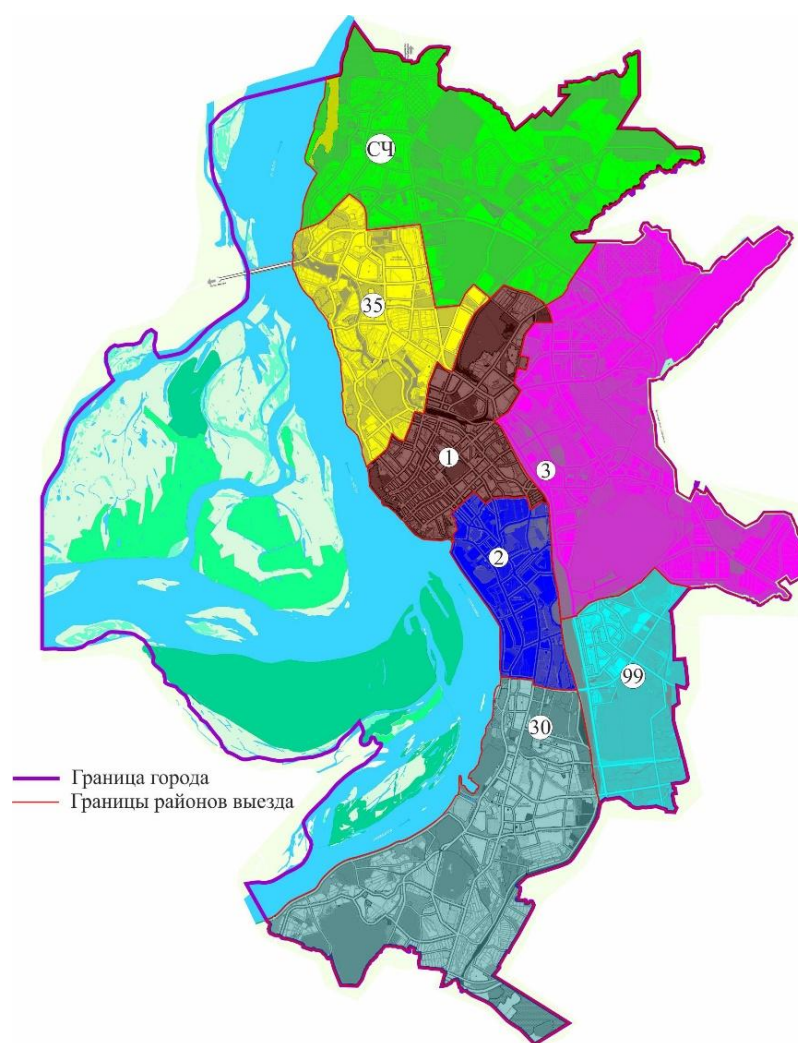
Всего в соответствии с [35], в МПСГ г. Хабаровска на вооружение имеется 128 единиц пожарной и аварийно-спасательной техники основного и специального назначения, из них:

- АЦ (различных тактико-технических характеристик и модификаций)
– 69 единиц;
- АА (различных тактико-технических характеристик и модификаций)
– 12 единиц;
- АЛ и АКП (различных ТТХ и модификаций) – 9 единиц;
- ПНС и АР-2 (различных ТТХ и модификаций) – 5 единиц;
- АШ (различных ТТХ и модификаций) – 3 единицы;
- АГ (различных ТТХ и модификаций) – 2 единицы;
- иная специальная техника и плав. средства – 28 единиц.

Общее количество различных подразделений, входящих в состав МПСГ равно 35 единицам, со штатной численностью личного состава 1251 человек. При рассмотрении МПСГ необходимо учесть, что район выезда имеют всего семь подразделений штатная численность которых 492 человека. В связи с тем, что нам необходимо рассматривать подразделения, имеющие район выезда, подробно рассмотрим именно такие пожарные части. Более подробные характеристики подразделений представлена в таблице 2, границы районов выезда на рисунке 3. Обеспечение пожарной безопасности организовано в соответствии с ФЗ-69 [29].

Таблица 2 – Характеристика основных пожарно-спасательных подразделений

Подразделение	Общая численность факт, чел	Общая численность по [31], чел	Техника в боевом расчете	Площадь района выезда, км ²
ПСЧ-1	55	67	АЦ-2, АЛ-1	27,7
ПСЧ-2	53	54	АЦ-2	17,5
ПСЧ-3	46	54	АЦ-2	71,1
ПСЧ-30	56	67	АЦ-2, АЛ-1	55,0
ПЧ-35	108	107	АЦ-3, АЛ-1, АГ-1	31,2
ПСЧ-99	62	67	АЦ-2, АЛ-1	26,9
СПСЧ	70	107	АЦ-2, АЛ-1, АГ-1	72,7



1, 2, 3, 30, 35, 99, СЧ – пожарно-спасательные подразделения

Рисунок 3 – Границы районов выезда

По представленным данным в таблице 2 и на рисунке 3 можно сделать вывод, что наибольшие районы выезда у ПСЧ-3, ПСЧ-30, СПСЧ.

Кроме того, для дальнейшего анализа МПСГ рассмотрим количество выездов в период с 2018 по 2022 год. Необходимые данные представлены в таблице 3. В учет брались все выезды, связанные с тушением пожара и проведением АСР включая ложные. Не учитывались выезды связанные с боевой подготовкой.

Таблица 3 – Выезды МПСГ за период с 2018 по 2022 год

Показатель	Рассматриваемый год				
	2018	2019	2020	2021	2022
Выезды АЦ	5437	6212	6399	5915	6003
Выезды АЛ	1915	2112	2207	2015	2089

По данным представленным в таблице 3 видно, что наибольшее количество выездов было осуществлено в 2020 году, его и принимаем для дальнейшего анализа и более детального рассмотрения. В качестве источника информации был принят электронный диспетчерский журнал.

1.2.2 Статистические показатели по выездам в 2020 году

Ведение ежедневного учета показателей оперативного реагирования пожарно-спасательных подразделений, а также контроля таковых со стороны руководства ПСГ, оперативных дежурных СПТ, ЦППС, позволяет принять своевременные управленческие тактические решения, как в рамках тушения и ликвидации последствий конкретных пожаров, так и обеспечительных профилактических мер для принятия решений о передислокации сил и средств гарнизона. К основным показателям, отражающим реальную обстановку на обслуживаемом подразделениями вызове (пожаре), относятся те показатели, которые прямо или косвенно могут повлиять на принятие руководителем тушения пожара (РТП), аварийно-спасательных работ решений, изменить складывающуюся обстановку на пожаре, ускорить или увеличить время оперативно-тактических действий по выполнению основных задач по предназначению. Показатели оперативного реагирования могут отражать временные, пространственные, количественные и

качественные результаты действий личного состава по тушению пожаров. В качестве количественных показателей, необходимых для дальнейшего исследования принимаем выезда отделений на АЦ и АЛ. Временными показателями оперативного реагирования будут являться, среднее время обслуживания выезда. Числовые значения показателей представлены в таблице 4 и на рисунке 4. Распределение выездов по суткам представлено на рисунке 5, а по часам суток на рисунке 6.

Таблица 4 – Показатели оперативного реагирования за 2020 г.

Показатель	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Выезды АЦ	679	685	571	800	689	367	450	503	387	442	363	463
Среднее время обслуживания выезда АЦ, мин.	55	53	46	51	48	42	44	55	41	43	49	44
Выезды АЛ	211	185	212	185	147	182	189	174	174	169	162	217
Среднее время обслуживания выезда АЛ, мин.	42	35	36	30	34	37	32	33	37	32	33	31

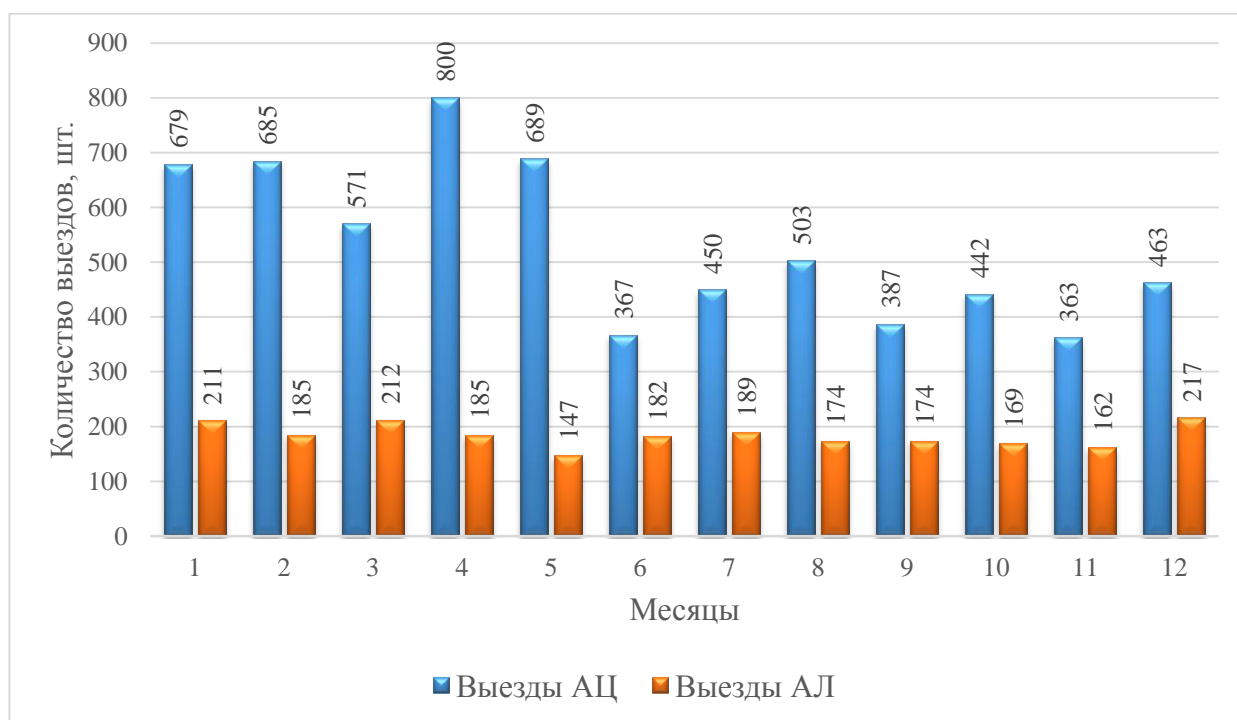


Рисунок 4 – Распределение выездов по месяцам 2020 года

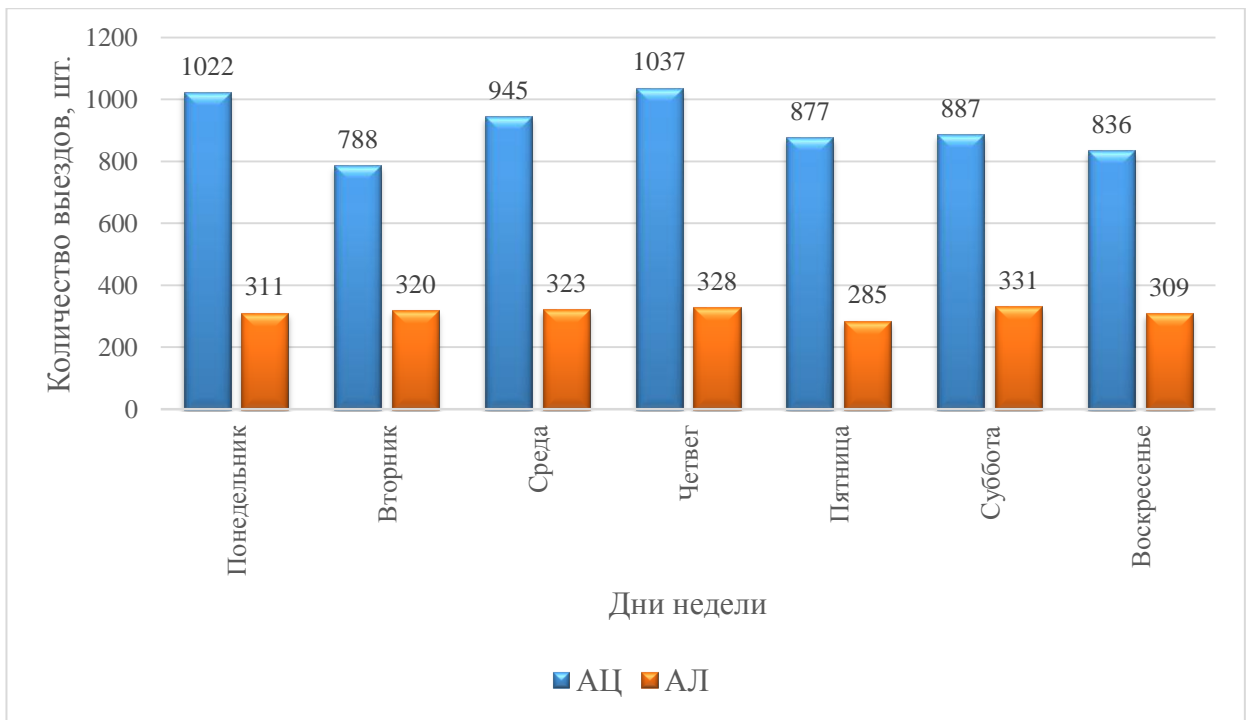


Рисунок 5 – Распределение выездов по дням недели 2020 года

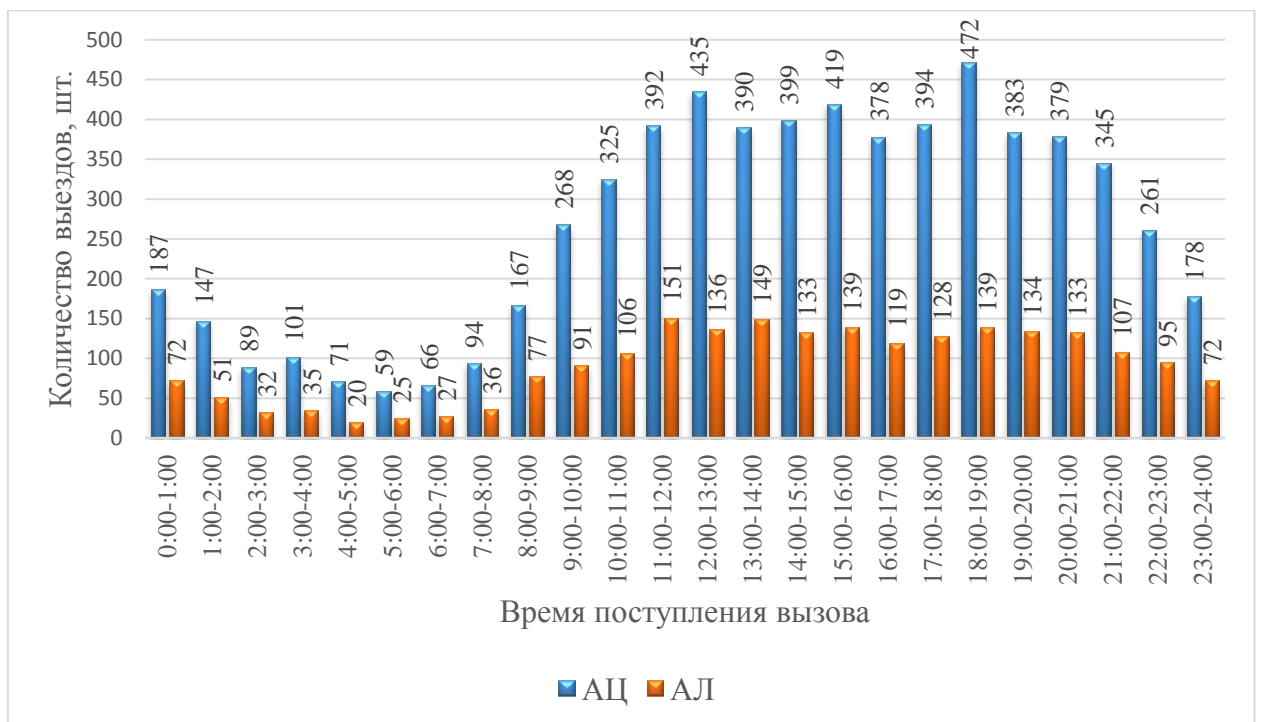


Рисунок 6 – Распределение выездов по часам суток 2020 года

Одним из важнейших показателей функционирования пожарно-спасательных подразделений является время прибытия к месту проведения АСР. В соответствии с пунктом 1 статьи 76 123-ФЗ [38] время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских округах не должно превышать десяти минут. В связи с тем, что наибольшие объемы строительства предполагаются на границах районов выезда пожарно-спасательных подразделений (рисунки 2 и 3), анализ времени с превышением десяти минут позволит косвенно подтвердить или опровергнуть необходимость размещения дополнительных пожарных частей.

Таблица 5 – Случаи с превышением нормативного времени прибытия

Подразделение	Случаи с превышением нормативного времени прибытия, шт.	
	всего	в районы застройки
ПСЧ-1	26	9
ПСЧ-2	7	-
ПСЧ-3	140	110
ПСЧ-30	53	22
ПЧ-35	14	9
ПСЧ-99	30	16
СПСЧ	42	23
Итого	312	189

В таблице 5 представлены случаи с превышением десяти минут допущенные в 2020 году, с выделением из общего числа случаев с превышением времени нормативного прибытия в районы планируемой застройки. Все зафиксированные случаи были допущены при выезде с места дислокации подразделений.

1.3 Анализ существующих границ районов выезда подразделений

Для анализа существующих границ районов выезда подразделений воспользуемся методикой, приведенной в [25]. За исходные данные принимаем статистическую выборку скоростей движения пожарных автомобилей по каждому отдельно взятому подразделению. Всего были

отобраны по 120 выездов каждым подразделением в течении года. При этом отбор производился с учетом следующих различных параметров:

- время суток,
- погодные условия.

Основным критерием выбора явилось осуществление выезда из места дислокации подразделения и в пределах обслуживаемого района. Статистическая выборка представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Статистическая выборка скоростей движения пожарных автомобилей по районам выезда

Скорость пожарного автомобиля, км/ч									
ПСЧ-1									
51,20	40,70	32,24	33,54	20,15	33,56	25,60	19,15	21,65	16,67
32,70	11,60	18,15	32,63	18,10	15,15	22,10	43,10	25,33	17,00
37,93	33,45	23,73	26,58	24,56	31,62	25,70	31,00	32,52	19,08
39,10	29,63	17,00	35,20	62,20	16,70	33,18	45,22	28,55	19,55
23,54	33,00	33,48	40,00	18,58	28,10	21,74	29,85	31,20	27,00
32,00	31,25	31,40	29,46	40,25	23,08	25,50	36,40	22,29	23,15
43,14	22,53	34,75	35,57	24,35	16,80	42,50	16,05	24,85	27,10
20,32	17,58	22,95	23,15	22,80	21,22	17,00	21,63	43,70	21,20
31,80	15,66	25,85	39,20	31,47	21,15	10,12	34,23	24,98	30,86
14,50	33,54	16,70	35,43	23,83	24,40	44,68	28,76	20,05	19,50
15,50	27,50	24,93	21,20	20,50	17,23	32,00	37,70	27,22	25,42
59,10	20,26	24,28	14,55	37,70	16,55	25,20	16,10	16,55	17,35
ПСЧ-2									
32,40	23,50	25,65	33,75	23,45	16,50	23,37	27,21	33,10	18,15
18,00	29,20	25,40	54,75	36,17	25,00	29,00	36,15	30,33	18,80
14,15	25,37	56,20	19,54	53,35	36,10	12,38	14,43	32,00	29,17
18,50	29,47	30,34	26,15	29,30	27,53	23,120	19,29	32,75	33,00
16,15	25,00	26,40	35,46	29,15	38,00	46,15	29,55	17,30	25,44
44,39	17,27	23,25	33,18	36,38	59,00	47,65	39,00	18,80	26,14
35,00	13,50	25,00	36,17	24,00	21,00	32,50	34,00	29,33	19,70
25,00	44,00	37,70	39,15	24,18	40,00	33,65	17,00	32,60	27,85
40,35	36,50	39,25	11,00	18,33	19,05	25,25	33,00	31,50	31,80
26,00	17,00	20,85	21,00	27,30	30,20	29,85	28,00	36,00	33,43
25,00	55,00	29,43	26,56	34,00	13,20	24,60	28,50	34,45	25,15
19,30	39,00	25,00	44,25	26,60	43,00	37,15	22,55	27,25	56,50
ПСЧ-3									
42,60	45,00	53,70	51,50	13,60	36,20	44,60	54,00	19,43	38,60
45,70	44,00	60,67	32,00	49,29	64,50	49,60	47,57	31,86	30,80
18,57	44,60	38,00	49,60	25,00	56,00	38,86	22,37	40,00	26,80
30,75	26,86	45,40	20,00	56,71	25,40	63,70	55,80	32,50	43,43
42,00	44,00	18,80	49,20	57,00	24,00	17,33	28,60	27,00	24,60

Продолжение таблицы 6

Скорость пожарного автомобиля, км/ч									
28,00	16,57	49,40	45,05	43,50	19,20	33,50	34,10	38,60	47,20
49,00	7,90	42,80	24,50	44,00	22,00	46,29	18,60	17,33	55,25
26,75	28,75	8,80	50,00	46,00	55,00	35,75	48,00	32,86	19,60
66,30	37,40	20,91	17,00	29,80	60,00	63,20	55,45	32,20	36,09
18,50	19,46	45,50	49,00	53,00	55,60	24,00	15,50	36,67	56,00
61,20	8,10	25,10	16,80	48,00	52,80	49,00	47,80	19,00	27,25
19,86	13,00	44,33	41,40	50,36	40,67	44,09	42,40	33,50	32,30
ПЧ-30									
25,10	42,00	26,30	31,70	35,25	52,00	23,00	46,36	34,24	53,35
29,00	16,00	33,60	24,00	21,45	29,00	32,50	52,32	43,10	27,10
25,37	35,00	10,30	15,68	47,85	43,57	26,60	54,40	30,00	49,10
31,15	31,00	11,95	34,80	26,86	40,50	12,55	35,00	16,00	31,75
25,25	22,00	34,50	67,00	56,15	30,14	53,59	50,20	31,20	27,45
14,86	19,00	53,50	42,15	47,20	25,20	57,20	30,00	56,35	51,00
25,14	47,33	33,00	55,00	31,14	35,50	34,00	27,00	12,00	19,00
38,57	28,60	23,00	30,00	40,00	60,15	35,50	20,00	30,00	22,34
15,29	45,00	19,25	23,35	25,33	39,00	20,50	22,00	17,27	39,50
27,00	46,43	48,14	65,43	55,40	24,00	26,25	40,57	40,00	28,14
30,27	39,00	45,14	55,85	22,50	31,50	31,18	44,50	28,00	15,67
30,00	60,00	36,71	25,00	22,00	27,00	33,00	35,35	40,33	29,43
ПЧ-35									
31,60	20,00	35,00	37,25	48,00	40,00	20,00	35,00	26,80	9,50
35,50	24,29	15,71	28,00	40,33	33,00	15,33	33,00	12,73	32,86
17,00	15,15	45,00	16,00	42,00	14,86	37,29	34,50	29,00	27,15
30,80	28,00	20,00	33,00	33,33	14,29	24,29	35,71	35,00	21,00
25,50	61,20	22,00	20,50	22,00	20,50	21,00	40,82	17,50	38,75
38,00	43,00	17,33	13,14	30,50	25,00	30,50	37,00	32,00	28,61
18,00	30,00	40,00	27,00	35,00	30,50	22,00	32,67	26,73	28,50
40,00	20,00	35,00	16,00	25,00	32,00	27,29	34,27	53,00	19,00
35,00	16,00	49,33	53,00	26,00	31,00	35,00	49,29	26,50	21,71
26,15	21,60	33,00	44,29	36,67	20,00	26,00	35,71	15,00	30,50
34,00	40,00	31,65	26,36	14,00	26,67	44,00	27,14	15,71	43,33
16,00	30,67	25,00	24,71	37,00	40,50	33,00	45,33	30,50	37,00
ПЧ-99									
14,00	25,00	31,43	46,00	27,50	32,50	26,95	19,22	32,00	40,00
38,00	14,29	40,00	32,86	33,33	10,00	23,45	35,80	34,00	20,00
46,00	35,00	35,00	24,29	20,50	22,00	20,50	22,52	22,73	32,50
21,00	33,00	27,00	42,50	19,00	48,00	37,14	15,80	46,00	30,00
25,50	22,00	31,43	20,00	41,00	29,00	25,00	41,53	26,00	25,85
40,00	32,00	44,00	29,75	12,50	27,14	35,00	27,93	31,43	46,00
33,50	37,75	32,00	30,73	15,50	22,00	25,00	12,50	35,00	29,00
53,45	20,29	34,00	20,00	22,00	35,00	29,00	34,00	35,00	21,00
33,00	40,33	36,15	33,00	37,29	34,50	22,00	30,50	50,00	20,00
13,00	12,50	16,00	35,00	26,00	34,00	37,00	20,00	36,15	30,45
24,29	34,00	18,00	20,75	19,00	24,80	25,15	25,30	24,45	8,50
37,00	30,50	27,15	25,44	40,67	23,25	18,35	43,50	21,50	33,00

Продолжение таблицы 6

Скорость пожарного автомобиля, км/ч									
СПСЧ									
30,33	33,00	27,00	25,69	14,53	60,50	46,67	28,00	10,30	53,00
40,00	36,00	30,00	46,00	42,67	46,86	33,00	66,00	52,86	42,50
34,00	30,29	31,00	42,00	61,00	40,00	31,00	52,43	21,50	44,29
46,00	15,67	34,00	24,29	50,50	22,00	52,33	33,50	37,00	31,50
52,29	34,50	26,00	50,67	25,00	30,71	42,00	30,86	23,50	52,25
67,80	59,00	42,00	42,71	25,86	21,00	60,43	60,50	22,00	20,00
34,00	30,29	17,00	34,14	30,33	53,00	39,00	41,80	26,50	52,67
48,50	22,00	33,33	53,33	50,00	25,25	52,25	11,50	61,00	24,00
65,33	53,45	42,29	34,86	50,33	53,00	27,00	60,00	37,00	40,50
43,86	42,15	37,00	30,50	18,00	30,75	34,59	34,50	59,00	61,00
60,00	15,00	24,50	37,00	42,33	53,86	52,33	60,50	52,00	27,50
48,67	26,00	30,29	35,00	33,27	27,33	34,00	20,29	30,43	21,00

Для наглядности распределения скоростей построим диаграммы для каждого района выезда. Первоначально определяем количество интервалов группировки по формуле Брукса:

$$L = 5 \lg N, \quad (1)$$

где N – размер выборки случайных величин.

Произведем расчет по формуле (1), полученное значение округляем до ближайшего целого:

$$L = 5 \lg 120 = 10,4 = 10 \text{ шт}$$

Шаг гистограммы для района обслуживания каждым подразделением определяется по формуле:

$$\Delta x = \frac{x_{max}^n - x_{min}^n}{L - 1}, \quad (2)$$

где x_{max}^n – максимальное значение скорости для района выезда n -ого подразделения определяемое по таблице 5;

x_{min}^n – минимальное значение скорости для района выезда n-ого подразделения определяемое по таблице 5.

Значения минимальных и максимальных скоростей, а также результаты расчета по формуле (2) представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Минимальные и максимальные скорости движения пожарных автомобилей и шаг гистограммы

Район выезда	Скорость движения пожарного автомобиля км/ч		Шаг гистограммы
	минимальная	максимальная	
ПСЧ-1	10,12	62,20	5,80
ПСЧ-2	11,00	59,00	5,30
ПСЧ-3	7,90	66,30	6,50
ПСЧ-30	10,30	67,00	6,30
ПЧ-35	9,50	61,20	5,70
ПСЧ-99	8,50	53,45	5,00
СПСЧ	10,30	67,80	6,40

Границы нулевого интервала группировки определяются по формуле:

$$x_0 = x_{min} - 0,5 \cdot \Delta x \quad (3)$$

Значения нулевого интервала, рассчитанные по формуле (3) представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения нулевого интервала группировки

Район выезда	ПСЧ-1	ПСЧ-2	ПСЧ-3	ПСЧ-30	ПЧ-35	ПСЧ-99	СПСЧ
Нулевой интервал	7,2	8,4	4,7	7,2	6,7	6,0	7,1

Последующие границы интервалов определяются путем суммирования полученного предыдущего значения с нулевым интервалом группировки. Затем производится суммирование значений скоростей, попадающих в соответствующий расчетный интервал. Для контроля правильности построения статистического ряда необходима проверка следующего условия:

$$N = n_1 + n_2 + \dots + n_k, \quad (4)$$

где n_k – сумма значений скоростей, входящих в соответствующий интервал.

Группированный статистический ряд относительных частот определяется по формуле:

$$p_k = \frac{n_k}{N} \quad (5)$$

Для полученных значений должно выполняться условие:

$$\frac{n_1}{N} + \frac{n_2}{N} + \dots + \frac{n_k}{N} = 1 \quad (6)$$

Результаты расчетов параметров гистограмм, произведенных по формулам (4) – (6) представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчетные параметры гистограмм для различных районов выезда

Номер интервала	Количество скоростей	Относительная частота	Минимальное значение	Максимальное значение
ПСЧ-1				
1	2	0,017	7,2	13,0
2	22	0,183	13,0	18,8
3	31	0,258	18,8	24,6
4	21	0,175	24,6	30,4
5	26	0,217	30,4	36,2
6	9	0,075	36,2	42,0
7	6	0,050	42,0	47,8
8	1	0,008	47,8	53,6
9	1	0,008	53,6	59,4
10	1	0,008	59,4	65,2
Сумма	120	1,0	-	-
ПСЧ-2				
1	4	0,033	8,4	13,7
2	14	0,117	13,7	19,0
3	16	0,133	19,0	24,3
4	35	0,292	24,3	29,6

Продолжение таблицы 9

Номер интервала	Количество скоростей	Относительная частота	Минимальное значение	Максимальное значение
5	21	0,175	29,6	34,9
6	17	0,142	34,9	40,2
7	5	0,042	40,2	45,5
8	2	0,017	45,5	50,8
9	3	0,025	50,8	56,1
10	3	0,025	56,1	61,4
Сумма	120	1,0	-	-
ПСЧ-3				
1	3	0,025	4,7	11,2
2	8	0,067	11,2	17,7
3	16	0,133	17,7	24,2
4	14	0,117	24,2	30,7
5	15	0,125	30,7	37,2
6	13	0,108	37,2	43,7
7	28	0,233	43,7	50,2
8	14	0,117	50,2	56,7
9	6	0,050	56,7	63,2
10	3	0,025	63,2	69,7
Сумма	120	1,0	-	-
ПСЧ-30				
1	4	0,033	7,2	13,5
2	10	0,083	13,5	19,8
3	20	0,167	19,8	26,1
4	30	0,250	26,1	32,4
5	16	0,133	32,4	38,7
6	14	0,117	38,7	45,0
7	10	0,083	45,0	51,3
8	12	0,100	51,3	57,6
9	2	0,017	57,6	63,9
10	2	0,017	63,9	70,2
Сумма	120	1,0	-	-
ПЧ-35				
1	1	0,008	6,7	12,4
2	18	0,150	12,4	18,1
3	15	0,125	18,1	23,8
4	24	0,200	23,8	29,5
5	31	0,258	29,5	35,2
6	18	0,150	35,2	40,9
7	7	0,058	40,9	46,6
8	3	0,025	46,6	52,3
9	2	0,017	52,3	58,0
10	1	0,008	58,0	63,7
Сумма	120	1,0	-	-

Продолжение таблицы 9

Номер интервала	Количество скоростей	Относительная частота	Минимальное значение	Максимальное значение
ПСЧ-99				
1	2	0,017	6,0	11,0
2	9	0,075	11,0	16,0
3	16	0,133	16,0	21,0
4	24	0,200	21,0	26,0
5	15	0,125	26,0	31,0
6	29	0,242	31,0	36,0
7	14	0,117	36,0	41,0
8	8	0,067	41,0	46,0
9	2	0,017	46,0	51,0
10	1	0,008	51,0	56,0
Сумма	120	1,0	-	-
СПСЧ				
1	2	0,017	7,1	13,5
2	5	0,042	13,5	19,9
3	18	0,150	19,9	26,3
4	20	0,167	26,3	32,7
5	21	0,175	32,7	39,1
6	15	0,125	39,1	45,5
7	10	0,083	45,5	51,9
8	15	0,125	51,9	58,3
9	11	0,092	58,3	64,7
10	3	0,025	64,7	71,1
Сумма	120	1,0	-	-

По данным из таблицы 9 строим гистограммы распределения скоростей для каждого района выезда, которые представлены на рисунке 7. В последующем определяем параметр пути, который может преодолеть пожарный автомобиль для соблюдения требования десятиминутного времени прибытия пожарного подразделения в соответствии с ФЗ-123 [38].

Для определения граничного расстояния необходимо рассчитать следующие значения:

- математическое ожидание гистограммы;
- дисперсию гистограммы;
- среднеквадратичное отклонение;
- граничное значение скорости движения пожарного автомобиля.

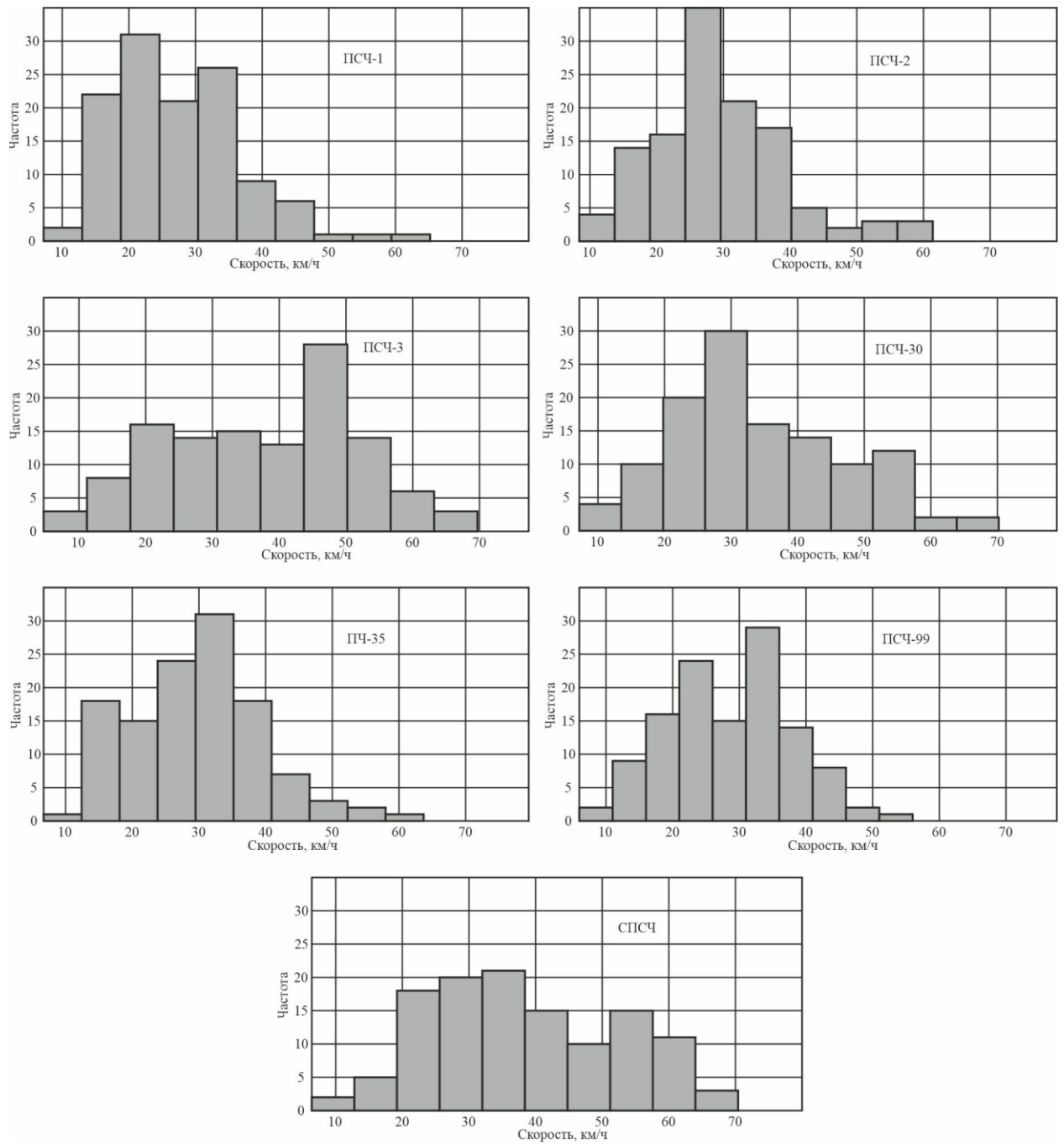


Рисунок 7 – Гистограммы распределения скоростей

Математическое ожидание гистограммы определяется по формуле:

$$\mu_{\Gamma} = x_0 + \Delta x \left(\sum_{k=1}^L p_k K - \frac{1}{2} \right), \quad (7)$$

где K – номер интервала скоростей.

Дисперсия гистограммы определяется по формуле:

$$\sigma_{\Gamma}^2 = \Delta x^2 \left[\frac{1}{12} + \sum_{k=1}^L p_k K^2 - \left(\sum_{k=1}^L p_k K \right)^2 \right] \quad (8)$$

Среднеквадратичное отклонение определяется по формуле:

$$\sigma_{\Gamma} = \sqrt{\sigma_{\Gamma}^2} \quad (9)$$

Граничное значение скорости пожарного автомобиля определяется по формуле:

$$v_{\text{гр}} = \mu_{\Gamma} - \sigma_{\Gamma} \quad (10)$$

Затем определяем предельное расстояние от места дислокации пожарного подразделения по дорожным магистралям до расчетной границы района выезда по следующей формуле:

$$l_{\text{гр}} = \frac{v_{\text{гр}} \cdot t_{\text{норм}}}{60}, \quad (11)$$

где $t_{\text{норм}}$ – значение времени (нормативное) для прибытия первого пожарного подразделения, согласно положениям ФЗ-123 [38], $t_{\text{норм}}$ не должно превышать 10 минут.

Результаты расчетов, проведенные по формулам (7) – (11) представлены в таблице 10.

Полученные расстояния откладываем по дорожным магистралям в соответствующем районе и получаем расчетные границы района выезда. Результат представлен на рисунке 8.

Таблица 10 – Значения, полученные по формулам (7) – (11)

Район выезда	Математическое ожидание	Дисперсия	Среднеквадратичное отклонение	Скорость, км/ч	Расстояние, км
ПСЧ-1	27,3	94,98	9,7	17,6	2,93
ПСЧ-2	29,4	102,98	10,1	19,3	3,22
ПСЧ-3	37,6	208,42	14,4	23,2	3,87
ПСЧ-30	34,1	169,47	13,0	21,1	3,52
ПЧ-35	29,5	101,60	10,1	19,4	3,23
ПСЧ-99	28,7	88,03	9,4	19,3	3,22
СПСЧ	39,1	200,76	14,2	24,9	4,15

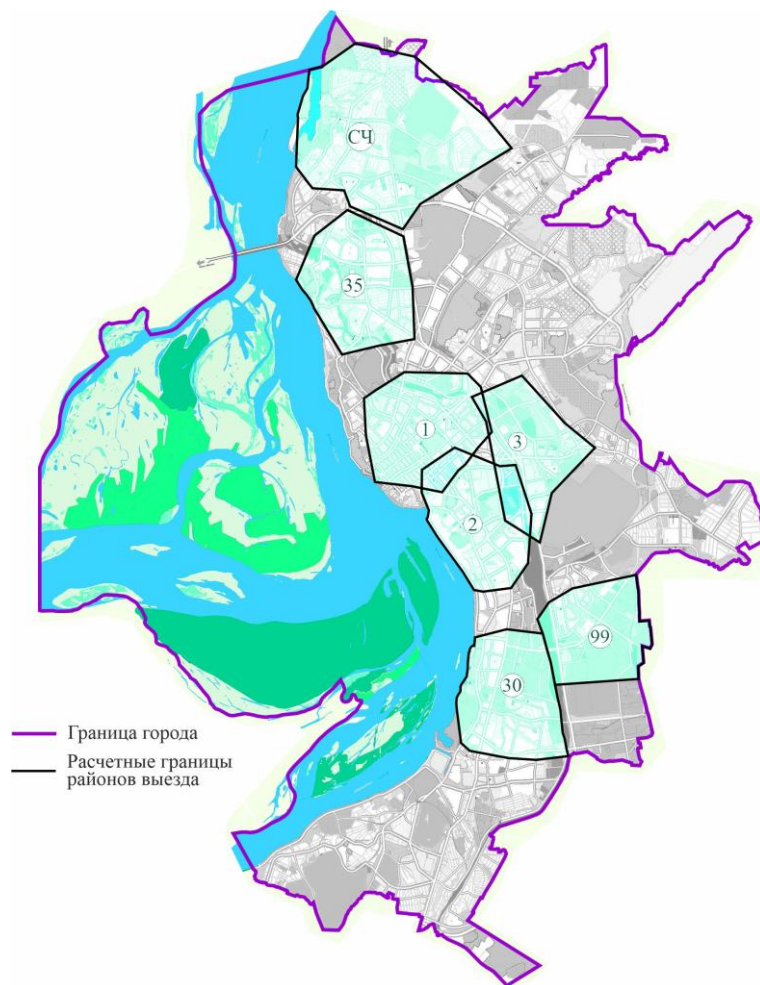
Сравнение существующих и расчетных границ районов выезда подразделений, представленных на рисунках 3 и 8 позволяет сделать вывод о значительном превышении существующих границ. В таблице 11 представлены итоговые данные по сравнению границ районов выезда и случаев превышения нормативного времени следования к месту вызова.

Исходя из данных приведенных в таблице 10 можно сделать вывод о том, что наиболее неблагоприятные ситуации складываются в районах выезда ПСЧ-3, 30, 99 и СПСЧ. При этом фактические площади районов выезда всех пожарных частей превышают расчетные.

Случаи следования в районы застройки с недопущением превышения нормативного времени следования были совершены в ночное время.

Таблица 11 – Площади районов выезда, количество случаев с превышением нормативного времени следования

Район выезда	Существующая площадь района выезда, км ²	Расчетная площадь района выезда, км ²	Выезда в районы застройки, шт	
			всего	с превышением нормативного времени следования
ПСЧ-1	27,7	16,2	14	9
ПСЧ-2	17,5	14,8	-	-
ПСЧ-3	71,1	16,1	124	110
ПСЧ-30	55,0	15,8	31	22
ПЧ-35	31,2	15,3	17	9
ПСЧ-99	26,9	15,9	29	16
СПСЧ	72,7	26,3	37	23



1, 2, 3, 30, 35, 99, СЧ – пожарно-спасательные подразделения

Рисунок 8 – Расчетные границы районов выезда

Превышения нормативного времени, допущенные в районе выезда ПСЧ-99 обусловлены не только увеличенным районом обслуживания, но и расположением. Часть расположена на территории Южного промышленного узла. Для следования в северном направлении необходимо выехать на ул. Аэродромную, на которой в рабочее время образуются заторы в связи со следованием по ней большегрузных автомобилей. Также существенным недостатком является наличие железнодорожных переездов с северной и южной стороны проспекта 60-ти лет Октября. Наиболее неблагоприятно влияет переезд с северной стороны перекрытие которого происходит на достаточно продолжительное время, что ограничивает движение в сторону центра города.

Выводы к разделу 1

В первом разделе магистерской диссертации был представлен план развития города Хабаровска до 2035 года, проанализированы возможности МПСГ с учетом застройки ранее не используемых территорий.

Основными выводами является:

- развитие правобережной части города подразумевает строительство новых жилых микрорайонов на ранее неиспользуемых или используемых в другом назначении территориях, а также переносе производственных объектов из жилой застройки на выделенные для этого территории;
- с учетом планируемого строительства объектов различного функционального назначения застроенная до 2035 года площадь должна составить 47,832 км², при этом общая застроенная площадь города ориентировочно будет равна 227,832 км²;
- организация новых мест дислокации пожарно-спасательных подразделений в правобережной части города планом развития не предусматривается;
- численность личного состава МПСГ существующих подразделения не соответствует нормативной;
- границы районов выезда существующих подразделений МПСГ существенно превышают расчетные;
- практически все выезды, осуществляемые в районы предполагаемой застройки, превышают нормативное время прибытия.

2 Определение требуемой численности оперативных отделений и мест дислокации пожарных подразделений

2.1 Нормативная документация и научная деятельность в вопросах дислокации и комплектования пожарно-спасательных подразделений

2.1.1 Нормативная документация

Начиная с 1930 годов в СССР начались попытки нормирования количества личного состава и радиуса выезда пожарных подразделений. Была принята норма одного пожарного автомобиля на пять тысяч населения, но не менее двух на депо с радиусом выезда равным трем километрам. Эта информация приводится авторами следующих работ [7], [11], [23]. Данные нормативы были обоснованы простейшими соображениями и интуитивным опытом сотрудников пожарной охраны. Норма одного пожарного автомобиля на пять тысяч человек действовала до 1989 года.

В 1989 году был введен в действие СНиП 2.07.01-89 [19] в котором нормирование пожарных подразделений (основных пожарных автомобилей) и их размещение были обоснованы на основании математического моделирования. С 1994 года СНиП 2.07.01-89 [19] заменен на СНиП 2.07.01-89* [20] в котором при нормировании вернулись обратно к простейшим соображениям.

В 1994 году был принят ФЗ-69 [28], в соответствии со статьей 10 на одного пожарного принималось 650 человек населения. Данная норма была принята исходя из практики и опыта наблюдения и действовала до 2005 года, была отменена ФЗ-122 [27]. Практически одновременно с принятием ФЗ-69 были введены НПБ 101-95 [26] с 01.01.1995 года. Данные нормы распространялись на определение количества специальных пожарных автомобилей и количества пожарных депо для населенных пунктов, были

разработаны на основании математического моделирования и действовали до 2021 года.

На основании положений [20] и [26] в МЧС России были разработаны «Организационно-методические рекомендации по определению численности противопожарной службы субъекта Российской Федерации и ее технической оснащенности» [32] с применением которых мной было рассчитано количество личного состава для местного пожарно-спасательного гарнизона города Хабаровска, расчет приведен в статье [3].

С 2008 года принят ФЗ-123 [38] в соответствии со статьей 76 время следования к месту вызова в первого подразделения в черте города не должно превышать десяти минут, в сельской местности 20 минут. Данная норма принята по аналогии с зарубежным нормативом и действует по настоящее время. Для определения мест дислокации пожарных подразделений в 2009 году были приняты СП 11.13130.2009 [24], которые разъясняют принцип определения предельных расстояний при соблюдении нормативного времени следования.

2.1.2 Научная деятельность

Первые попытки создания математических моделей функционирования пожарной охраны практически одновременно и независимо друг от друга были предприняты учеными из России, Великобритании и США.

В Великобритании несколько аналитических моделей в середине 1960, начале 1970 было предложено J. Hogg [44], [45].

В США в 1968 году коллектив из 20 сотрудников Рэнд-института Нью-Йорка и шести работников пожарной охраны проводили исследования в области улучшения функционирования служб при тушении пожаров и создание математических моделей. В 1970 году авторами Carter G., Ignall E. была опубликована статья [42], в которой описывается имитационная модель, разработанная в качестве инструмента для содействия принятию решений о развертывании пожарной службы Нью-Йорка. Модель использовалась для оценки альтернативных решений проблем с которыми

сталкивается город, в части возникающей нагрузки на пожарные подразделения и способности их реагирования. Решения предусматривали новые правила размещения, передислокации и диспетчеризации подразделений пожаротушения для достижения более эффективного использования.

Далее, в 1971 году, Blum E.H. публикует статью [41] в которой были представлены методы, концепции и принципы для служб неотложной медицинской помощи, пожарной охраны и полиции, основанные как на передовых теоретических разработках, так и на международных примерах.

Продолжая проводить исследования, в 1973 году публикуется статья [46] авторов Kolesar P., Blum E. в которой представлена модель реагирования с квадратным корнем в сочетании с соотношениями расстояния реагирования и времени реагирования. Данная модель могла быть использована для определения оптимального распределения подразделений с учетом их ограничений и стандартов времени реагирования.

В 1979 году все исследования были обобщены и представлены в книге [40]. Главным моментом в которой можно выделить разработку моделей путем моделирования и эмпирической проверки, полученных результатов.

По результатам исследований в странах Европы и США были разработаны ГИС. Они позволяют решать ряд организационно-управленческих задач функционирования различных служб (пожарная охрана, службы спасения, скорая медицинская помощь), но не способны моделировать их деятельность во всех аспектах. Наибольшее развитие получило математическое моделирование последствий пожаров, связанных с экономическими потерями, примером является работа авторов Hasofer, A.M. and Thomas [43].

В России в начале 60-х годов Николай Николаевич Брушлинский, который на тот момент работал преподавателем высшей математики на факультете инженеров противопожарной техники и безопасности при Московской Высшей школе МВД СССР по предложению начальника

факультета Николая Александровича Тарасова-Агалакова приступает к разработке научных основ организации пожарной охраны. На первоначальном этапе он сталкивается с проблемой отсутствия необходимых исходных данных для проведения расчетов и подтверждения справедливости предлагаемых им моделей функционирования противопожарной службы. В связи с этим долгое время происходил сбор необходимой информации совместно со слушателями факультета. В 1967 году публикуется статья [4] в которой рассматривается необходимость исходных данных для проведения аналитического моделирования, а также принцип проверки справедливости предлагаемых решений.

В 1970 году в книге [14] представлен процесс математического моделирования для определения необходимого количества отделений для двух реально существующих городов с развитой промышленностью и населением 150000 и 500000 жителей. В результате моделирования были получены достаточно точные данные которые сравнивались с реально произошедшими выездами в 1967 и 1968 годах. Стоит отметить, что все осуществленные выезды происходили в разные моменты времени и не пересекались между собой.

В 1972 году были опубликованы ряд статей по построению различных математических моделей. В статье [8] автора Брушлинского Н.Н. рассматривался вариант аналитического моделирования с упором на экономическую составляющую функционирования пожарной охраны. В статье [10] авторов Брушлинского Н.Н., Брушлинской Г.К. и Тяжеловой Л.Ю. приводится подтверждение о вероятностном характере потока вызовов. В статье [15] авторов Брушлинского Н.Н., Тяжеловой Л.Ю. рассматривается возможность объединения времени занятости в различные интервалы, а также допустимость такого решения.

В 1973 году начинаются публикации статей авторов Брушлинского Н.Н., Брушлинской Г.К. [9] и Брушлинского Н.Н., Тяжеловой Л.Ю. [16] связанных с математическим моделированием при условии одновременной занятости

пожарных отделений. Рассмотрение функционирования пожарной охраны в крупных городах. В 1981 году в книге [6] автора Брушлинского Н.Н. приводится более развернутый материал по математическому моделированию функционирования пожарной охраны в крупных городах для различных показателей, как временных, так и численных.

С 1988 года начинаются публикации касаясь возможности имитационного моделирования, предположения о его применении. Основной проблемой являлась отсутствие достаточного функционала имеющейся компьютерной техники [36].

Начиная с 90-х годов под руководством Брушлинского Н.Н. начинаются первые попытки построения имитационных моделей. В 1994 году опубликованы несколько статей авторами которых явились Алехин Е.М., Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. в которых описывается имитационное моделирование с применением КИС «КОСМАС» [2], [5]. В 1997 году этими же авторами опубликована статья в которой описываются проблемы, возникающие при имитационном моделировании [13], а также статья [1] в которой приводятся результаты имитационного моделирования функционирования пожарной охраны в больших городах.

За годы исследований были предложены два направления моделирования деятельности:

- аналитическое,
- имитационное.

Многочисленные проверки аналитических моделей позволили сделать вывод, что они достаточно точно описывают процесс функционирования подразделений пожарной охраны. Одним из недостатков является то, что в процессе определения значений, связанных с функционированием экстренных служб, не учитывается пространственный параметр. Например, не учитывают какое ближайшее освободившееся подразделение можно направить к месту. Попытки учета совместного моделирования временных и пространственных параметров привели к необходимости создания очень

сложных математических моделей с использованием дифференциальных уравнений в частных производных, общая теория которых в настоящее время не существует и методы решения многих из них неизвестны [12].

Имитационное моделирование осуществляется при помощи компьютерных программ. Позволяет определять не только требуемое количество отделений на основных или специальных пожарных автомобилях, но и количество подразделений и оптимальные места их дислокации.

В начале 1990 годов в Высшей инженерной пожарно-технической школе МВД РФ была разработана КИС «КОСМАС». На сегодняшний день данная разработка претерпела ряд изменений и дополнений, используется ее пятая версия. Точность проведения имитации подтверждается отечественными и зарубежными учеными. Для проведения процесса моделирования в программу загружаются не только данные о подразделениях пожарной охраны, но и электронная карта исследуемого города в полном соответствии с существующей застройкой и дорожно-транспортной сетью. Проведение процесса представлено на рисунках 9 – 11.

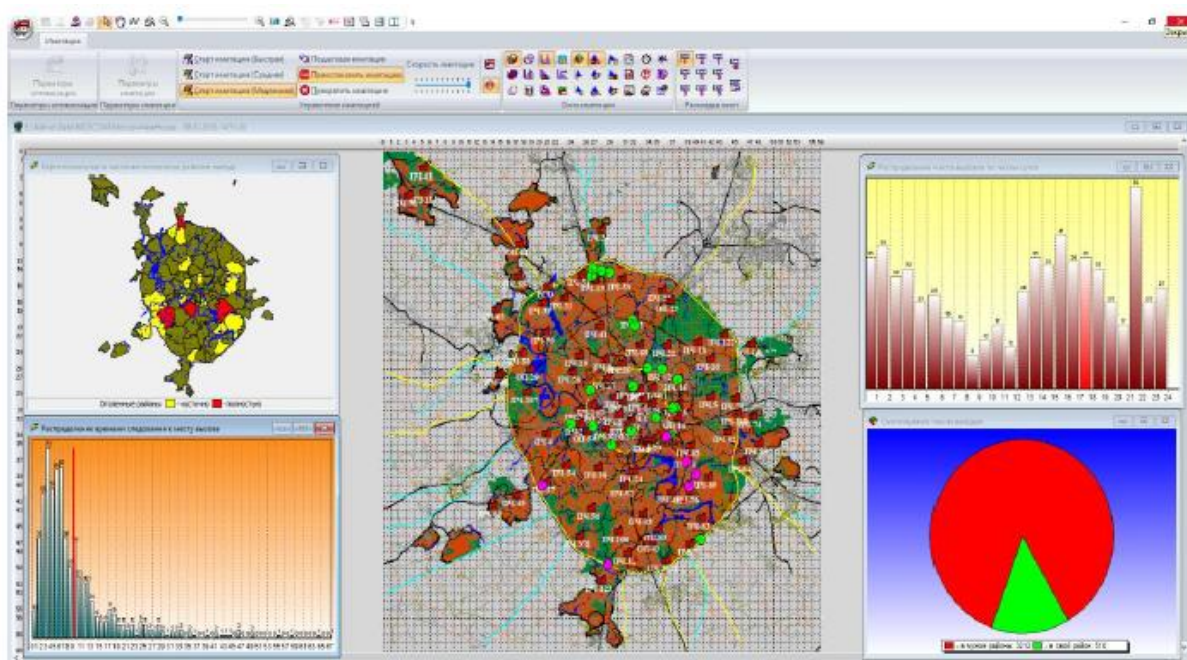


Рисунок 9 – Процесс имитации для г. Москва

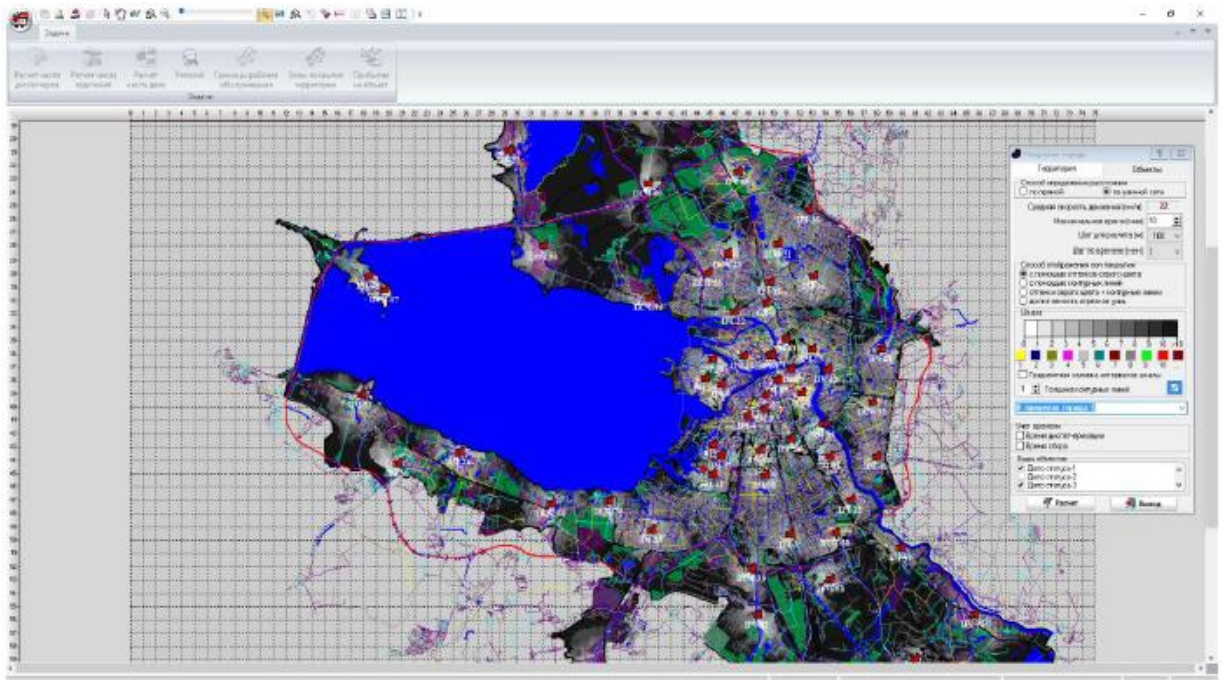


Рисунок 10 – Процесс имитации для г. Санкт-Петербург

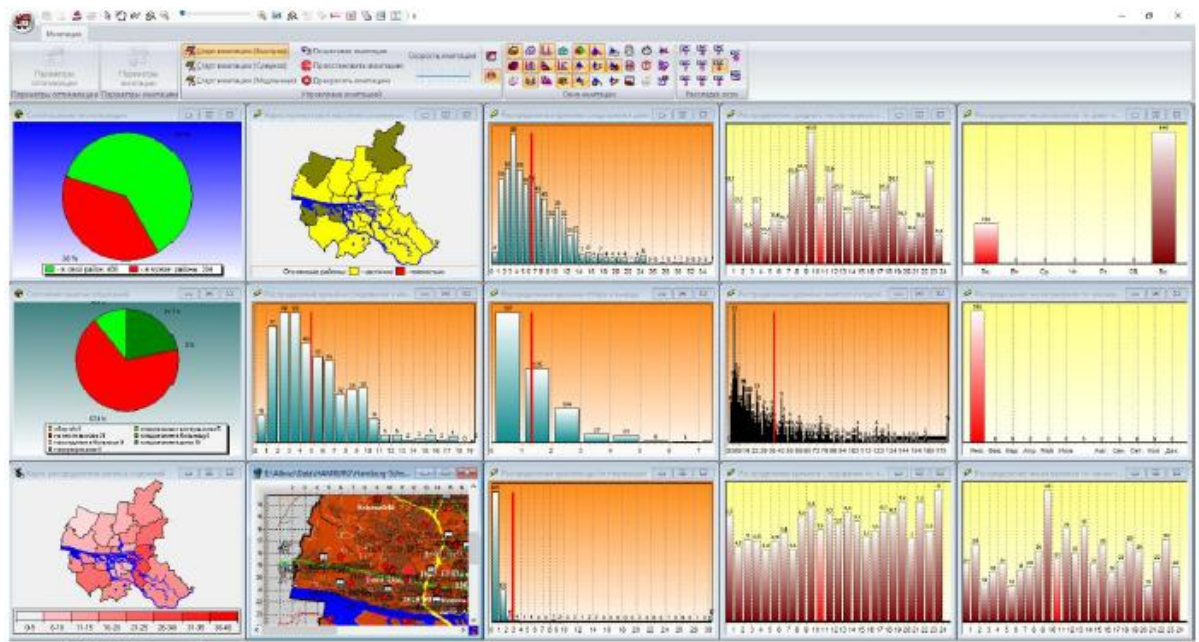


Рисунок 11 – Процесс имитации для г. Гамбург

Возможности КИС «КОСМАС»:

- загрузка и изменение данных для любого населенного пункта;
- моделирование различных реальных или предполагаемых происшествий;
- визуализация результатов, вывод данных характеризующих рассматриваемый процесс;
- исследование различных вариантов имитации;
- решение задач оптимизации и размещения подразделений различных служб;
- определение количества подразделений, оснащенность соответствующей техникой;
- выявление наиболее неблагоприятны зон города по тем или иным признакам.

В связи с отсутствием доступа к программе КИС «КОСМАС» моделирование работы МПСГ города Хабаровска будем производить аналитическим методом.

2.2 Определение численности пожарно-спасательных подразделений

2.2.1 Порядок проведения расчетов в общем виде

Количество отделений на основных и специальных пожарных автомобилях должно быть таким, чтобы обеспечивалось безотказное обслуживание поступающих вызовов.

Отказ в обслуживании поступающего вызова может возникнуть при занятости всех существующих пожарных отделений на ранее поступивших вызовах.

Различают два вида отказов:

- полный – отправка любого количества отделений невозможна;
- частичный – возможна отправка недостаточного количества отделений [12].

Критерием обоснования количества основных и специальных отделений являются вероятностные, временные и частотные характеристики безотказного обслуживания вызовов.

Для проведения расчетов необходимы следующие исходные данные:

- число вызовов в год обслуживаемых k -ым количеством отделений;
- среднее время обслуживания вызова;
- среднее число обслуживаемых вызовов в сутки;
- численность населения рассматриваемого населенного пункта;
- площадь территории охраняемой пожарными подразделениями;
- средняя скорость движения пожарных автомобилей;
- коэффициент непрямолинейности дорожной сети.

После сбора всех исходных данных производится расчет приведенной плотности потока вызовов:

$$\alpha = \lambda \cdot (\tau_{\text{ср}}), \quad (12)$$

где λ – среднее число вызовов в единицу времени;

$\tau_{\text{ср}}$ – среднее время обслуживания одного вызова.

После этого производится расчет всех необходимых параметров для получения результатов по которым определяется достаточное количество отделений.

Вероятность одновременной занятости определяется по формулам:

$$P_0 = e^{-\alpha}, \quad (13)$$

$$P_k = \frac{\alpha}{k} \cdot \sum_{i=1}^{k-1} (k-i) \cdot a_{k-i} \cdot P_i \quad (k = 1, 2, 3 \dots), \quad (14)$$

где e – число Эйлера, принимается равным 2,71828;

α – приведенная плотность потока вызовов;

a_k – относительная частота выезжающих по вызову отделений.

Частоты случаев одновременной занятости определяются по формуле:

$$f_k = N \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot P_{k-i} \quad (k = 1, 2, 3 \dots), \quad (15)$$

где N – количество вызовов за период наблюдения.

Вероятность того, что в произвольный момент времени заданного количества отделений будет недостаточно:

$$P_{>k} = 1 - \sum_{k=0}^n P_k \quad (k = 0, 1, 2 \dots) \quad (16)$$

Ожидаемая продолжительность времени, когда для обслуживания вызовов не хватит отделений:

$$T_{>k} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{>k}, \quad (17)$$

где $T_{\text{набл.}}$ – период наблюдения часов, для 2020 года 8784 ч

Частота возникновения отказов:

$$f_{\text{отк.}}(0) = N, \quad (18)$$

$$f_{\text{отк.}}(k) = N - \sum_{k=1}^n f\{k\} = f_{\text{отк.}}(k-1) - f(k), \quad (19)$$

где f_k – частота возникновения ситуации одновременной занятости пожарных автомобилей;

N – количество вызовов за период наблюдения.

Частота возникновения полных отказов:

$$f_{\text{п.отк.}}(0) = N, \quad (20)$$

$$f_{\text{п.отк.}}(k) = N \cdot P_{(>(k-1))} \quad (21)$$

Частота возникновения частичных отказов:

$$f_{\text{ч.отк.}}(k) = f_{\text{отк.}}(k) - f_{\text{п.отк.}}(k) \quad (22)$$

Достаточным количеством отделений принимается число основных или специальных расчетов в случаях возникновения менее одного отказа в год.

2.2.2 Определение количества основных отделений

Данные по выездам представленные в таблице 4 были оптимизированы для получения более точных расчетов. Если вызовы обслуживались одним количеством отделений, и они следовали с одного на другой без возвращения в место дислокации, то такие случаи объединены в один. Исходные данные для расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Количество выездов отделений на основных пожарных автомобилях за 2020 год

Число автомобилей, выезжающих по вызову, k	Число случаев в год, n_k	Относительная частота, a_k
1	2441	0,414
2	3032	0,515
3	18	0,003
4	35	0,006
5	30	0,005
6	215	0,037
7	84	0,014
8	24	0,004
9	11	0,002

Сумма	5890	1,0
-------	------	-----

Необходимые средние показатели приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Средние параметры вызовов за 2020 год для основных отделений

Среднее время обслуживания вызовов		Среднее число вызовов в сутки
минут	суток	
50,4	0,035	16,0929

По формуле (12) рассчитываем приведенную плотность потока ВЫЗОВОВ:

$$\alpha = 16,0929 \cdot 0,035 = 0,5632515$$

По формулам (13), (14) с применением значений относительной частоты, приведенных в таблице 12 рассчитываем вероятность одновременной занятости основных отделений:

$$P_0 = 2,71828^{-0,5632515} = 0,569355$$

$$P_1 = \alpha \cdot a_1 \cdot P_0 = 0,5632515 \cdot 0,414 \cdot 0,569355 = 0,132766,$$

$$P_2 = \frac{\alpha}{2} \cdot (2 \cdot a_2 \cdot P_0 + a_1 \cdot P_1) = \frac{0,5632515}{2} \times \\ \times (2 \cdot 0,515 \cdot 0,569355 + 0,414 \cdot 0,132766) = 0,180635,$$

$$P_3 = \frac{\alpha}{3} \cdot (3 \cdot a_3 \cdot P_0 + 2 \cdot a_2 \cdot P_1 + a_1 \cdot P_2) = \frac{0,5632515}{3} \times \\ \times (3 \cdot 0,003 \cdot 0,569355 + 2 \cdot 0,515 \cdot 0,132766 + 0,414 \cdot 0,180635) = \\ = 0,180635$$

Значение, рассчитанное по формуле (13) показывает вероятность того, что все отделения находятся в свободном состоянии. Расчет производим до тех пор, пока сумма всех полученных значений одновременной занятости не будет составлять единицу. Для нашего случая необходимо рассчитать 21 значение (с нулевого по 20), вероятности одновременной занятости представлены в таблице 14.

По формуле (15) рассчитываем частоты одновременной занятости основных отделений:

$$f_1 = N \cdot a_1 \cdot P_0 = 5890 \cdot 0,414 \cdot 0,569355 = 1388,35 \text{ случаев,}$$

$$f_2 = N \cdot (a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_0) = 5890 \cdot (0,414 \cdot 0,132766 + 0,515 \cdot 0,569355) = 2050,80 \text{ случаев,}$$

$$f_3 = N \cdot (a_1 \cdot P_2 + a_2 \cdot P_1 + a_3 \cdot P_0) = 5890 \cdot (0,414 \cdot 0,180635 + 0,515 \cdot 0,132766 + 0,003 \cdot 0,569355) = 853,26 \text{ случаев}$$

Результаты расчетов 20 значений (с первого по 20) частот одновременной занятости основных отделений представлены в таблице 14.

По формуле (16) рассчитываем вероятность того, что в произвольный момент времени заданного количества основных отделений будет недостаточно:

$$P_{>0} = 1 - P_0 = 1 - 0,569355 = 0,430645,$$

$$P_{>1} = P_{>0} - P_1 = 0,430645 - 0,132766 = 0,297879,$$

$$P_{>2} = P_{>1} - P_2 = 0,297879 - 0,180635 = 0,117244,$$

$$P_{>3} = P_{>2} - P_3 = 0,117244 - 0,180635 = 0,076567$$

Результаты расчетов 21 значения (с нулевого по 20) вероятностей того, что в произвольный момент времени заданного количества отделений будет недостаточно представлены в таблице 14.

По формуле (17) рассчитываем ожидаемую продолжительность времени, когда для обслуживания вызовов не хватит основных отделений:

$$T_{>0} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{>0} = 8784 \cdot 0,430645 = 3782,79 \text{ ч,}$$

$$T_{>1} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{>1} = 8784 \cdot 0,297879 = 2616,57 \text{ ч,}$$

$$T_{>2} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{>2} = 8784 \cdot 0,117244 = 1029,87 \text{ ч,}$$

$$T_{>3} = T_{\text{набл.}} \cdot P_{>3} = 8784 \cdot 0,076567 = 672,56 \text{ ч}$$

Результаты расчетов 21 значения ожидаемой продолжительности времени, когда для обслуживания вызовов не хватит основных отделений представлены в таблице 14.

По формулам (18) и (19) рассчитываем частоты возникновения отказов в обслуживании основными отделениями:

$$f_{\text{отк.}}(0) = 5890 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{отк.}}(1) = f_{\text{отк.}}(0) - f_1 = 5890 - 1388,35 = 4502 \text{ случая,}$$

$$f_{\text{отк.}}(2) = f_{\text{отк.}}(1) - f_2 = 4502 - 2050,80 = 2451 \text{ случая,}$$

$$f_{\text{отк.}}(3) = f_{\text{отк.}}(2) - f_3 = 2451 - 853,26 = 1598 \text{ случаев}$$

Результаты расчетов 21 значения частот возникновения отказов представлены в таблице 14.

По формулам (20) и (21) рассчитываем частоты возникновения полных отказов:

$$f_{\text{п.отк.}}(0) = 5890 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{п.отк.}}(1) = N \cdot P_{>0} = 5890 \cdot 0,430645 = 2536 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{п.отк.}}(2) = N \cdot P_{>1} = 5890 \cdot 0,297879 = 1755 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{п.отк.}}(3) = N \cdot P_{>2} = 5890 \cdot 0,117244 = 691 \text{ случай}$$

Результаты расчетов 21 значения частот возникновения полных отказов представлены в таблице 14.

По формуле (22) рассчитываем частоты возникновения частичных отказов:

$$f_{\text{ч.отк.}}(0) = f_{\text{отк.}}(0) - f_{\text{п.отк.}}(0) = 5890 - 5890 = 0,$$

$$f_{\text{ч.отк.}}(1) = f_{\text{отк.}}(1) - f_{\text{п.отк.}}(1) = 4502 - 2536 = 1966 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{ч.отк.}}(2) = f_{\text{отк.}}(2) - f_{\text{п.отк.}}(2) = 2451 - 1755 = 696 \text{ случаев,}$$

$$f_{\text{ч.отк.}}(3) = f_{\text{отк.}}(3) - f_{\text{п.отк.}}(3) = 1598 - 691 = 907 \text{ случаев}$$

Результаты расчетов 21 значения частот возникновения частичных отказов представлены в таблице 14.

По данным представленным в таблице 14 можно сделать вывод, что достаточным количеством основных отделений при существующем потоке

вызовов будет 20 автоцистерн. Принимая данное количество основных отделений в боевых расчетах ПСЧ города время с возможностью того что понадобится их большее количество составит всего 36 секунд в год.

Таблица 14 – Результаты расчетов необходимого количества основных отделений

Количество отделений k	Вероятность P_k	Частота f	Вероятность $P_{>k}$	Продолжительность времени $T_{>k}$	Отказы $f_{отк.}(k)$	Отказы $f_{л.отк.}(k)$	Отказы $f_{ч.отк.}(k)$
0	0,569355	-	0,430645	3782,79	5890	5890	0
1	0,132766	1388,35	0,297879	2616,57	4502	2536	1966
2	0,180635	2050,8	0,117244	1029,87	2451	1755	696
3	0,040677	853,26	0,076567	672,56	1598	691	907
4	0,030663	669,59	0,045904	403,22	928	451	477
5	0,008295	222,81	0,037609	330,36	705	270	435
6	0,015906	248,33	0,021703	190,64	457	222	235
7	0,008543	147,13	0,013160	115,60	310	128	182
8	0,006553	135,24	0,006607	58,04	175	78	97
9	0,003370	76,97	0,003237	28,43	98	39	59
10	0,001564	44,91	0,001673	14,70	53	19	34
11	0,000726	22,34	0,000947	8,32	31	10	21
12	0,000393	12,41	0,000554	4,87	19	6	13
13	0,000236	7,23	0,000318	2,79	12	3	9
14	0,000144	4,54	0,000174	1,53	7	2	5
15	0,000087	2,81	0,000087	0,76	4	1	3
16	0,000044	1,56	0,000043	0,38	2	1	1
17	0,000022	0,84	0,000021	0,18	1	0	1
18	0,000010	0,42	0,000011	0,10	1	0	1
19	0,000005	0,22	0,000010	0,09	1	0	1
20	0,000003	0,12	0,000001	0,01	0	0	0

Согласно данным приведенным в таблице 2 суммарное количество основных отделений в боевых расчетах МПСГ составляет 15 штук, которых явно недостаточно. На сегодняшний день проблема решается при помощи привлечения пожарных команд МО. При этом уже не рассматривается время, в течении которого они прибывают к месту вызова. Кроме этого одной из проблем является, что пожарные команды МО не оснащены средствами изоляции органов дыхания и зрения, и не могут производить все работы по тушению пожара.

2.2.3 Определение количества специальных отделений

Для определения количества отделений на специальных автомобилях используем ту же модель, что и для основных. Исходные данные для определения количества автолестниц приведены в таблицах 15 и 16.

По формуле (12) рассчитываем приведенную плотность потока ВЫЗОВОВ:

$$\alpha = 6,0301 \cdot 0,0239 = 0,1441194$$

Таблица 15 – Количество выездов отделений на специальных пожарных автомобилях за 2020 год

Число автомобилей, выезжающих по вызову, k	Число случаев в год, n_k	Относительная частота, a_k
1	2172	0,984
2	35	0,016
Сумма	2207	1,0

Необходимые средние показатели приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Средние параметры вызовов за 2020 год для специальных отделений

Среднее время обслуживания вызовов		Среднее число вызовов в сутки
минут	суток	
34,4	0,0239	6,0301

Далее производим расчеты по формулам (13) – (22). Полученные результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты расчетов необходимого количества специальных отделений

Количество отделений k	Вероятность P_k	Частота f	Вероятность $P_{>k}$	Продолжительность времени $T_{>k}$	Отказы $f_{отк.}(k)$	Отказы $f_{н.отк.}(k)$	Отказы $f_{ч.отк.}(k)$
0	0,865784	-	0,430645	3782,79	5890	5890	0
1	0,122780	1880,21	0,134216	1178,95	2207	2207	0
2	0,010702	297,21	0,117244	100,45	327	296	31
3	0,000695	27,58	0,076567	6,45	30	25	5
4	0,000037	1,89	0,045904	0,34	2	2	0
5	0,000002	0,1	0,037609	0,02	0	0	0

По данным представленным в таблице 17 можно сделать вывод, что достаточным количеством специальных отделений при существующем потоке вызовов будет пять автолестниц. Принимая данное количество специальных отделений в боевых расчетах ПСЧ города время с возможностью того что понадобится их большее количество составит всего одну минуту 12 секунд в год. Существующих автолестниц достаточно для обслуживания всех поступающих вызовов.

2.2.4 Определение числа пунктов дислокации подразделений и количества личного состава

Для определения числа пунктов дислокации в зависимости от среднего времени следования к месту вызова используем следующее выражение:

$$N_{\text{пд}} = \frac{\alpha \cdot K^2 \cdot S}{V^2 \cdot \tau_{\text{сл.}}^2} + \beta \cdot \lambda \cdot \tau_{\text{обсл.}} \quad (23)$$

где α – коэффициент, учитывающий реальную конфигурацию районов выезда, $\alpha=0,48$;

K – коэффициент непрямолинейности уличной сети, принимаем $K=1,3$;

S – площадь территории города, км²;

V – средняя скорость следования пожарных автомобилей, согласно данных приведенных в таблице 6 $V=31$ км/ч;

$\tau_{\text{сл.}}$ – среднее время следования первого подразделения к месту вызова, ч.;

β – коэффициент учитывающий неравномерность распределения свободных подразделений в условиях одновременных вызовов, $\beta=1,5$;

λ – среднее число вызовов в единицу времени, $\lambda=0,671$ вызовов/час;

$\tau_{\text{обсл.}}$ – среднее время обслуживания одного вызова, $\tau_{\text{обсл.}}=0,57$ ч.

Так как в формуле (23) значительное влияние на результат оказывает площадь территории города необходимо в расчете применять застроенную площадь, а также возможно учесть территории, на которых расположены пожарные команды. Площадь территории города равна 383 км^2 , при этом площадь застроенной территории с учетом нового строительства составляет $227,832 \text{ км}^2$. В городе имеется 21 пожарная команда различных ведомств, общая площадь территории защищаемой этими подразделениями составляет $30,8 \text{ км}^2$, тогда расчетная площадь составит 197 км^2 .

Результаты расчетов, произведенных по формуле (23) представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты расчетов необходимого числа пожарных депо

Среднее время следования, τ мин.	Число случаев с временем следования до 10 мин., %	Необходимое число пунктов дислокации, $N_{ПД}$
3,0	99-100	67
3,5	99-100	50
4,0	98-99	39
4,5	97-98	30
5,0	95-96	25
5,5	93-94	20
6,0	89-90	17
6,5	86-87	14
7,0	82-83	13
7,5	77-78	11
8,0	73-74	10
8,5	69-70	9
9,0	64-65	8
9,5	60-61	7
10,0	56-57	7

Согласно [12] необходимо исходить из того, что число случаев с временем следования до 10 минут должно составлять 90 %.

Из таблицы 18 следует, что количество пожарно-спасательных подразделений должно быть 17. Рассматривая районы застройки, а также возможность отведения мест под строительство новых пожарных депо принимаем их общее количество равным 15 штукам (семь существующих и восемь дополнительных). Таким образом число случаев с временем

следования до 10 минут будет составлять 87-89 %. Если рассматривать случаи с превышением 10 минут в 2020 году в районы застройки (таблица 11), предлагаемое количество дополнительных пожарных подразделений существенно снизит вероятность их возникновения.

Исходя из полученных результатов, представленных в таблице 14, за рассматриваемый период достаточно 20 отделений на основных пожарных автомобилях. Анализируя возможную оперативно-тактическую обстановку в районах выезда дополнительных подразделений можно сделать вывод о необходимости наличия в боевых расчетах 26 отделений основного назначения и шести отделений специального назначения. Распределение пожарных автомобилей по существующим и дополнительным подразделениям представлено в таблице 19.

Таблица 19 – Распределение пожарных автомобилей по подразделениям

Подразделение	Техника в боевом расчете			
	АЦ	АЛ-30	АКП-50	АГ
ПСЧ-1	2	1	-	-
ПСЧ-2	2	-	-	-
ПСЧ-3	2	-	-	-
ПСЧ-30	2	1	-	-
ПЧ-35	3	-	1	1
ПСЧ-99	2	1	-	-
СПСЧ	2	-	1	1
ДПСП-1	1	-	-	-
ДПСП-2	1	-	-	-
ДПСП-3	2	-	-	-
ДПСП-4	1	-	-	-
ДПСП-5	1	-	-	-
ДПСП-6	2	-	1	-
ДПСП-7	2	-	-	-
ДПСП-8	1	-	-	-
Итого	26	3	3	2

В соответствии с количеством отделений основного и специального назначения производим расчет личного состава в боевых расчетах по следующим формулам [12]:

$$Q_{\text{л/с осн.ПА}} = N_{\text{осн.ПА}} \cdot q_{\text{л/с.оснПА}}, \quad (24)$$

где $N_{\text{осн.ПА}}$ – количество основных пожарных автомобилей, $N_{\text{осн.ПА}}=26$;

$q_{\text{л/с.осн.ПА}}$ – количество личного состава на один основной пожарный автомобиль в соответствии с [31], $q_{\text{л/с.осн.ПА}}=24$ человека;

$N_{\text{спец.ПА}}$ – количество специальных пожарных автомобилей, $N_{\text{спец.ПА(АЛ)}}=3$, $N_{\text{спец.ПА(АКП)}}=3$, $N_{\text{спец.ПА(АГ)}}=2$;

$q_{\text{л/с спец.ПА}}$ – количество личного состава на один специальный пожарный автомобиль в соответствии с [31], $q_{\text{л/с.спец.ПА(АЛ)}}=12$ человек, $q_{\text{л/с.спец.ПА(АКП)}}=16$ человек, $q_{\text{л/с.спец.ПА(АГ)}}=28$ человек.

$$Q_{\text{л/с спец.ПА}} = \sum N_{\text{спец.ПА}} \cdot q_{\text{л/с.спецПА}}, \quad (25)$$

Определим требуемое количество личного состава боевых расчетов по формулам (24) и (25):

$$Q_{\text{л/с осн.ПА}} = 26 \cdot 24 = 624 \text{ человека}$$

$$Q_{\text{л/с спец.ПА}} = 3 \cdot 12 + 3 \cdot 16 + 2 \cdot 28 = 140 \text{ человек}$$

Исходя из четырехсменного дежурства суммарно в боевых расчетах необходимо иметь 764 человека. Фактическая численность в соответствии с таблицей 2 составляет 450 человек, что в 1,7 раза меньше требуемой. Недостаточное количество личного состава оказывает значительное влияние на время проведения работ связанных с тушением пожаров и задействование дополнительного количества отделений.

2.3 Определение мест дислокации дополнительных пожарно-спасательных подразделений

В целях определения мест постоянной дислокации (размещения) новых пожарных подразделений воспользуюсь методикой, предложенной в СП 11.13130.2009 [24].

При проведении расчета выбираем цель номер два, вычисленные параметры для данной цели говорят о том, что начало тушения пожара происходит до достижения строительными конструкциями предела огнестойкости по своим ограничивающим способностям. При этом происходит горение твердых горючих веществ и распространение пожара соответствует круговой форме.

Далее необходимо определить объекты, подлежащие защите в рассматриваемых районах. Из рисунка 8 видно, что дополнительные подразделения необходимо предусмотреть в четырех районах. Условно назовем их по ближайшим крупным улицам или районам города следующим образом:

- район поселка Березовка;
- район Овощесавхоза, Авиагородка, поселка Горького;
- район ул. Орджоникидзе;
- район поселка Красная речка, ул. Монтажной, пер. Высотного.

Объекты в рассматриваемых районах приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Объекты в районах размещения дополнительных подразделений

Номер объекта	Вид объекта	Район
1	Жилые многоквартирные дома второй степени огнестойкости	пос. Березовка, Овощесовхоз, Авиагородок, пос. Горького, ул. Орджоникидзе, пос. Красная речка, ул. Монтажная, пер. Высотный
2	Жилые многоквартирные дома третьей степени огнестойкости	
3	Индивидуальные жилые дома четвертой степени огнестойкости	
4	Школа	
5	Детский сад	

6	Поликлиника	
7	Торговый центр	
8	Автосервис	
9	Административные здания	
10	Логистический терминал	пос. Березовка

Для объектов, представленных в таблице 20 необходимо задаться исходными значениями, которые определяем по ФЗ-123 [38], справочник по пожарной нагрузке [34], справочник РТП [22] и ТТХ пожарного ствола РСКУ-50А [33]. Наименование всех требуемых исходных данных представлены на рисунке 12.

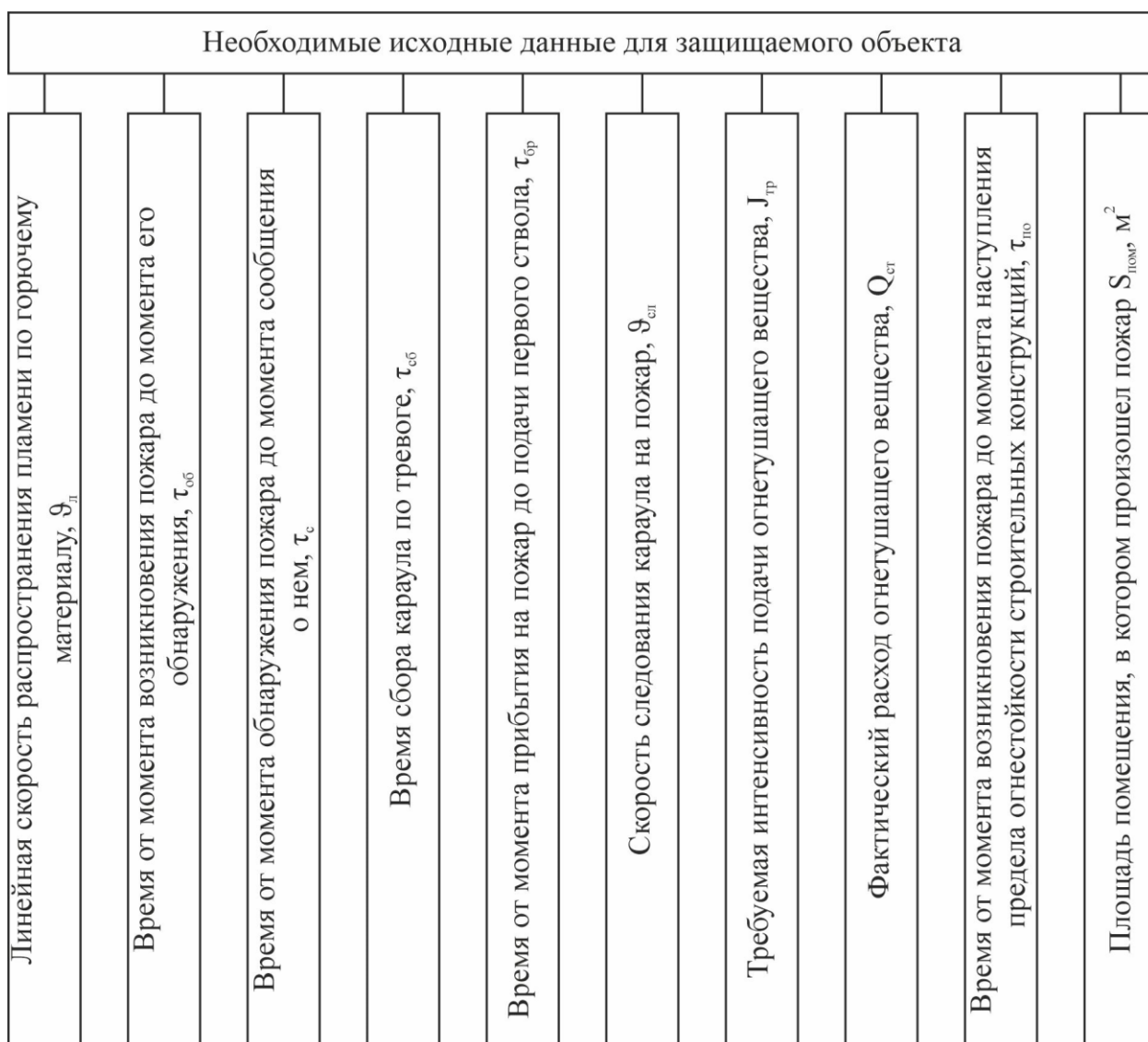


Рисунок 12 – Необходимые исходные данные для защищаемого объекта

Числовые значения исходных данных приведенных на рисунке 12 представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Исходные данные для защищаемых объектов

Номер объекта	$\vartheta_{л}$, м/мин	$\tau_{об}$, мин	$\tau_{с}$, мин	$\tau_{сб}$, мин	$\tau_{бр}$, мин	$\vartheta_{сл}$, км/ч	$J_{тр}$, л/(м ² ·с)	$Q_{ст}$, л/с	$\tau_{по}$, мин	$S_{пом}$, м ²
район пос. Березовка										
1	0,3	3	2	1	3	24,9	0,03	8,0	90	25
2	0,3	3	2	1	3	24,9	0,03	8,0	60	25
3	0,3	3	2	1	2	24,9	0,03	8,0	60	30
4	0,3	1	1	1	3	24,9	0,1	8,0	90	50
5	0,42	1	1	1	3	24,9	0,1	8,0	90	40
6	0,42	1	1	1	3	24,9	0,1	8,0	90	20
7	0,3	1	1	1	4	24,9	0,2	8,0	90	70
8	0,35	1	1	1	3	24,9	0,2	8,0	90	100
9	0,3	1	1	1	3	24,9	0,006	8,0	90	45
10	0,3	1	1	1	4	24,9	0,2	8,0	90	1000
район Овощесовхоза, Авиагородка, пос. Горького										
1	0,3	3	2	1	3	23,2	0,03	8,0	90	25
2	0,3	3	2	1	3	23,2	0,03	8,0	60	25
3	0,3	3	2	1	2	23,2	0,03	8,0	60	30
4	0,3	1	1	1	3	23,2	0,1	8,0	90	50
5	0,42	1	1	1	3	23,2	0,1	8,0	90	40
6	0,42	1	1	1	3	23,2	0,1	8,0	90	20
7	0,3	1	1	1	4	23,2	0,2	8,0	90	70
8	0,35	1	1	1	3	23,2	0,2	8,0	90	100
9	0,3	1	1	1	3	23,2	0,006	8,0	90	45
район ул. Орджоникидзе										
1	0,3	3	2	1	3	19,4	0,03	8,0	90	25
2	0,3	3	2	1	3	19,4	0,03	8,0	60	25
3	0,3	3	2	1	2	19,4	0,03	8,0	60	30
4	0,3	1	1	1	3	19,4	0,1	8,0	90	50
5	0,42	1	1	1	3	19,4	0,1	8,0	90	40
6	0,42	1	1	1	3	19,4	0,1	8,0	90	20
7	0,3	1	1	1	4	19,4	0,2	8,0	90	70
8	0,35	1	1	1	3	19,4	0,2	8,0	90	100
9	0,3	1	1	1	3	19,4	0,006	8,0	90	45
район пос. Красная речка, ул. Монтажной, пер. Высотный										
1	0,3	3	2	1	3	21,1	0,03	8,0	90	25
2	0,3	3	2	1	3	21,1	0,03	8,0	60	25
3	0,3	3	2	1	2	21,1	0,03	8,0	60	30
4	0,3	1	1	1	3	21,1	0,1	8,0	90	50
5	0,42	1	1	1	3	21,1	0,1	8,0	90	40
6	0,42	1	1	1	3	21,1	0,1	8,0	90	20
7	0,3	1	1	1	4	21,1	0,2	8,0	90	70
8	0,35	1	1	1	3	21,1	0,2	8,0	90	100
9	0,3	1	1	1	3	21,1	0,006	8,0	90	45

Скорость следования в таблице 21 принята по данным таблицы 10, в соответствии с районом обслуживания подразделения.

После отражения всех исходных данных необходимо произвести расчет предельного расстояния для двух целей, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$l_1 \leq \frac{v_{сл}}{60} \cdot (T_2 - T_1), \quad (26)$$

$$l_{2.1} \leq \frac{v_{сл}}{60} \cdot \left[\sqrt{T_3 \cdot \left(\tau_{по} + \frac{T_3}{4} - T_0 \right) - \left(T_1 + \frac{T_3}{2} \right)} \right], \text{ если } S_{пож}/S_{пом} < 1, \quad (27)$$

$$l_{2.2} = \frac{v_{сл}}{60} \cdot [\tau_{по} - (T_1 + T_T)], \text{ если } S_{пож}/S_{пом} \geq 1, \quad (28)$$

где $v_{сл}$ – скорость следования караула, км/ч;

T_0, T_1, T_2, T_3, T_T – комплексы необходимые для расчета предельных расстояний;

$\tau_{по}$ – время от момента возникновения пожара до момента наступления предела огнестойкости строительных конструкций, мин;

$S_{пож}$ – площадь пожара, м²;

$S_{пом}$ – площадь помещения в котором произошел пожар, м².

Комплексы необходимые для расчета предельных расстояний находятся по формулам:

$$T_0 = \frac{5}{60 \cdot J_{тр}}, \quad (29)$$

$$T_1 = \tau_{об} + \tau_c + \tau_{сб} + \tau_{бр}, \quad (30)$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{Q_{ст}}{\pi \cdot \vartheta_{л}^2 \cdot J_{тр}}}, \quad (31)$$

$$T_3 = \frac{2 \cdot 60 \cdot J_{тр}}{\pi \cdot \vartheta_{л}^2}, \quad (32)$$

$$T_T = \frac{5 + 0,5 \cdot S_{пом}}{60 \cdot J_{тр}}, \quad (33)$$

где $J_{тр}$, – требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества, л/(м²·с);

$\tau_{об}$ – время от момента возникновения пожара до его обнаружения, мин;

τ_c – время от момента обнаружения пожара до сообщения, мин;

$\tau_{сб}$ – время сбора караула по тревоге, мин;

$\tau_{бр}$ – время от момента прибытия на пожар до подачи первого ствола, мин;

$Q_{ст}$ – фактический расход огнетушащего вещества, л/с;

$\vartheta_{л}$ – линейная скорость распространения пламени по горючему веществу, м/мин.

Результаты расчетов, произведенных по формулам (26) – (33) представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты определения предельных расстояний

Номер объекта	Комплексы					Предельные расстояния, км		
	T_0	T_1	T_2	T_3	T_T	l_1	$l_{2.1}$	$l_{2.2}$
район пос. Березовка								
1	2,78	9	30,72	12,74	9,72	9	7,7	29,6
2	2,78	9	30,72	12,74	9,72	9	5,1	17,1
3	2,78	8	30,72	12,74	11,11	9,4	4	10,7

4	0,83	6	16,83	42,46	5	4,5	15,7	32,8
5	0,83	6	12,02	21,66	4,17	2,5	11,8	33,1
6	0,83	6	12,02	21,66	2,5	2,5	11,8	33,8

Продолжение таблицы 22

Номер объекта	Комплексы					Предельные расстояния, км		
	T_0	T_1	T_2	T_3	T_T	l_1	$l_{2,1}$	$l_{2,2}$
7	0,42	7	11,9	84,93	3,33	2	19,7	33,1
8	0,42	6	10,2	62,39	4,58	1,7	18,2	33
9	13,89	6	68,69	2,55	76,39	26	2,8	3,2
10	0,42	6	11,9	84,93	42,08	2,4	20,1	17,4
район Овощесовхоза, Авиагородка, пос. Горького								
1	2,78	9	30,72	12,74	9,72	8,4	7,2	27,6
2	2,78	9	30,72	12,74	9,72	8,4	4,8	16
3	2,78	8	30,72	12,74	11,11	8,8	3,7	10
4	0,83	6	16,83	42,46	5	4,2	14,6	30,5
5	0,83	6	12,02	21,66	4,17	2,3	11	30,9
6	0,83	6	12,02	21,66	2,5	2,3	11	31,5
7	0,42	7	11,9	84,93	3,33	1,9	18,4	30,8
8	0,42	6	10,2	62,39	4,58	1,6	16,9	30,7
9	13,89	6	68,69	2,55	76,39	24,2	2,6	2,9
район ул. Орджоникидзе								
1	2,78	9	30,72	12,74	9,72	7	6	23
2	2,78	9	30,72	12,74	9,72	7	4	13,3
3	2,78	8	30,72	12,74	11,11	7,3	3,1	8,4
4	0,83	6	16,83	42,46	5	3,5	12,2	25,5
5	0,83	6	12,02	21,66	4,17	1,9	9,2	25,8
6	0,83	6	12,02	21,66	2,5	1,9	9,2	26,4
7	0,42	7	11,9	84,93	3,33	1,6	15,4	25,8
8	0,42	6	10,2	62,39	4,58	1,4	14,2	25,7
9	13,89	6	68,69	2,55	76,39	20,3	2,2	2,5
район пос. Красная речка, ул. Монтажной, пер. Высотный								
1	2,78	9	30,72	12,74	9,72	7,6	6,5	25,1
2	2,78	9	30,72	12,74	9,72	7,6	4,4	14,5
3	2,78	8	30,72	12,74	11,11	8	3,4	9,1
4	0,83	6	16,83	42,46	5	3,8	13,3	27,8
5	0,83	6	12,02	21,66	4,17	2,1	10	28,1
6	0,83	6	12,02	21,66	2,5	2,1	10	28,7
7	0,42	7	11,9	84,93	3,33	1,7	16,7	28
8	0,42	6	10,2	62,39	4,58	1,5	15,4	27,9
9	13,89	6	68,69	2,55	76,39	22	2,4	2,7

Из полученных значений трех расстояний для соответствующего объекта выбираем наименьшее. По результатам, представленным в таблице 22 видно, что наименьшими расстояниями от объекта до места дислокации пожарных подразделений являются расстояния от дошкольных учреждений,

детских садов, лечебных учреждений, торговых центров и автосервисов. Наибольшими расстояниями являются расстояния до жилых домов.

Выбранные минимальные расстояния откладываем на карте города по дорожным магистралям от планируемого места дислокации пожарных подразделений. Основным требованием является то, что размещение объектов защиты не должно превышать выбранных расстояний до пожарных депо, а также наличие мест на территории города для их размещения.

Полученные фактические границы районов выезда существующих и дополнительных пожарно-спасательных подразделений представлены в Приложении А на рисунках А.1 – А.3. Для дополнительного подразделения в районе ул. Орджоникидзе возможно использовать здание бывшей ПЧ-85, в остальных семи случаях потребуется строительство новых частей.

Выводы к разделу 2

Во втором разделе магистерской диссертации были рассмотрены вопросы научной деятельности и нормативной документации касательно нормирования личного состава и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений. Для определения количества подразделений, личного состава, основных и специальных пожарных машин применялось аналитическое моделирование деятельности МПСГ. Места дислокации дополнительных подразделений определялись по СП 11.13130.2009 [24].

Основными выводами является:

- попытки нормирования количества личного состава и подразделений на территории нашей страны осуществлялись с 1930 годов, до 1989 года нормативы основывались на простейших соображениях и интуитивном опыте, начиная с 1989 года стали применять научно обоснованные нормативы наряду с опытом наблюдения;
- требование ФЗ-123 [38] о 10 минутном времени прибытия были заимствованы из зарубежных нормативов и не учитывают специфику нашей страны;

- зарубежная и отечественная научная деятельность в области математического моделирования действий пожарной охраны началась практически одновременно, наибольших результатов в этой области добились отечественные ученые;
- наибольшим функционалом и точностью определения параметров действие различных служб позволяет выполнять имитационное моделирование, которое осуществляется при помощи компьютерных имитационных систем, в Российской Федерации такой системой является КИС «КОСМАС»;
- аналитическое моделирование хоть и уступает по функционалу и реализации имитационному также позволяет с достаточно высокой точностью определять требуемую численность личного состава, количество техники и пожарно-спасательных подразделений;
- для безотказного функционирования пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска достаточно в боевом расчете иметь 20 основных отделений;
- для обеспечения требования ФЗ-123 [38] достаточно иметь 15 пожарно-спасательных подразделений, учитывая их места дислокации потребуется 26 основных и восемь специальных отделений при этом требование о 10 минутном времени прибытия обеспечивается и в районах застройки;
- в настоящее время в городе есть неиспользуемое пожарное депо бывшей ПЧ-85, которое территориально подходит для размещения одного из дополнительных подразделений, для остальных семи потребуется строительство новых депо.

3 Предлагаемые мероприятия для повышения пожарно-тактических возможностей МПСГ г. Хабаровска

3.1 Характеристики пожарных депо дополнительных пожарно-спасательных подразделений

Согласно ФЗ-123 [38] на территории городских населенных пунктов размещаются пожарные депо I и II типа. Пожарные депо I типа рассчитаны на размещение шести, восьми, 10 или 12 пожарных автомобилей. II типа рассчитаны на размещение двух, четырех и шести пожарных автомобилей.

Исходя из комплектования ДПСП основными и специальными пожарными автомобилями представленных в таблице 18 на территории города необходимо дополнительно разместить пожарные депо II типа в количестве:

- пять пожарных депо на два выезда;
- два пожарных депо на четыре выезда;
- одно пожарное депо на шесть выездов.

Принятое количество выездов обеспечивает размещение внутри депо кроме техники в боевом расчете еще и резервных пожарных автомобилей.

Расчетное количество личного состава в дежурной смене, принятое в соответствии с [31] составляет:

- депо на два выезда – шесть человек;
- депо на четыре выезда – 12 человек;
- депо на шесть выездов – 14 человек.

Так как есть возможность размещения одного ДПСП на два выезда в месте дислокации бывшей ПЧ-85 всего необходимо строительство семи пожарных депо.

Основным нормативным документом при проектировании пожарных депо является СП 380.1325800.2018 [21], в котором содержатся следующие требования:

- к земельным участкам и размещению зданий пожарных депо;
- к функционально-технологическим, объемно-планировочным и архитектурно-строительным решениям зданий пожарных депо;
- к внутренней среде;
- к инженерно-техническому оборудованию зданий пожарных депо.

Рекомендуемые площади помещения различного назначения в зависимости от типа пожарной техники и количества личного состава в боевом расчете приведены в СП 380.1325800.2018 [21]. Планировки разработанных зданий пожарных депо представлены на рисунках 13 – 15.

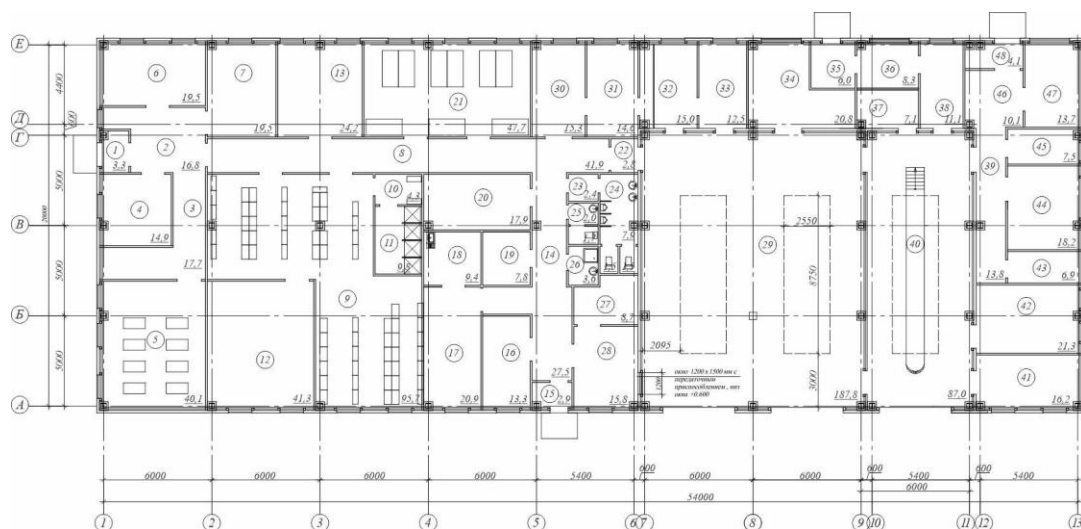


Рисунок 13 – Здание пожарного депо на два выезда



Рисунок 14 – Здание пожарного депо на четыре выезда

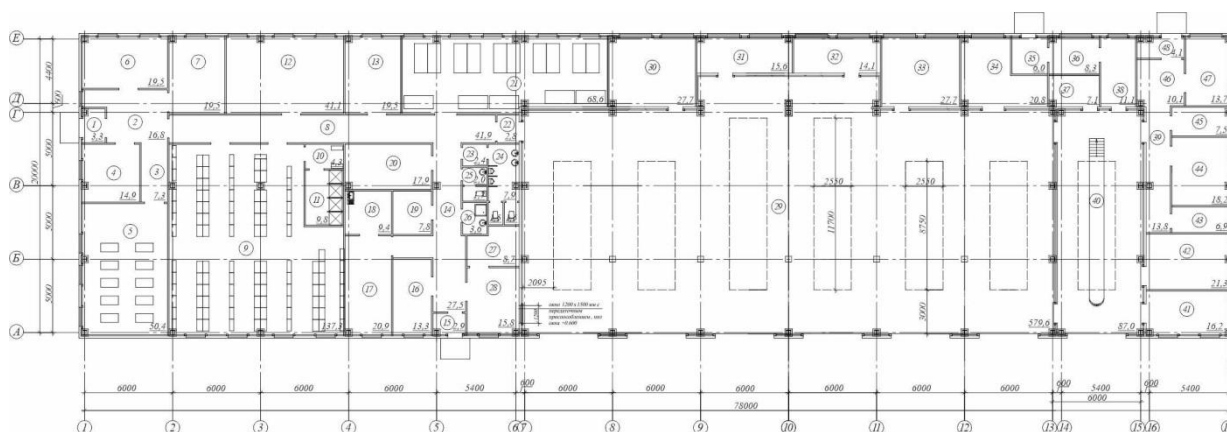


Рисунок 15 – Здание пожарного депо на шесть выездов

Здания пожарных депо разработаны с учетом размещения в них резервных пожарных автомобилей. Для автоцистерн и автолестниц приняты следующие параметры мест стоянки:

- размеры места стоянки АЦ – 8,75x2,55 м;
- размеры места стоянки АЛ – 11,7x2,55 м;
- расстояние между автомобилями – 2,6 м;
- расстояние от крайнего правого (по направлению выезда) до стены – 2,095 м;
- расстояние от автомобиля до грани колонны – 1,3 м;
- расстояние от автомобиля до передней и задней стены – 3 м.

Наименование и фактические площади помещений представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Экспликация помещений пожарных депо

Номер помещения	Наименование помещения	Площади помещений пожарных депо, м ²		
		На два выезда	На четыре выезда	На шесть выездов
1	Тамбур	3,3	3,3	3,3
2	Вестибюль	16,8	16,8	16,8
3	Коридор	17,7	7,3	7,3
4	Кабинет	14,9	14,9	14,9

5	Учебный класс	40,1	50,4	50,4
6	Кабинет начальника части	19,5	19,5	19,5

Продолжение таблицы 23

Номер помещения	Наименование помещения	Площади помещений пожарных депо, м ²		
		На два выезда	На четыре выезда	На шесть выездов
7	Кабинет заместителя начальника части	19,5	19,5	19,5
8	Коридор	41,9	41,9	41,9
9	Раздевалка	95,7	137,3	137,3
10	Преддушевая	4,3	4,3	4,3
11	Душевая	9,8	9,8	9,8
12	Спортивный зал	41,3	41,1	41,1
13	Кабинет психологической разгрузки	24,2	19,5	19,5
14	Коридор	27,5	27,5	27,5
15	Тамбур	2,9	2,9	2,9
16	Кабинет начальника дежурной смены	13,3	13,3	13,3
17	Комната приема пищи	20,9	20,9	20,9
18	Комната разогрева пищи	9,4	9,4	9,4
19	Склад вещевого имущества	7,8	7,8	7,8
20	Склад вещевого имущества	17,9	17,9	17,9
21	Комната отдыха дежурной смены	47,7	68,6	68,6
22	Тамбур-шлюз	2,8	2,8	2,8
23	Тамбур-шлюз	2,4	2,4	2,4
24	Мужская уборная	7,9	7,9	7,9
25	Женская уборная	1,7	1,7	1,7
26	Комната уборочного инвентаря	3,6	3,6	3,6
27	Комната отдыха диспетчеров	8,7	8,7	8,7
28	Диспетчерская	15,8	15,8	15,8
29	Помещение хранения пожарной техники	187,8	367,4	579,6
30	Помещение для сушки одежды	15,3	14,3	27,7
31	Помещение для мойки рукавов и одежды	14,6	12,5	15,6
32	Помещение для сушки и обслуживания рукавов	15,0	14,3	14,1
33	Помещение хранения рукавов	12,5	12,5	27,7
34	Склад пенообразователя и ПТВ	20,8	20,8	20,8
35	Компрессорная	6,0	6,0	6,0
36	Мастерская по ремонту ДАСВ	8,3	8,3	8,3
37	Пост ГДЗС	7,1	7,1	7,1
38	Помещение для хранения и проведения проверок ДАСВ	11,1	11,1	11,1
39	Коридор	13,8	13,8	13,8
40	Пост ТО	87,0	87,0	87,0
41	Кладовая инструментов	16,2	16,2	16,2
42	Мастерская	21,3	21,3	21,3
43	Электрощитовая	6,9	6,9	6,9

44	Венткамера	18,2	18,2	18,2
45	Водомерный узел	7,5	7,5	7,5

Продолжение таблицы 23

Номер помещения	Наименование помещения	Площади помещений пожарных депо, м ²		
		На два выезда	На четыре выезда	На шесть выездов
44	Венткамера	18,2	18,2	18,2
45	Водомерный узел	7,5	7,5	7,5
46	Холл	10,1	10,1	10,1
47	Тепловой узел	13,7	13,7	13,7
48	Тамбур	4,1	4,1	4,1

Площади основных помещений соответствуют требованиям СП 380.1325800.2018 [21]. Для некоторых помещений площадь уменьшена на 15 процентов, что также допускается данным сводом правил. Устройство башни для сушки рукавов не рассматриваем по причине предполагаемого строительства из быстровозводимых конструкций.

Общая площадь зданий пожарных депо составляет:

- на два выезда – 1080 м²;
- на четыре выезда – 1320 м²;
- на шесть выездов – 1560 м².

Для определения общей требуемой площади достаточной для размещения ПСЧ необходимо учесть дополнительные сооружения и строения такие как:

- учебная башня на два ряда окон – 200 м²;
- сто метровая полоса с препятствиями – 500 м²;
- спортивная площадка – 420 м²;
- теплодымокамера – 100 м²;
- КПП – 9 м².

Итого с учетом подъездных путей к объектам, расположенным на территории ПСЧ, а также стоянок для личного транспорта потребуются минимальные площади для депо на два выезда – 3600 м², депо на четыре выезда – 4320 м², депо на шесть выездов – 5280 м².

3.2 Определение уничтоженной и поврежденной пожаром площадей без дополнительных подразделений и с их учетом

Для определения уничтоженной и поврежденной пожаром площади выбираем здание 18 этажного жилого дома I степени огнестойкости с подземной парковкой на 20 легковых автомобилей. Объект расположен по адресу ул. Шатова, 2 и находится в районе выезда СПСЧ. В соответствии с расписанием выездов МПСГ [35] предусмотрена автоматическая высылка подразделений по рангу пожара № 2.

В качестве места возникновения пожара выбираем помещение подземной стоянки автомобилей, очаг и планировка помещений представлены на рисунке 16.

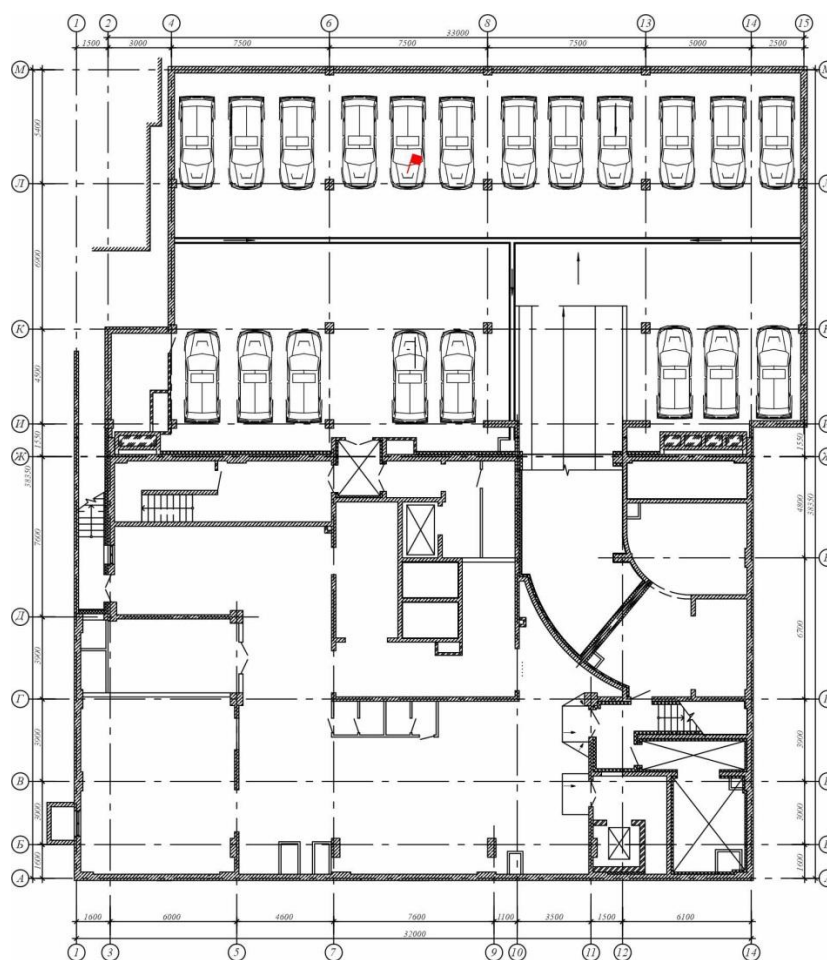


Рисунок 16 – Планировка помещений подземного этажа

Выход в смежное помещение производится через тамбур-шлюз, в котором установлены противопожарные двери с пределом огнестойкости равным 60 минут. Наружные и внутренние стены монолитные железобетонные с пределом огнестойкости 240 и 180 минут соответственно. Колонны и перекрытия монолитные железобетонные с пределом огнестойкости 240 и 180 минут соответственно. Помещение автостоянки оборудовано системами порошкового пожаротушения, системой дымоудаления и автоматической установкой пожарной сигнализации с функцией отправки сообщения о пожаре на ЦППС.

Помещение автостоянки выполнено таким образом, что в случае возникновения в нем пожара отсутствует влияние на процесс эвакуации из жилой зоны. В связи с этим распространения пожара будем рассматривать в пределах помещения расположенного в осях Ж – М/1 – 15, без учета пожарных автомобилей специального назначения.

В связи с высокими показателями пределов огнестойкости строительных конструкций здания примем только поврежденную площадь, которую будем рассматривать в зависимости от полученных значений распространения пожара.

Дополнительным условием примем, что системы пожаротушения и дымоудаления не сработали. Площадь парковки составляет 485,45 м².

Подразделения, прибывающие по рангу пожара № 2 с учетом дополнительных и без них, а также время следования к месту вызова представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Подразделения и их параметры

Подразделение	Количество АЦ	Расстояние, км	Скорость следования, км/ч	Время следования, мин
Без учета ДПС				
ПСЧ-1	1	7,0	45,0	9,3
ПЧ-35	3	6,0	45,0	8,0

СПСЧ	2	7,0	45,0	9,3
------	---	-----	------	-----

Продолжение таблицы 24

Подразделение	Количество АЦ	Расстояние, км	Скорость следования, км/ч	Время следования, мин
С учетом ДПСП				
ДПСЧ-1	1	3,0	45,0	4,0
ДПСЧ-2	1	2,0	45,0	2,7
ПЧ-35	2	6,0	45,0	8,0
СПСЧ	2	7,0	45,0	9,3

Время следования в минутах, представленное в таблице 24, определялось по формуле:

$$\tau_{сл} = \frac{S}{V_{сл}} \cdot 60, \quad (34)$$

где S – расстояние по дорожным магистралям до места вызова, км;

$V_{сл}$ – скорость следования принимаем равным 45 км/ч;

60 – значение для перевода в минуты.

3.2.1 Определение уничтоженной и поврежденной пожаром площадей без учета дополнительных подразделений

Далее по методике, приведенной в справочнике РТП [22] производим расчеты параметров пожара без учета дополнительных подразделений.

«Время свободного развития пожара определяется по формуле:

$$\tau_p = \tau_{сооб} + (\tau_{ов} + \tau_{сив}) + \tau_{сл} + \tau_{рп}, \quad (35)$$

где $\tau_{сооб}$ – время от возникновения пожара до сообщения, $\tau_{сооб}=2$ мин;

$(\tau_{ов}+\tau_{сив})$ – сумма времени обработки вызова и выезда подразделения, принимается равным одной минуте;

$\tau_{сл}$ – наименьшее время следования подразделения, принимается по таблице 24;

$\tau_{рп}$ – время развертывания подразделения, принимаем две минуты»
[22, с. 18].

Определяем по формуле (35) время свободного развития пожара на момент подачи стволов ПЧ-35:

$$\tau_{р-пч-35} = 2 + 1 + 8 + 2 = 13 \text{ мин}$$

Так как время подачи стволов ПЧ-35 превышает 10 минут путь, пройденный огнем, определяется по формуле:

$$L_{пч-35} = 5 \cdot V_{л}^{\text{табл}} + V_{л}^{\text{табл}} \cdot \tau_{р-пч-35}, \quad (36)$$

где $V_{л}^{\text{табл}}$ – линейная скорость распространения пламени, принимается равным 0,42 м/мин, согласно [34], как для стоянки легковых автомобилей.

Определяем по формуле (36) путь, пройденный огнем на момент подачи стволов ПЧ-35:

$$L_{пч-35} = 5 \cdot 0,42 + 0,42 \cdot 13 = 7,56 \text{ м}$$

Чтобы определить форму площади пожара нанесем путь, пройденный огнем на плане этажа. При этом учитываем, что пожар не распространится на автомобили, расположенные с противоположной стороны. Схема пожара на 13 минуте приведена на рисунке 17.

Анализируя схему пожара, представленную на рисунке 17 можно сделать несколько выводов:

- первое прибывшее подразделение на трех АЦ подаст два ствола РСКУ-50А с производительностью до 8 л/с [33];
- личный состав третьего отделения будет занят установкой АЦ на водоисточники и прокладкой магистральных линий;

- глубина тушения ручным пожарным стволом, согласно справочника РТП [22], составляет пять метров, путь пройденный огнем превышает суммарное значение глубины тушения, как следствие оно будет производиться по фронту с двух сторон;
- для защиты автомобилей, находящихся на противоположной стороне необходимо подать третий ствол, до его подачи защита будет осуществляться стволами, поданными на 13 минуте, в связи с этим распространение пожара в левую и правую сторону продолжится, но с меньшей скоростью.



Рисунок 17 – Схема распространения пожара на 13 минуте

По формуле (35), произведем расчет времени развития пожара на момент прибытия ПСЧ-1 и СПСЧ, время следования принимаем по таблице 23:

$$\tau_{P-ПСЧ-1} = 2 + 1 + 9,3 + 2 = 14,3 \text{ мин}$$

Путь пройденный огнем на момент подачи ствола ПСЧ-1 определяем по следующей формуле:

$$L_{\text{ППСЧ-1}} = 5 \cdot V_{\text{Л}}^{\text{табл}} + V_{\text{Л}}^{\text{табл}} \cdot \tau_{\text{Р-ПЧ-35}} + 0,5 \cdot V_{\text{Л}}^{\text{табл}} \cdot \tau_{\text{ЛОК}}, \quad (37)$$

где $\tau_{\text{ЛОК}}$ – время от возникновения пожара до его локализации.

Время от возникновения пожара до его локализации определяется по формуле:

$$\tau_{\text{ЛОК}} = \tau_{\text{Р-ПЧ-1}} - \tau_{\text{Р-ПЧ-35}}, \quad (38)$$

$$\tau_{\text{ЛОК}} = 14,3 - 13 = 1,3 \text{ мин}$$

Определяем путь, пройденный огнем по формуле (37):

$$L_{\text{ППСЧ-1}} = 5 \cdot 0,42 + 0,42 \cdot 13 + 0,5 \cdot 0,42 \cdot 1,3 = 7,83 \text{ м}$$

Наносим путь, пройденный огнем на план этажа, результат представлен на рисунке 18.

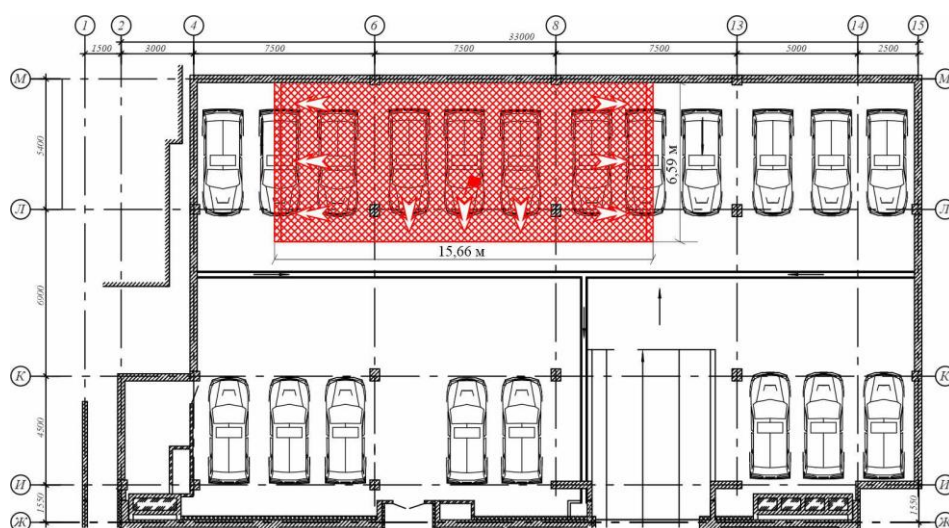


Рисунок 18 – Схема распространения пожара на момент локализации

Площадь пожара в соответствии с его формой на момент локализации определяется по формуле:

$$S_{\text{п}} = a \cdot b, \quad (39)$$

где a – ширина площади пожара, $a=6,59$ м;

b – длина площади пожара, $b=15,66$ м.

Определяем по формуле (39) площадь пожара:

$$S_{\text{п}} = 6,59 \cdot 15,66 = 103,2 \text{ м}^2$$

Так как пожар в пределах помещения происходил с выделением высокой концентрация продуктов горения считаем, что поврежденная площадь объекта строительства ($S_{\text{пов.объ.стр.1}}$) будет равна площади помещения и составит $485,45 \text{ м}^2$.

Площадь объекта строительства, на которой было уничтожено пожаром имущество ($S_{\text{объ.стр.ун.им.1}}$) принимаем равной площади пожара, которая составляет $103,2 \text{ м}^2$. Площадь объекта строительства на которой было повреждено имущество ($S_{\text{объ.стр.пов.им.1}}$) определяем по следующей формуле:

$$S_{\text{объ.стр.пов.им.1}} = S_{\text{пом.}} - S_{\text{п.}}, \quad (40)$$

где $S_{\text{пом.}}$ – площадь помещения, $S_{\text{пом.}}=485,45 \text{ м}^2$.

Определяем по формуле (40) площадь объекта строительства на которой было повреждено имущество:

$$S_{\text{объ.стр.пов.им.1}} = 485,45 - 103,2 = 382,25 \text{ м}^2$$

Также в результате пожара были уничтожены семь легковых автомобилей, и 13 повреждены.

3.2.2 Определение уничтоженной и поврежденной пожаром площадей с учетом дополнительных подразделений

Исходные данные принимаем, как и для расчета без учета дополнительных подразделений. По формуле (35) и данным представленным в таблице 24 определяем время свободного развития пожара на момент подачи ствола ДПСЧ-2:

$$\tau_{P-ДПСЧ-2} = 2 + 1 + 2,7 + 2 = 7,7 \text{ мин}$$

Так как время подачи ствола ДПСЧ-2 не превышает 10 минут путь, пройденный огнем, определяется по формуле:

$$L_{пДПСЧ-2} = 0,5 \cdot V_{л}^{\text{табл}} \cdot \tau_{P-ДПСЧ-2}, \quad (41)$$

Определяем по формуле (41) путь, пройденный огнем на момент подачи ствола ДПСЧ-2:

$$L_{пДПСЧ-2} = 0,5 \cdot 0,42 \cdot 7,7 = 1,62 \text{ м}$$

Для определения формы площади пожара наносим путь, пройденный огнем на план этажа. Результат приведен на рисунке 19.

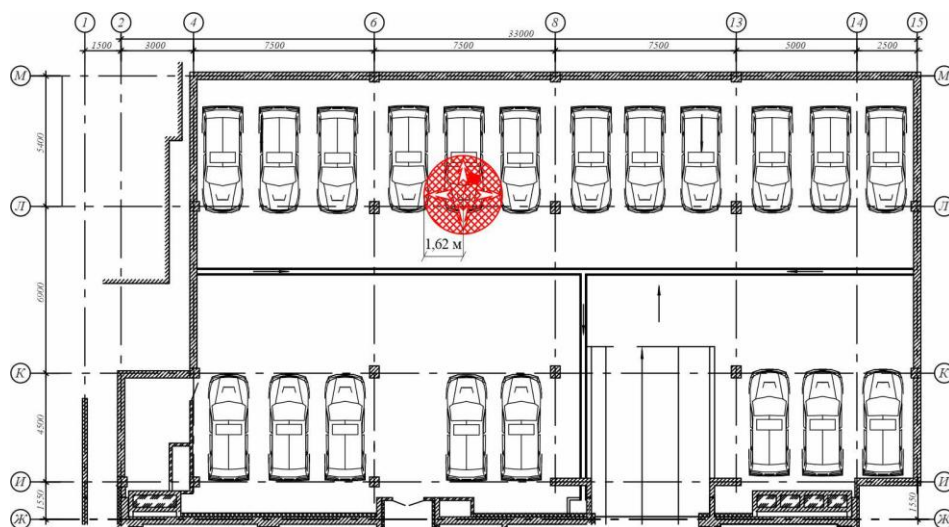


Рисунок 19 – Схема распространения пожара на момент подачи ствола ДПСЧ-2

Так как форма площади пожара круговая определяем ее по следующей формуле:

$$S_{\text{п}} = \pi \cdot L_{\text{пДПСЧ-2}}^2, \quad (42)$$

$$S_{\text{п}} = 3,14 \cdot 1,62^2 = 8,24 \text{ м}^2$$

Так как путь, пройденный огнем, не превышает глубину тушения ручным пожарным стволом их необходимое количество определим по следующей формуле:

$$N_{\text{ст}}^{\text{т}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot J_{\text{тр}}}{q_{\text{ст}}}, \quad (43)$$

где $J_{\text{тр}}$ – требуемая интенсивность подачи огнетушащего средства, согласно справочника РТП [22] $J_{\text{тр}}=0,2 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$;

$q_{\text{ст}}$ – производительность ствола РСКУ-50А, согласно [33] составляет 8 л/с.

Определим по формуле (43) требуемое количество стволов на тушение пожара:

$$N_{\text{ст}}^{\text{т}} = \frac{8,24 \cdot 0,2}{8} = 0,2 \text{ шт}$$

Для тушения достаточно одного ствола РСКУ-50А, в проведении расчета на момент локализации нет необходимости, так как он достигнут.

Так как площадь пожара невелика считаем, что поврежденная площадь объекта строительства ($S_{\text{пов.обь.стр.2}}$) будет превышать площадь пожара в пять раз и составит 41,2 м².

Площадь объекта строительства, на которой было уничтожено пожаром имущество ($S_{\text{обь.стр.ун.им.2}}$) принимаем равной площади пожара, которая составляет 8,24 м². Площадь объекта строительства на которой было повреждено имущество ($S_{\text{обь.стр.пов.им.2}}$) определяем по следующей формуле:

$$S_{\text{обь.стр.пов.им.2}} = S_{\text{пов.обь.стр.2}} - S_{\text{обь.стр.ун.им.2}} \quad (44)$$

$$S_{\text{обь.стр.пов.им.2}} = 41,2 - 8,24 = 32,96 \text{ м}^2$$

Также в результате пожара был уничтожен один легковой автомобиль, и два повреждены.

3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на территории г. Хабаровска

Для анализа и оценки эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности по методике приведенной в приказе МЧС России № 43 от 28.01.2022 г. [30] обобщим полученные значения уничтоженных и поврежденных пожаром площадей. Данные по уничтоженным и поврежденным автомобилям представлены в таблице 25. Общая и поврежденные площади транспортных средств приведены в таблице 26 из расчета на один автомобиль, также в этой таблице приведены поврежденные площади объекта и площади на которых было уничтожено имущество.

Таблица 25 – Уничтоженные и поврежденные пожаром автомобили

Количество поврежденных	Количество уничтоженных	Срок эксплуатации
-------------------------	-------------------------	-------------------

автомобилей, шт.		автомобилей, шт.		автомобилей, лет
1	2	1	2	
2	2	3	1	4
5	-	4	-	8
6	-	-	-	14

Все автомобили иностранного производства, длиной 4,4 м и шириной 1,7 м. В таблицах 24 и 25 индекс 1 означает, что представленный параметр определен без учета ДПСЧ, индекс 2 с учетом.

Таблица 26 – Уничтоженные и поврежденные пожаром площади

$S_{\text{пов.обь.стр.и}}, \text{M}^2$		$S_{\text{обь.стр.ун.им.и}}, \text{M}^2$		$S_{\text{обь.стр.пов.им.и}}, \text{M}^2$		$S_{\text{пов.тр.сп.и}}, \text{M}^2$		$S_{\text{общ.тр.сп.}}, \text{M}^2$
1	2	1	2	1	2	1	2	
485,45	41,20	103,20	8,24	382,25	32,96	2,0	1,0	7,48

Поскольку здание разделено на два пожарных отсека, расчет будем производить для подземной автостоянки, которая в соответствии с ФЗ-123 [38] относится к классу функциональной пожарной опасности Ф5.2. Фактическая группа капитальности – I. Год введения объекта в эксплуатацию 2014, условный пожар произошел в 2023 году.

3.3.1 Методика проведения расчета общего материального ущерба, причиненного пожаром

«Общий материальный ущерб от пожара определяется по следующей формуле:

$$U = U_{\text{обь.стр.}} + U_{\text{им.}} \quad (45)$$

где $U_{\text{обь.стр.}}$ – материальный ущерб, причиненный пожаром объектам строительства, рублей;

$U_{\text{им.}}$ – материальный ущерб, причиненный пожаром имуществу, рублей» [30].

«Материальный ущерб, причиненный пожаром объектам строительства, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{объ.стр.}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{объ.стр.}}} (Y_{\text{ун.объ.стр.}i} + Y_{\text{пов.объ.стр.}i}), \quad (46)$$

где $N_{\text{объ.стр.}}$ – число объектов строительства, на которых пожаром была уничтожена и (или) повреждена их площадь, штук;

$Y_{\text{ун.объ.стр.}i}$ – ущерб, причиненный в результате уничтожения пожаром

площади i -го объекта строительства, рублей;

$Y_{\text{пов.объ.стр.}i}$ – ущерб, причиненный в результате повреждения пожаром площади i -го объекта строительства, рублей» [30].

В нашем случае ущерб в результате уничтожения пожаром объектов строительства равен нулю, так как не было уничтоженной площади.

Ущерб, причиненный в результате повреждения пожаром площади i -го объекта строительства, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{пов.объ.стр.}i} = Y_{1 \text{ кв.м пов.объ.стр.}i} \cdot S_{\text{пов.объ.стр.}i}, \quad (47)$$

где $Y_{1 \text{ кв.м пов.объ.стр.}i}$ – ущерб от повреждения пожаром одного квадратного

метра площади i -го объекта строительства, руб./м²;

$S_{\text{пов.объ.стр.}i}$ – поврежденная пожаром площадь i -го объекта строительства, принимается по таблице 26.

«Ущерб от поврежденного пожаром одного квадратного метра площади i -го объекта строительства определяется по следующей формуле:

$$Y_{1 \text{ кв.м пов.объ.стр.}i} = K_{\text{пов.объ.стр.}q} \cdot C_{1 \text{ кв.м обь.стр.}i} \cdot K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{гр к}} \cdot K_{\text{рег}}, \quad (48)$$

где $K_{\text{пов.объ.стр.}q}$ – коэффициент, учитывающий степень повреждения пожаром площади объектов строительства, определяется по приложению И и составляет 0,73;

$C_{1 \text{ кв.м. обь.стр.}i}$ – стоимость одного квадратного метра i -го объекта строительства, определяется по приложению А и составляет 11 545 руб./м²;

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета восстановительной стоимости от базового субъекта РФ к уровню текущих цен субъекта, определяется по приложению Б и составляет 7,02;

$K_{\text{гр к}}$ – коэффициент перерасчета восстановительной стоимости в соответствии с группой капитальности объекта, определяется по приложениям А и В и составляет 1;

$K_{\text{рег}}$ – поправочный климатический коэффициент, учитывающий влияние природно-климатических факторов на стоимость объекта строительства, определяется по приложению Г и составляет 1,03» [30].

Так как ущерб от поврежденного пожаром одного квадратного метра площади объекта строительства одинаков для двух расчетных случаев определим его по формуле (48):

$$Y_{1 \text{ кв.м. пов.обь.стр.}i} = 0,73 \cdot 11\,545 \cdot 7,02 \cdot 1 \cdot 1,03 = 60\,938 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{им.}} = Y_{\text{обь.стр.им.}} + Y_{\text{тр.ср.}} \quad (49)$$

где $Y_{\text{обь.стр.им.}}$ – ущерб, нанесенный имуществу на объекте строительства,

рублей;

$Y_{\text{тр.ср.}}$ – ущерб, нанесенный транспортным средствам, рублей.

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу на объекте строительства, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{объ.стр.им.}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{объ.стр.им.}}} Y_{\text{объ.стр.им.}i}, \quad (50)$$

где $N_{\text{объ.стр.им.}}$ – число объектов строительства, на которых пожаром было

уничтожено или повреждено имущество, штук;

$Y_{\text{объ.стр.им.}i}$ – ущерб, нанесенный имуществу на i -ом объекте строительства, рублей.

Ущерб, нанесенный имуществу на i -ом объекте строительства, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{объ.стр.им.}i} = Y_{\text{объ.стр.ун.им.}i} + Y_{\text{объ.стр.пов.им.}i}, \quad (51)$$

где $Y_{\text{объ.стр.ун.им.}i}$ – ущерб в результате уничтожения имущества, рублей;

$Y_{\text{объ.стр.пов.им.}i}$ – ущерб в результате повреждения имущества, рублей.

Ущерб в результате уничтожения имущества, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{объ.стр.ун.им.}i} = Y_{1 \text{ кв.м. обь.стр.ун.им.}i} \cdot S_{\text{ун.обь.стр.}i}, \quad (52)$$

где $Y_{1 \text{ кв.м. обь.стр.ун.им.}i}$ – ущерб от уничтоженного пожаром имущества в расчете на один квадратный метр площади i -го объекта строительства, определяется по приложению К и составляет 5 608 руб./м²;

$S_{\text{ун.обь.стр.}i}$ – уничтоженная пожаром площадь i -го объекта строительства, так как уничтоженной площади объекта строительства не было, принимается равной площади пожара, м².

Ущерб в результате повреждения имущества, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{объ.стр.пов.им.}i} = Y_{1 \text{ кв.м. объ.стр.пов.им.}i} \cdot S_{\text{пов.объ.стр.}i}, \quad (53)$$

где $Y_{1 \text{ кв.м. объ.стр.пов.им.}i}$ – ущерб от поврежденного пожаром имущества в расчете на один квадратный метр площади i -го объекта строительства, определяется по приложению К и составляет 4 891 руб./м²;

$S_{\text{пов.объ.стр.}i}$ – поврежденная пожаром площадь i -го объекта строительства, м², принимается по таблице 26.

«Ущерб, причиненный пожаром транспортным средствам, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{тр.ср.}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{тр.ср.}}} Y_{\text{тр.ср.}i}, \quad (54)$$

где $N_{\text{тр.ср.}}$ – число транспортных средств, уничтоженных или поврежденных пожаром, штук;

$Y_{\text{тр.ср.}i}$ – ущерб, в результате уничтожения (повреждения) i -го транспортного средства, рублей» [30].

«Ущерб от уничтожения i -го транспортного средства, определяется по следующей формуле:

$$Y_{\text{тр.ср.}i} = C_{\text{тр.ср.}i} \cdot (1 + (K_{\text{экс.тр.ср.}} - 1) \cdot K_{\text{рег.тр.ср.}}), \quad (55)$$

где $C_{\text{тр.ср.}i}$ – стоимость i -го транспортного средства, определяется по приложению Л и составляет 2 100 000 руб./м²;

$K_{\text{экс.тр.ср.}}$ – коэффициент учитывающий срок эксплуатации транспортного средства, определяется по приложению М и составляет, при сроке эксплуатации четыре года – 0,8, восемь лет – 0,65, 14 лет – 0,55;

$K_{\text{рег.тр.ср.}}$ – поправочный климатический коэффициент, учитывающий влияние природно-климатических факторов на срок,

эксплуатации, определяется по приложению Н и составляет 1,12» [30].

Для вычисления ущерба, нанесенного i -му транспортному средству определяем значение коэффициента, учитывающего степень повреждения исходя из величины уничтоженной площади, так как по результатам расчета было принято, что автомобили получили только повреждения он принимается равным нулю. Кроме того, определяем по приложению П [30], значение коэффициента, учитывающего степень повреждения транспортного средства исходя из величины поврежденной площади, он равен для автомобилей, поврежденных при тушении пожара без учета ДПСП – 0,66, с учетом – 0,43.

Так как сумма коэффициентов в обоих случаях меньше единицы ущерб, нанесенный i -му транспортному средству, определяется по следующей формуле:

$$U_{\text{тр.ср.}i} = C_{\text{тр.ср.}i} \cdot (1 + (K_{\text{экс.тр.ср.}} - 1) \cdot K_{\text{рег.тр.ср.}}) \times (K_{\text{ун.пл.тр.ср.}} + K_{\text{пов.пл.тр.ср.}}), \quad (56)$$

где $K_{\text{ун.пл.тр.ср.}}$ – коэффициент, учитывающий степень повреждения исходя из величины уничтоженной площади;

$K_{\text{пов.пл.тр.ср.}}$ – коэффициент, учитывающий степень повреждения исходя из величины поврежденной площади.

Далее произведем расчет ущерба по рассмотренной методике.

3.3.2 Определение ущерба без учета дополнительных подразделений

Ущерб, причиненный в результате повреждения пожаром площади i -го объекта строительства, определяем по формуле (47):

$$Y_{\text{пов.объ.стр.}i} = 60\,938 \cdot 485,45 = 29\,582\,352 \text{ р.}$$

Материальный ущерб, причиненный пожаром объектам строительства, определяем по формуле (46);

$$Y_{\text{объ.стр.}} = (0 + 29\,582\,352) = 29\,582\,352 \text{ р.}$$

Ущерб в результате уничтожения имущества, определяем по формуле (52):

$$Y_{\text{объ.стр.ун.им.}i} = 5\,608 \cdot 103,2 = 578\,746 \text{ р.}$$

Ущерб в результате повреждения имущества, определяем по формуле (53):

$$Y_{\text{объ.стр.пов.им.}i} = 4\,891 \cdot 382,25 = 1\,869\,585 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный имуществу на i -ом объекте строительства, определяем по формуле (51):

$$Y_{\text{объ.стр.им.}i} = 578\,746 + 1\,869\,585 = 2\,448\,331 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу на объекте строительства, определяется по формуле (50):

$$Y_{\text{объ.стр.им.}} = 2\,448\,331 \text{ р.}$$

Ущерб от уничтожения транспортных средств, со сроками эксплуатации четыре года и восемь лет определяется по формуле (55):

$$Y_{\text{тр.ср.4}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,8 - 1) \cdot 1,12) = 1\,629\,600 \text{ р.,}$$

$$Y_{\text{тр.ср.8}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,65 - 1) \cdot 1,12) = 1\,276\,800 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный транспортным средствам, со сроками эксплуатации четыре года, восемь и четырнадцать лет определяем по формуле (56):

$$Y_{\text{тр.ср.4}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,8 - 1) \cdot 1,12) \times (0 + 0,66) = 1\,075\,536 \text{ р.,}$$

$$Y_{\text{тр.ср.8}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,65 - 1) \cdot 1,12) \times (0 + 0,66) = 842\,688 \text{ р.,}$$

$$Y_{\text{тр.ср.14}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,55 - 1) \cdot 1,12) \times (0 + 0,66) = 687\,456 \text{ р.}$$

Ущерб, причиненный пожаром транспортным средствам, определяем по формуле (54) с учетом одинаковых уничтоженных и поврежденных автомобилей:

$$Y_{\text{тр.ср.}} = 3 \cdot 1\,629\,600 + 4 \cdot 1\,276\,800 + 2 \cdot 1\,075\,536 + 5 \cdot 842\,688 + 6 \times \\ \times 687\,456 = 20\,485\,248 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу, определяем по формуле (49):

$$Y_{\text{им.}} = 2\,448\,331 + 20\,485\,248 = 22\,933\,579 \text{ р.}$$

Общий материальный ущерб от пожара определяем по формуле (45):

$$Y = 29\,582\,352 + 22\,933\,579 = 52\,515\,931 \text{ р.}$$

Далее проводим расчет ущерба с учетом дополнительных подразделений.

3.3.3 Определение ущерба с учетом дополнительных подразделений

Ущерб, причиненный в результате повреждения пожаром площади i -го объекта строительства, определяем по формуле (47):

$$Y_{\text{пов.объ.стр.}i} = 60\,938 \cdot 41,2 = 2\,510\,646 \text{ р.}$$

Материальный ущерб, причиненный пожаром объектам строительства, определяем по формуле (46);

$$Y_{\text{объ.стр.}} = (0 + 2\,510\,646) = 2\,510\,646 \text{ р.}$$

Ущерб в результате уничтожения имущества, определяем по формуле (52):

$$Y_{\text{объ.стр.ун.им.}i} = 5\,608 \cdot 8,24 = 46\,210 \text{ р.}$$

Ущерб в результате повреждения имущества, определяем по формуле (53):

$$Y_{\text{объ.стр.пов.им.}i} = 4\,891 \cdot 32,96 = 161\,207 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный имуществу на i -ом объекте строительства, определяем по формуле (51):

$$Y_{\text{объ.стр.им.}i} = 46\,210 + 161\,207 = 207\,417 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу на объекте строительства, определяется по формуле (50):

$$Y_{\text{объ.стр.им.}} = 207\,417 \text{ р.}$$

Ущерб от уничтожения транспортного средства, со сроком эксплуатации четыре года равен ранее рассчитанному в пункте 3.3.2 и составляет 1 629 600 р.

Ущерб, нанесенный транспортным средствам, со сроком эксплуатации четыре года, определяем по формуле (56):

$$Y_{\text{тр.ср.4}} = 2\,100\,000 \cdot (1 + (0,8 - 1) \cdot 1,12) \times (0 + 0,43) = 700\,728 \text{ р.}$$

Ущерб, причиненный пожаром транспортным средствам, определяем по формуле (54) с учетом одинаковых уничтоженных и поврежденных автомобилей:

$$Y_{\text{тр.ср.}} = 1 \cdot 1\,629\,600 + 2 \cdot 700\,728 = 3\,031\,056 \text{ р.}$$

Ущерб, нанесенный пожаром имуществу, определяем по формуле (49):

$$Y_{\text{им.}} = 207\,417 + 3\,031\,056 = 3\,238\,473 \text{ р.}$$

Общий материальный ущерб от пожара определяем по формуле (45):

$$Y = 2\,510\,646 + 3\,238\,473 = 5\,749\,119 \text{ р.}$$

Общий материальный ущерб от пожара при условии размещения пожарно-спасательных подразделений в соответствии с ФЗ-123 [38] значительно меньше чем ущерб при количестве и их расположении в настоящее время. Полученные значения позволяют утверждать, что принятые решения оказывают существенное влияние на процесс тушения пожара и проведения АСР. Результаты расчетов ущерба от пожара сведены в таблицу 27.

Таблица 27 – Результаты расчета ущерба от пожара

Ущерб без учета дополнительных подразделений, руб.			Ущерб с учетом дополнительных подразделений, руб.		
У _{обь.стр.}	У _{им.}	У	У _{обь.стр.}	У _{им.}	У
29 582 352,00	22 933 579,00	52 515 931,00	2 510 646,00	3 283 473,00	5 749 119,00

Для визуального восприятия полученные результаты ущерба, причиненного пожаром представлены на рисунке 20.

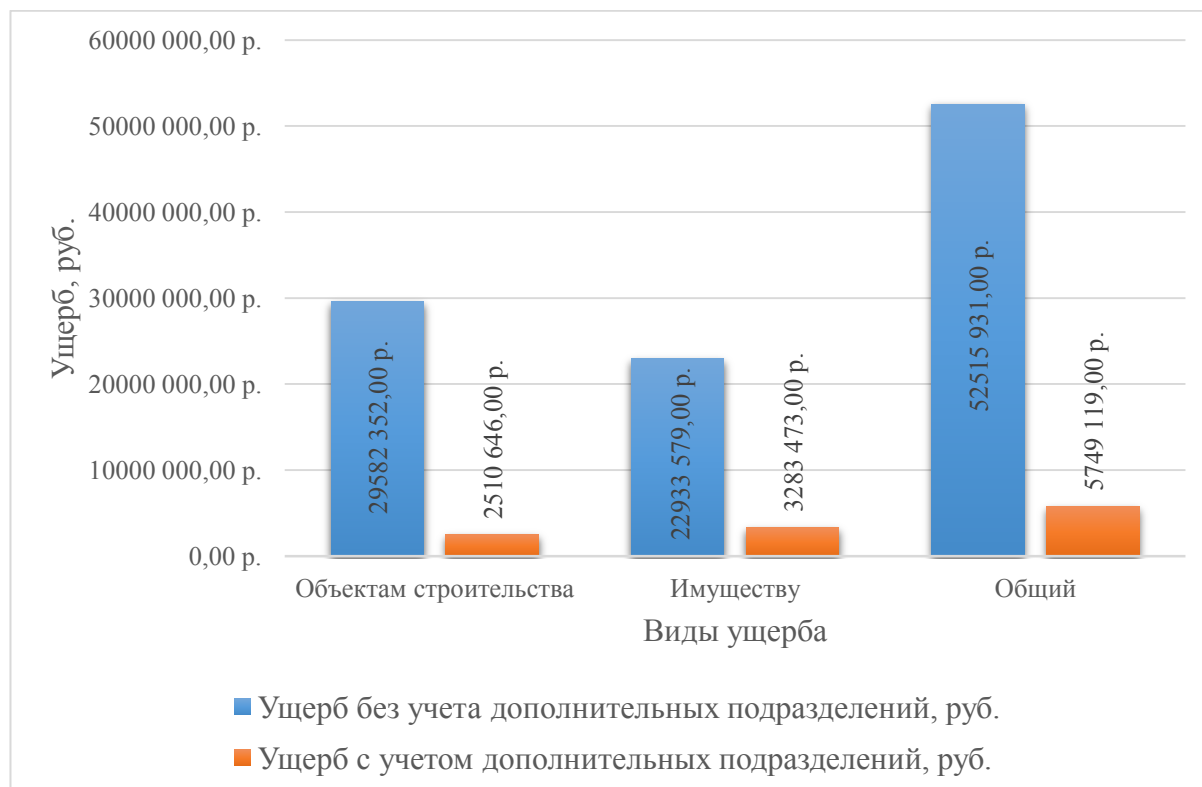


Рисунок 20 – Сравнение ущерба от пожара

Данные приведенные в таблице 27 и на рисунке 20 позволяют говорить о том, что размещение подразделений в соответствии с ФЗ-123 [38], в принятом варианте возникновения и распространения пожара позволяют сократить общий материальный ущерб в девять раз.

Выводы к разделу 3

В третьем разделе магистерской диссертации были рассмотрены вопросы, связанные с определением необходимой площади для размещения пожарных депо. Был проведен расчет уничтоженных и поврежденных пожаром площадей с учетом дополнительных подразделений и без них, а также определен общий материальный.

Основными выводами является:

- всего на территории города Хабаровска, необходимо построить восемь пожарных депо II типа, пять на два выезда, два на четыре выезда и одно на шесть выездов (количество выездов определено с учетом размещаемой техники);
- для размещения пожарных депо на два выезда необходима выделение минимальной площади равной 3600 м^2 , на четыре выезда 4320 м^2 , на шесть выездов 5280 м^2 ;
- расчеты площади пожара показывают, что размещение пожарных депо в соответствии с требованием ФЗ-123 [38], позволяют ликвидировать пожар первым прибывшим подразделением, при несоблюдении данных требований в нашем случае потребовалось два подразделения;
- размещение пожарных депо в соответствии с требованием ФЗ-123 [38] оказывает значительное влияние на ход распространения и тушения пожаров;
- рассчитанный общий материальный ущерб от пожара, при условии расположения депо в соответствии с ФЗ-123 [38], значительно ниже чем ущерб, рассчитанный без их учета.

Заключение

В ходе написания магистерской диссертации были использованы требования и рекомендации актуальных нормативно-правовых актов, сводов правил и методических рекомендаций, которые применены, в том числе и для достижения цели касательно определения мест размещения пожарно-спасательных подразделений. Для достижения цели и решения задачи связанной с определением численности отделений основного и специального назначения применялся метод аналитического моделирования процесса функционирования МПСГ, автором и идейным вдохновителем которого являлся академик Н.Н. Брушлинский. Данный метод был неоднократно проверен на предмет его применения при различных сценариях функционирования гарнизонов пожарной охраны.

Все задачи были решены и, как следствие достигнуты поставленные цели, кроме того гипотеза исследования подтверждена в полном объеме.

Полученные результаты требуют дальнейшего обсуждения с вышестоящим руководством МЧС России, а также поднятия вопроса на всех уровнях по включению в план развития города размещения ДПСП.

В первом разделе магистерской диссертации был представлен план развития города Хабаровска до 2035 года, проанализированы возможности МПСГ с учетом застройки ранее не используемых территорий.

Основные выводы к первому разделу:

- развитие правобережной части города подразумевает строительство новых жилых микрорайонов на ранее неиспользуемых или используемых в другом назначении территориях, а также переносе производственных объектов из жилой застройки на выделенные для этого территории;
- с учетом планируемого строительства объектов различного функционального назначения застроенная до 2035 года площадь

должна составить 47,832 км², при этом общая застроенная площадь города ориентировочно будет равна 227,832 км²;

- организация новых мест дислокации пожарно-спасательных подразделений в правобережной части города планом развития не предусматривается;
- численность личного состава МПСГ существующих подразделения не соответствует нормативной;
- границы районов выезда существующих подразделений МПСГ существенно превышают расчетные;
- практически все выезды, осуществляемые в районы предполагаемой застройки, превышают нормативное время прибытия.

Во втором разделе магистерской диссертации были рассмотрены вопросы научной деятельности и нормативной документации касательно нормирования личного состава и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений. Для определения количества подразделений, личного состава, основных и специальных пожарных машин применялось аналитическое моделирование деятельности МПСГ. Места дислокации дополнительных подразделений определялись по СП 11.13130.2009 [24].

Основные выводы ко второму разделу:

- попытки нормирования количества личного состава и подразделений на территории нашей страны осуществлялись с 1930 годов, до 1989 года нормативы основывались на простейших соображениях и интуитивном опыте, начиная с 1989 года стали применять научно обоснованные нормативы наряду с опытом наблюдения;
- требование ФЗ-123 [38] о 10 минутном времени прибытия были заимствованы из зарубежных нормативов и не учитывают специфику нашей страны;
- зарубежная и отечественная научная деятельность в области математического моделирования действий пожарной охраны

началась практически одновременно, наибольших результатов в этой области добились отечественные ученые;

- наибольшим функционалом и точностью определения параметров действие различных служб позволяет выполнять имитационное моделирование, которое осуществляется при помощи компьютерных имитационных систем, в Российской Федерации такой системой является КИС «КОСМАС»;
- аналитическое моделирование хоть и уступает по функционалу и реализации имитационному также позволяет с достаточно высокой точностью определять требуемую численность личного состава, количество техники и пожарно-спасательных подразделений;
- для безотказного функционирования пожарно-спасательных подразделений города Хабаровска достаточно в боевом расчете иметь 20 основных отделений;
- для обеспечения требования ФЗ-123 [38] достаточно иметь 15 пожарно-спасательных подразделений, учитывая их места дислокации потребуется 26 основных и восемь специальных отделений при этом требование о 10 минутном времени прибытия обеспечивается и в районах застройки;
- в настоящее время в городе есть неиспользуемое пожарное депо бывшей ПЧ-85, которое территориально подходит для размещения одного из дополнительных подразделений, для остальных семи потребуется строительство новых депо.

В третьем разделе магистерской диссертации были рассмотрены вопросы, связанные с определением необходимой площади для размещения пожарных депо. Был проведен расчет уничтоженных и поврежденных пожаром площадей с учетом дополнительных подразделений и без них, а также определен общий материальный.

Основные выводы к третьему разделу:

- всего на территории города Хабаровска, необходимо построить восемь пожарных депо II типа, пять на два выезда, два на четыре выезда и одно на шесть выездов (количество выездов определено с учетом размещаемой техники);
- для размещения пожарных депо на два выезда необходима выделение минимальной площади равной 3600 м², на четыре выезда 4320 м², на шесть выездов 5280 м²;
- расчеты площади пожара показывают, что размещение пожарных депо в соответствии с требованием ФЗ-123 [38], позволяют ликвидировать пожар первым прибывшим подразделением, при несоблюдении данных требований в нашем случае потребовалось два подразделения;
- размещение пожарных депо в соответствии с требованием ФЗ-123 [38] оказывает значительное влияние на ход распространения и тушения пожаров;
- рассчитанный общий материальный ущерб от пожара, при условии расположения депо в соответствии с ФЗ-123 [38], значительно ниже чем ущерб, рассчитанный без их учета.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алехин Е.М., Брушлинский Н.Н., Коломиец Ю.И. и др. Автоматизированное проектирование систем обеспечения безопасности больших городов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1997, вып.7 – С. 40-57.
2. Алехин Е.М., Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Компьютерные имитационные системы для проектирования противопожарных служб в городах // Пожарное дело, 1994, №4 – С.44-48.
3. Андриенко А.В., Трошин П.С. Анализ возможности тушения пожаров и спасения людей местным пожарно-спасательным гарнизоном в торгово-развлекательных центрах города Хабаровска [Текст] // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, 10–11 ноября 2021 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 230-234.
4. Брушлинский Н.Н. К вопросу о математическом обосновании количества пожарных частей в городах // Труды Высшей Школы МООП СССР, вып. 17. – М.: Стройиздат, 1967.
5. Брушлинский Н.Н. Математические методы и модели управления аварийно-спасательными службами // Методы кибернетики и информационные технологии : Сб. тр. РАЕН. – Изд. Сарат. Гос. Универс., 1994. – С.26-31.
6. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. – М.: Стройиздат, 1981. – С.96.
7. Брушлинский Н.Н. О некоторых проблемах, связанных с нормированием пожарных автомобилей и пожарных депо [Текст] // Пожаровзрывобезопасность – 2004 – № 4. С. 76-81.
8. Брушлинский Н.Н. Применение экономико-математических методов для решения организационно-управленческих задач противопожарной службы

// Вопросы экономики в пожарной охране. ВНИИПО МВД СССР, 1972. – С. 114-122.

9. Брушлинский Н.Н., Брушлинская Г.К. Решение задач об одновременных вызовах пожарных подразделений в городах // Сб. материалов III Всес. научно-техн. конф. ВНИИПО МВД СССР, 1973.

10. Брушлинский Н.Н., Брушлинская Г.К., Тяжелова Л.Ю. О вероятностном характере потока вызовов пожарных подразделений // Тр. Высшей Школы МВД СССР, вып. 33. – М.: Стройиздат, 1972.

11. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. К вопросу о нормативах положенности основной и специальной пожарной техники для городов и населенных пунктов России [Электронный ресурс] // Пожарное дело – 2009 – № 1. С. 38-40. URL: <http://fire-consult.ru/catalog/70/70-4/arxiv-nomerov-zhurnala-pozharnoe-delo-za-2009-god.html> (дата обращения 13.01.2023)

12. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Математические методы и модели управления в противопожарной службе : Учебник. Издание второе, исправленное и дополненное – М.: Академия МЧС России, 2019. – 194 с.

13. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Алехин Е.М. Методологические, теоретические и прикладные аспекты проблемы проектирования противопожарных служб в городах // Юбил. сб. тр. ВНИИПО МВД РФ. – М., 1997. – С.29-41.

14. Брушлинский Н.Н., Стрельчук Н.А. Дислокация пожарных частей в городе // Взрывобезопасность и огнестойкость в строительстве. – М.: Стройиздат, 1970.

15. Брушлинский Н.Н., Тяжелова Л.Ю. Исследование времени занятости пожарных подразделений // Вопросы экономики в пожарной охране. ВНИИПО МВД СССР, 1972. – С. 131-136.

16. Брушлинский Н.Н., Тяжелова Л.Ю. Математическая модель процесса функционирования противопожарной службы города // Сб. материалов III Всес. научно-техн. конф. ВНИИПО МВД СССР, 1973.

17. Генеральный план города. [Электронный ресурс] : Официальный сайт Администрации города Хабаровска. URL: <https://khv27.ru/about/plan> (дата обращения 10.01.2023)

18. Горячко М.Д., Павлинов П.С. Хабаровск. [Электронный ресурс] : Большая российская энциклопедия. URL: <http://dev.bigenc.ru/geography/text/4727021> (дата обращения 10.01.2023)

19. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст] : СНиП 2.07.01-89 от 13.07.1990.

20. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Электронный ресурс] : СНиП 2.07.01-89* от 25.08.1993. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/b49/4294854799.pdf> (дата обращения 13.01.2023)

21. Здания пожарных депо. Правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 380.1325800.2018 (изменение 1) от 23.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551394481> (дата обращения 15.01.2023)

22. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М. : Стройиздат, 1987. 288 с.

23. Коробко В.Б., Барбосов А.Н., Коробко М.В. О динамике нормирования противопожарной службы [Электронный ресурс] // Интернет журнал. Технологии техносферной безопасности – 2015 – № 6 (64). С. 1-17. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-6/36-06-15.ttb.pdf> (дата обращения 13.01.2023)

24. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения [Электронный ресурс] : СП 11.13130.2009 от 01.05.2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071155> (дата обращения 15.01.2023)

25. Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны населенных пунктов в целях доведения времени прибытия подразделения пожарной охраны до нормативных значений : утв. приказом МЧС России №2-4-60-14-18 от 30.12.2009.

26. Нормы проектирования объектов пожарной охраны [Электронный ресурс] : НПБ 101-95. – Введ. 1995-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001112> (дата обращения 18.01.2023)

27. О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.08.2004 № 122. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/12136676/paragraph/1910:8> (дата обращения 05.02.2023)

28. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 18.11.1994 № 69 (первоначальная редакция). URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/3958291/paragraph/276110:7> (дата обращения 05.02.2023)

29. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 18.11.1994 № 69 (с изменениями на 29.12.2022). URL: https://10.mchs.gov.ru/uploads/resource/2023-02-15/normativnye-pravovye-akty_1676444483642712840.pdf (дата обращения 05.02.2023)

30. Об утверждении Методических рекомендаций об организации расчета материального ущерба от пожаров должностными лицами органов государственного пожарного надзора [Электронный ресурс] : приказ МЧС России от 28.01.2022 № 43 URL: <https://fireman.club/normative-documents/prikaz-mchs-rossii-43-ot-28-01-2022-ob-organizaczii-rascheta-materialnogo-ushherba-ot-pozharov> (дата обращения 18.11.2023)

31. Об утверждении типовых штатных расписаний подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной

службы. [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России № 500 от 24.05.2023. URL: <https://fireman.club/normative-documents/prikaz-mchs-rossii-500-ot-24-05-2023-ob-utverzhdanii-tipovyh-shtatnyh-raspisanij-podrazdelenij-fps-gps/> (дата обращения 10.07.2023)

32. Организационно-методические рекомендации по определению численности противопожарной службы субъекта Российской Федерации и ее технической оснащенности [Электронный ресурс] : URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/metodicheskie-materialy/metodicheskie-rekomendacii/prochee/organizacionno-metodicheskie-rekomendacii-po-opredeleniyu-chislennosti-protivopozharnoy-sluzhby-subekta-rossiyskoy-federacii-i-ee-tehnicheskoy-osnashchennosti> (дата обращения 01.10.2021)

33. Перекрывной комбинированный универсальный пожарный ствол РСКУ-50А. ТТХ, применение, вес [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/stvol-pozharnyj-rsku-50a-ttx-primeneniye-ves-sena> (дата обращения 01.10.2023)

34. Пожарная нагрузка. Справочник [Текст] : СИТИС-СПН-1 ред. 3 от 20.06.2014

35. Расписание выезда подразделений местного пожарно-спасательного гарнизона для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории городского округа «Город Хабаровск» / Администрация города Хабаровска, 2021

36. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства // Под. ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – С.413.

37. Стратегическое планирование. [Электронный ресурс] : Официальный сайт Администрации города Хабаровска. URL: <https://khv27.ru/about/starategicheskoe-planirovanie> (дата обращения 10.01.2023)

38. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 (с

изменениями на 27.12.2018). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>.
(дата обращения 13.01.2023)

39. Численность населения Хабаровского края по муниципальным образованиям на 01 января 2021 г. [Электронный ресурс] : Официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики по Хабаровскому краю, Магаданской области, Еврейской автономной области и Чукотскому автономному округу. URL: <https://habstat.gks.ru/folder/25028>
(дата обращения 10.01.2023)

40. Archibald R.W. et. al. Fire department deployment analysis. A public policy analysis case study. – New York-Oxford-North Holland, 1979.

41. Blum E.H. Urban fire protection: studies of the operations of the New York city fire department // Fire Research Abstracts and Reviews, vol. 13, №1, 1971. – P.23-27.

42. Carter G., Ignall E. A simulation model of fire department operations // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, №6, 1970. – P.282-293.

43. Hasofer, A.M. and Thomas, I.R. Probability distribution of fire losses // Fire safety science-proceedings of the seventh international symposium, pp. 1063-1072

44. Hogg J.M. A model of fire spread // Fire Research Report, №2/71 Home Office, March 1971.

45. Hogg J.M. The siting of fire stations // Operational Research Quarterly, 15, 1964. – P.261-270.

46. Kolesar P., Blum E. Square root laws for fire engine response distances // Management Science, vol. 19, №12, 1973 – P.1368-1378.

Приложение А

Места дислокации пожарно-спасательных подразделений

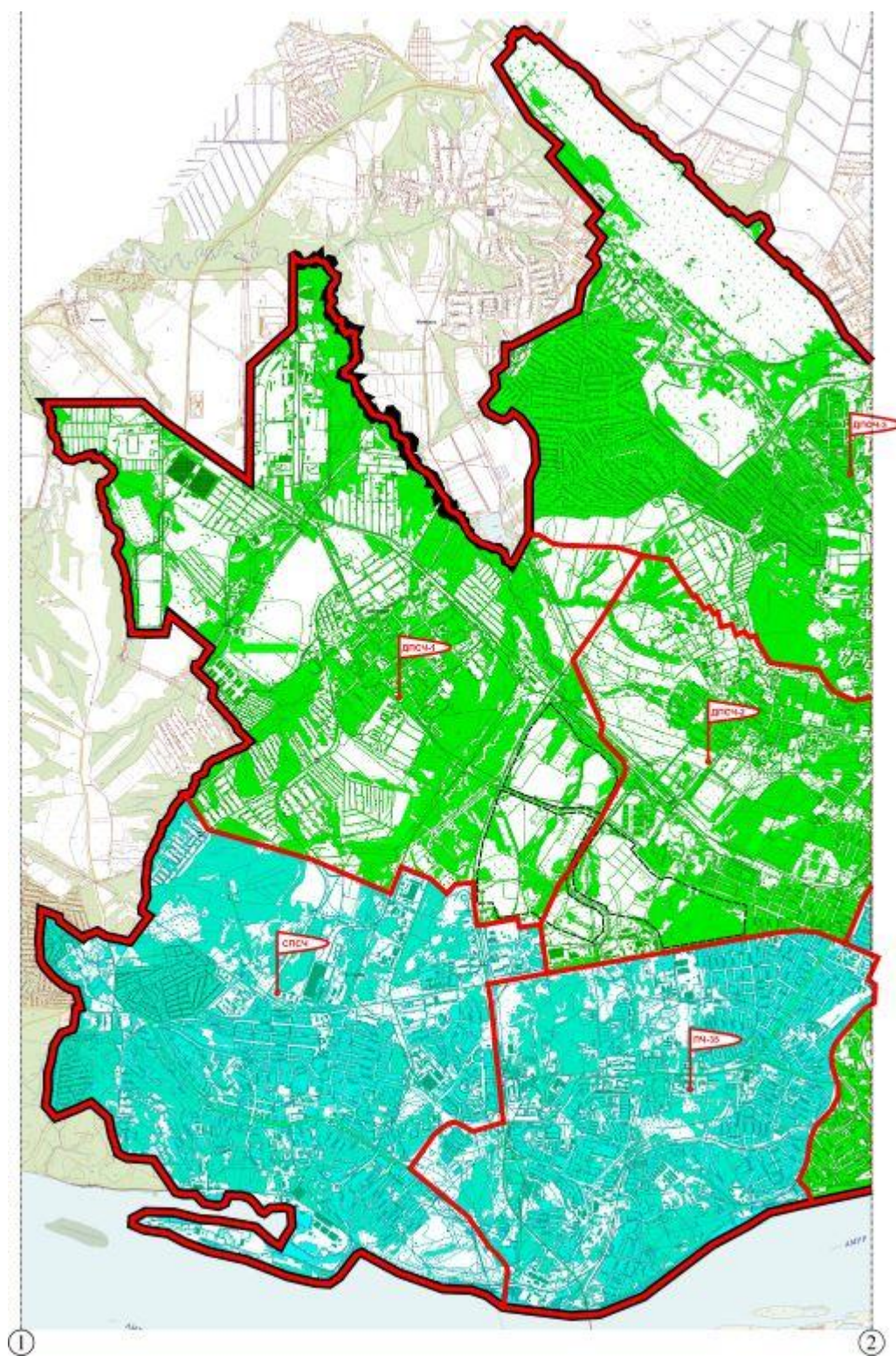


Рисунок А.1 – Итоговые границы районов выезда (в осях 1 и 2)

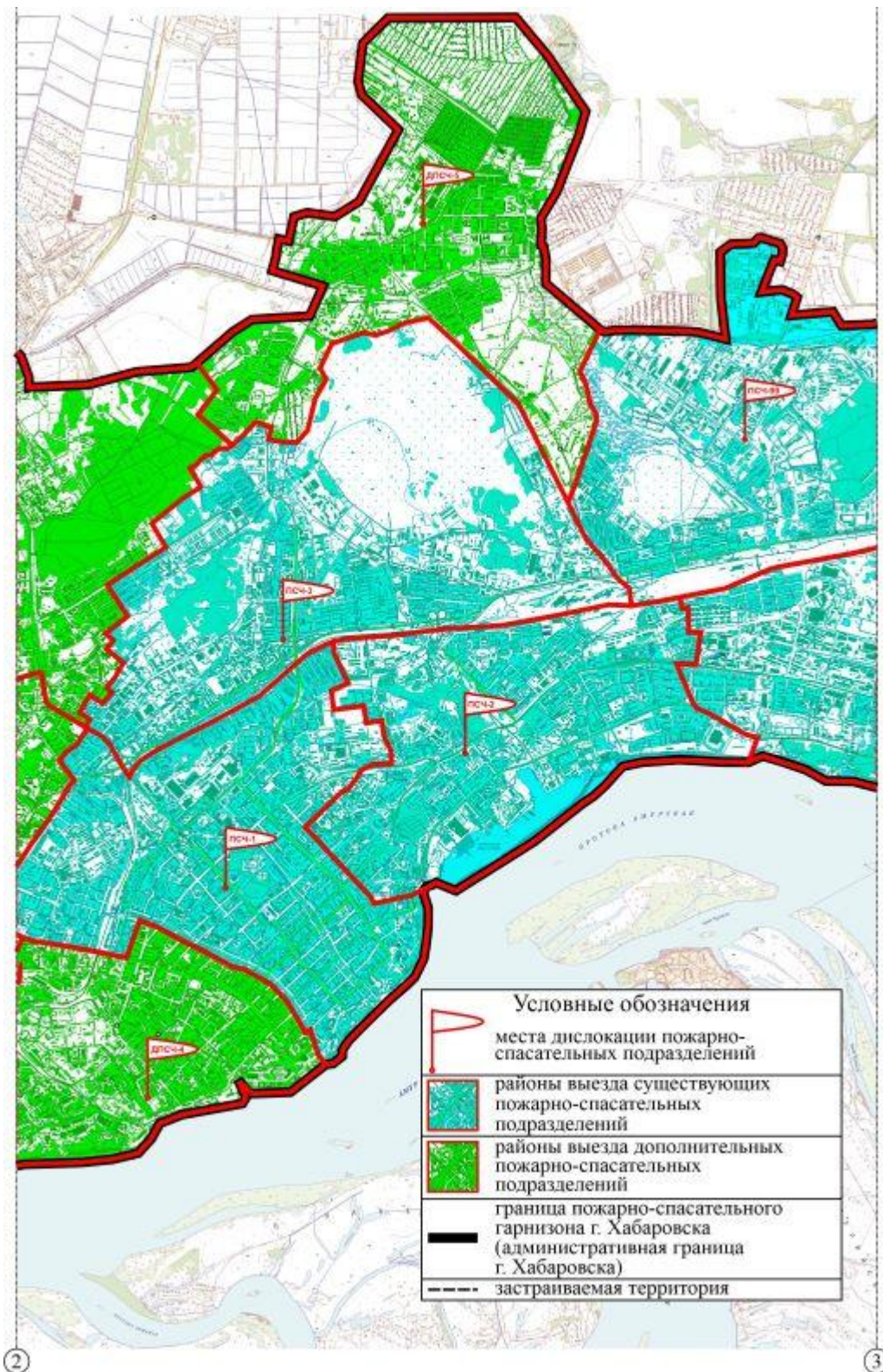


Рисунок А.2 – Итоговые границы районов выезда (в осях 2 и 3)

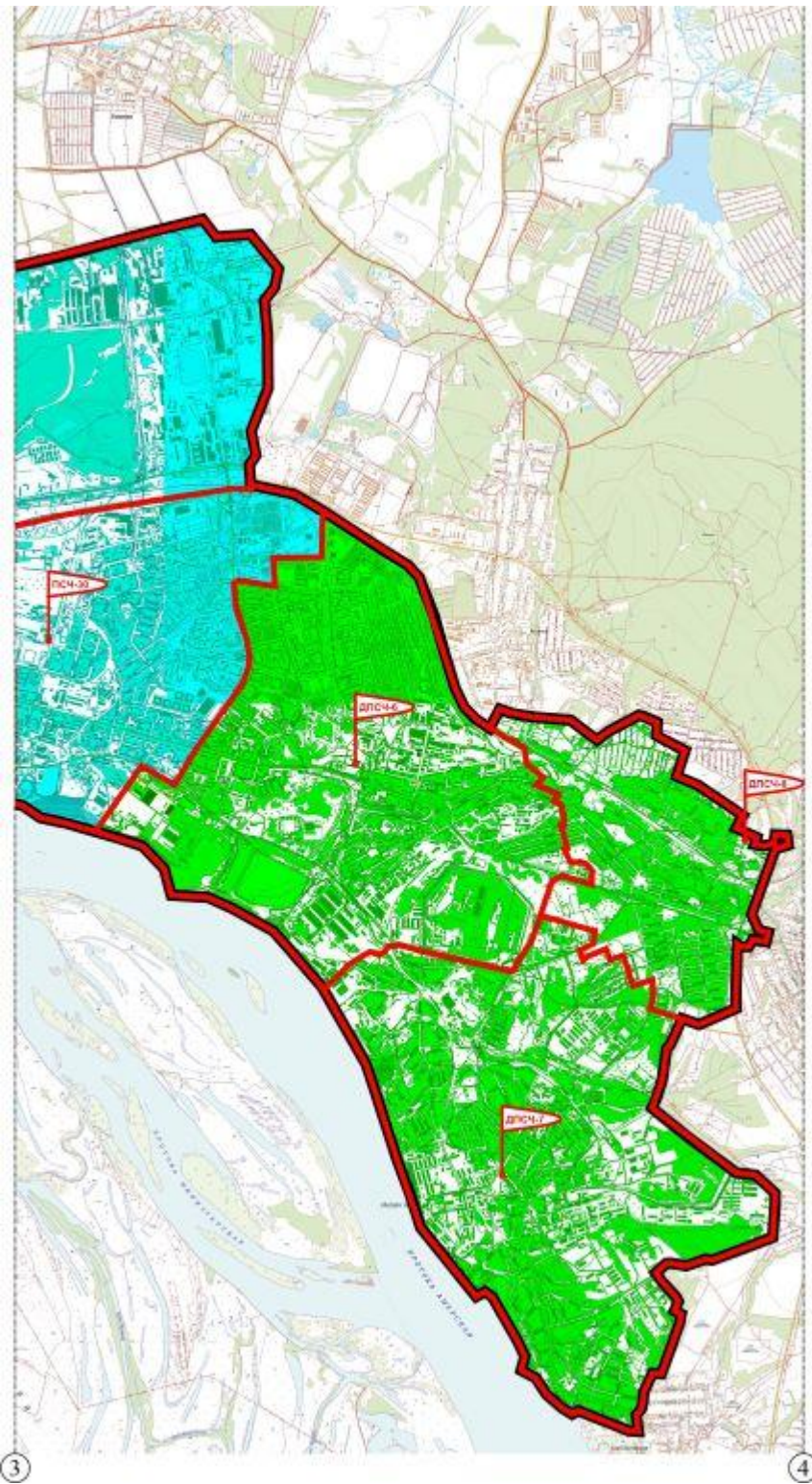


Рисунок А.3 – Итоговые границы районов выезда (в осях 3 и 4)