

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

Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



Сибиряков Максим Владимирович

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ
ОПЕРАТИВНЫМИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ**

Специальность: 05.13.10 – Управление в социальных
и экономических системах

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Соколов С.В.

Москва 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Глава 1 Анализ систем управления подразделениями экстренных служб. Состояние и перспективы развития	12
1.1 Обеспечение безопасности крупных городов	12
1.1.1 Анализ уровня автомобилизации	14
1.1.2 Особенности инфраструктуры и транспортной сети городов.....	15
1.2 Анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих оперативную деятельность экстренных служб.....	19
1.2.1 Анализ отечественных нормативных документов, регламентирующих время прибытия оперативных пожарно-спасательных подразделений	23
1.2.2 Зарубежные рекомендации по времени реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений.....	24
1.3 Диспетчеризация и автоматизированные системы управления.....	26
1.3.1 Анализ отечественных автоматизированных систем управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями	28
1.3.2 Анализ зарубежных автоматизированных систем управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями.....	30
1.4 Анализ картографических сервисов.....	34
1.5 Выводы по первой главе.....	37
Глава 2 Анализ скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений во время экстренного реагирования	39
2.1 Описание сбора геоинформационных данных.....	39
2.2 Описание массива собранных геоинформационных данных	44
2.3 Анализ скорости транспортного потока при помощи картографического сервиса Google maps.....	45

2.4	Разработка компьютерной программы обработки и анализа геоинформационных данных	46
2.5	Обработка файлов, содержащих параметры изменения высот во время реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений	51
2.6	Анализ экстренного реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений	53
2.6.1	Исследование параметров движения автомобилей в зависимости от количества выездов	54
2.6.2	Анализ скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений в зависимости от различных факторов	59
2.6.3	Исследование скоростных показателей оперативных пожарно-спасательных подразделений в зависимости от изменения высот	65
2.7	Выводы по второй главе	69
Глава 3	Определение и исследование преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке	72
3.1	Сравнительный анализ распределений времени следования до места вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока	73
3.2	Сравнительный анализ скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока	75
3.2.1	Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от расстояния до места вызова	76
3.2.2	Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от типа пожарно-спасательного автомобиля	81
3.2.3	Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от дня недели	83
3.2.4	Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от времени суток	85

3.3 Исследование влияния загруженности транспортной сети на преимущество движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке	86
3.4 Мультипликативная модель определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений с учетом и влияния внешних факторов	89
3.5 Исследование коэффициентов преимущества и определение коэффициента влияния различных факторов.....	90
3.5.1 Исследование коэффициента преимущества в зависимости от расстояния до места вызова. Определение коэффициента влияния	93
3.5.2 Исследование коэффициента преимущества в зависимости от типа пожарно-спасательного автомобиля. Определение коэффициента влияния	95
3.5.3 Исследование коэффициента преимущества в зависимости от дня недели. Определение коэффициента влияния.....	96
3.5.4 Зависимость коэффициента преимущества от времени суток. Определение коэффициента влияния	97
3.6 Разработка алгоритма получения коэффициента преимущества служб экстренного реагирования в транспортном потоке	99
3.7 Рекомендации по совершенствованию оперативного и стратегического управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями.....	102
3.8 Выводы по третьей главе.....	105
Заключение	106
Список литературы	108

Приложения	125
Приложение А Графики зависимости скорости от расстояния до места вызова для различных типов пожарно-спасательных автомобилей	126
Приложение Б Акты внедрения	135
Приложение В Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	140
Приложение Г Список используемых сокращений	141

Введение

Актуальность темы исследования. Все системы обслуживания характеризуются двумя основными показателями, скоростью и качеством обслуживания. Основным критерием оценки эффективности функционирования экстренных служб является скорость их реагирования на различные деструктивные события.

В мегаполисах высокая загруженность дорожной сети является основным препятствием своевременного сосредоточения к месту вызова сил и средств экстренных служб. Сокращению времени реагирования экстренных служб в условиях города способствует эффективная система управления. Однако для ее совершенствования необходимо точно установить скоростные характеристики движения по экстренному вызову подразделений этих служб в различных условиях реагирования, а также их преимущество в транспортном потоке.

До настоящего времени в работах, касающихся изучения скоростных характеристик реагирования оперативных подразделений экстренных служб на вызовы, не использовались геоинформационные технологии ГЛОНАСС, позволяющие с высокой точностью определить исследуемые параметры.

Настоящая диссертационная работа посвящена изучению скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений во время экстренного выезда при помощи геоинформационных технологий, а также изучению преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Проведенное исследование направлено на развитие теоретических основ и получение новых данных для совершенствования оперативного и стратегического управления пожарно-спасательными подразделениями.

Степень разработанности. Проблемой оперативного и стратегического управления подразделениями пожарно-спасательной службы занимались следующие ученые: Н.Н. Брушлинский [7, 8, 23, 40, 76, 77], С.В. Соколов [41, 112, 115], Б.М. Пранов [84–87], Е.М. Алёхин [78–82, 107], Н.Г. Топольский [52],

Г.И. Абдурагимов [88–91], В.В. Роечко [65–68], В.А. Пряничников [55, 111], А.А. Порошин [92], Ю.А. Матюшин [93], Ф.А. Исайкин [53], А.Н. Денисов [69, 70], Р. Wagner [75], Р. Kolesar [44–47], N. Challands [42], J. F. Campbell [43] и многие другие.

В этих работах рассмотрены вопросы оперативного и стратегического управления подразделениями пожарно-спасательной службы. Однако скоростные характеристики оперативных пожарно-спасательных подразделений при помощи геоинформационных технологий ранее не изучались, также не было изучено преимущество движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке.

Цели и задачи. Целью исследования является разработка методов и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями во время экстренного реагирования.

Для достижения цели сформулированы следующие **задачи**:

- провести анализ существующих автоматизированных систем управления экстренными службами для определения направления их совершенствования;
- произвести сбор и анализ геоинформационных данных о выездах оперативных пожарно-спасательных подразделений в целях установления влияния различных внешних факторов на скорость их следования к месту вызова;
- разработать метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока, позволяющий определить преимущество спецтехники в транспортном потоке;
- разработать компьютерную программу для обработки и анализа геоинформационных данных, необходимую для уменьшения времени обработки и частичного анализа полученных данных;
- провести анализ статистических данных, характеризующих скоростные характеристики движения оперативных пожарно-спасательных подразделений к месту вызова в городских условиях и определить их статистические модели;

– определить коэффициент преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке и разработать мультипликативную модель определения скорости их следования с учетом загруженности дорог и влияния различных факторов;

– разработать алгоритм определения коэффициента преимущества движения в транспортном потоке для экстренных служб в различных условиях реагирования.

Объект исследования: оперативная деятельность пожарно-спасательных подразделений.

Предмет исследования: методы и алгоритмы информационно-аналитической поддержки управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями во время экстренного реагирования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

– исследованы скоростные характеристики оперативных пожарно-спасательных подразделений в городских условиях с использованием геоинформационных данных, определены их зависимости от внешних факторов;

– разработан метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока, позволяющий определить преимущество спецтехники в транспортном потоке;

– разработана компьютерная программа для обработки и анализа геоинформационных данных полученных во время реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений по экстренному вызову;

– определены статистические модели изменения скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений в зависимости от различных факторов;

– определен коэффициент преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке во время экстренного реагирования;

– создана мультипликативная модель определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений с учетом загруженности дорог и влияния различных факторов;

– разработан алгоритм определения коэффициента преимущества движения в транспортном потоке для экстренных служб в различных условиях реагирования.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем:

– предложенный метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока позволяет определить преимущество спецтехники в транспортном потоке;

– полученные статистические модели позволяют повысить точность прогнозирования автоматизированными системами управления времени следования оперативных пожарно-спасательных подразделений к месту вызова;

– выявленные зависимости позволяют усовершенствовать математические модели, используемые для определения численности и мест дислокации оперативных пожарно-спасательных подразделений;

– разработанный алгоритм позволит определить коэффициент преимущества движения в транспортном потоке для экстренных служб в различных условиях реагирования.

Методология и методы исследования. В ходе проведения исследования были применены методы системного анализа, методы общей и математической статистики, методы математического моделирования.

Личный вклад автора. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в разработке и научном обосновании методов, моделей и алгоритмов информационно-аналитической поддержки управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями.

В совместных публикациях результаты, связанные с анализом текущей ситуации в исследуемой области, разработкой метода, мультипликативной модели, алгоритма определения коэффициента, а также исследование скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений выполнены автором самостоятельно.

Положения, выносимые на защиту:

- метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока;
- результаты исследования скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений во время выезда по экстренному вызову и статистические модели их изменения в зависимости от различных факторов;
- коэффициент преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке во время экстренного выезда;
- мультипликативная модель определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений с учетом загруженности дорог и влияния различных факторов;
- алгоритм определения коэффициента преимущества движения в транспортном потоке для экстренных служб в различных условиях реагирования.

Степень достоверности и апробация результатов, представленных в диссертационной работе, достигалась:

- использованием при получении данных современных поверенных измерительных приборов, измерительной аппаратуры и геоинформационных систем, обеспечивающих достаточную точность измерений;
- использованием апробированного математического аппарата;
- корректным использованием исходных данных;
- согласованностью полученных результатов с результатами работ других исследователей.

Основные результаты работы доложены на:

- международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» (Москва, 2015 г.)
- международных научно-технических конференциях «Системы безопасности» (Москва, 2015, 2016 гг.);

– международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности» (Москва, 2015 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 9 работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 3 работы опубликованы в единоличном авторстве.

Материалы диссертационной работы реализованы в:

– имитационной системе (КИС) КОСМАС предназначенной для исследования, экспертизы и проектирования экстренных и аварийно-спасательных служб города;

– учебном процессе Академии ГПС МЧС России при изучении дисциплины «Математические методы и модели управления ГПС и РСЧС»

– в работе ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по г. Москве» для повышения точности прогноза времени сосредоточения сил и средств по экстренному вызову, а также при подготовке документов предварительного планирования действий оперативных пожарно-спасательных подразделений;

– в научно-исследовательской работе ФГБУ ВНИИПО МЧС России «Нормативно-аналитическая поддержка деятельности по оценке эксплуатации пожарных автомобилей, средств индивидуальной защиты, пожарно-технического вооружения и пожарных рукавов» за 2016 г.

Реализация результатов исследования подтверждена соответствующими актами.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка используемых сокращений (приложение Г), списка литературы и 4 приложений. Общий объем диссертационной работы – 141 страница. Работа иллюстрирована 66 рисунками и содержит 25 таблиц. Библиографический список включает в себя 115 наименований.

Глава 1 Анализ систем управления подразделениями экстренных служб.

Состояние и перспективы развития

1.1 Обеспечение безопасности крупных городов

Интенсивная урбанизация с динамичным ростом городов – неотъемлемый признак развития человечества. На сегодняшний день в городах проживает более половины населения Земли, и отмечена следующая зависимость: как правило, в странах с более высоким уровнем экономического развития численность городского населения выше, чем сельского. По существующей в Российской Федерации классификации населенных пунктов, города в зависимости от численности населения подразделяются на [1]:

малые – до 50 тысяч человек;

средние – 50–100 тысяч человек;

большие – 100–250 тысяч;

крупные – 250–1000 тысяч;

крупнейшие – более 1 миллиона человек.

Согласно данным Росстата 2015 г., в России около тысячи городов и более двух тысяч поселков городского типа, в которых проживает примерно 70 % населения страны. За последние 50 лет доля городского населения России возросла с 52 до 74 % [2, 3]. Вместе с ростом городского населения увеличивается количество и размеры мегаполисов и агломераций таких, как Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск и т. д, а это влечет за собой усложнение систем жизнеобеспечения: инженерных, информационных, энергетических, коммуникационных, транспортных и т. д., что накладывает особые требования к управлению данными системами. Деструктивные события (социальные, политические, коммунально-бытовые, природные, техногенные и пр.) в крупных городах могут привести к колоссальным экономическим и социальным потерям, одним из наиболее опасных событий является пожар [4, 5]. Только в Российской Федерации в 2016 г.

было зарегистрировано 139 100 пожаров, в которых погибло 8 711 человек, получили травмы 9 845 человек, прямой материальный ущерб составил 12,2 млрд руб. [6]. Как правило (90 % случаев) [7], гибель людей наступает до приезда пожарно-спасательных подразделений, это связано с быстрым наступлением предельных значений опасных факторов пожара, но с увеличением времени свободного горения растет как риск гибели людей, так и материальный ущерб от пожара [8].

Соответственно, необходимо повышать скорость реагирования пожарно-спасательных подразделений на происшествия, однако меры, принимаемые для повышения скорости реагирования, должны быть экономически целесообразными. Одной из эффективных мер повышения скорости реагирования пожарно-спасательных подразделений является совершенствование системы стратегического и оперативного управления. В данной области проводятся исследования, однако этот вопрос не теряет своей актуальности, поскольку число погибших и травмированных людей, а также величина материального ущерба всё еще находятся на высоком уровне.

Для обеспечения безопасности объектов в столице Российской Федерации Правительством Москвы было издано распоряжение от 16 апреля 2010 г. № 707-РП «Об утверждении концепции комплексной безопасности города Москвы» (далее – Концепция). Реализация Концепции комплексной безопасности города Москвы организуется и осуществляется органами управления, силами и средствами, входящими в систему обеспечения безопасности города. Одной из основных форм реализации Концепции безопасности столицы являются разработка норм и требований, регламентирующих обеспечение безопасности города [9].

Деятельность пожарно-спасательных подразделений регулируется множеством нормативных документов, одним из которых является регламент о требованиях пожарной безопасности [22], статья 76 данного закона устанавливает требования по размещению подразделений пожарной охраны:

10 минут – время прибытия к месту вызова в городских поселениях;

20 минут – время прибытия к месту вызова в сельских поселениях.

Не всегда пожарно-спасательные подразделения укладываются в данные временные рамки. Если в сельских поселениях это зачастую происходит по причине значительных расстояний от места дислокации подразделений пожарной охраны до места вызова, то в крупных городах препятствием для своевременного прибытия, как правило, являются заторы на дорогах. Это происходит не только по причине роста самих городов, но и от постоянно растущего уровня автомобилизации населения.

1.1.1 Анализ уровня автомобилизации

Население крупных и крупнейших городов каждый день сталкивается с проблемой высокой загруженности дорог. Причиной этому служит поступление в транспортные артерии количества автомобилей, превышающего их пропускную способность. Как правило, вызвано это:

- поездками населения к месту работы и обратно в часы пик;
- поездками к местам отдыха в выходные и праздничные дни.

Но это не стало бы проблемой, если бы не постоянно растущий уровень автомобилизации населения. В последнее время с этой проблемой сталкиваются практически все крупные города. На рисунке 1.1 показана динамика повышения уровня автомобилизации населения России.

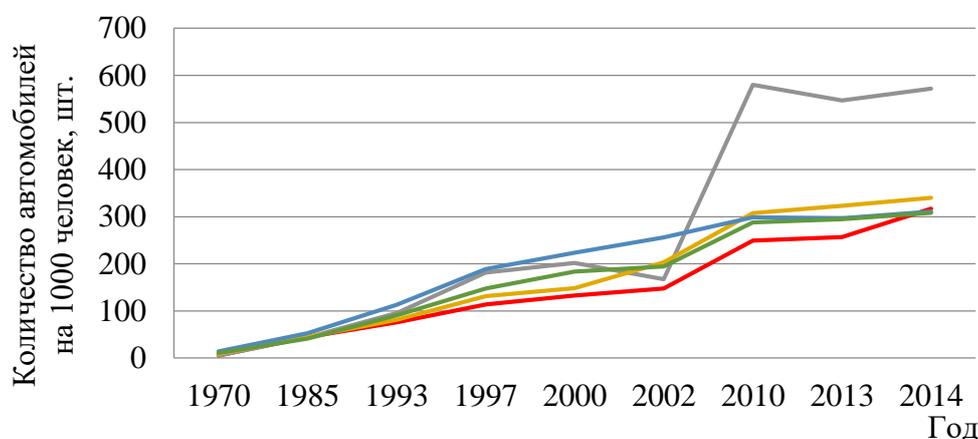


Рисунок 1.1 – График изменения уровня автомобилизации населения России:

■ Россия; ■ Приморский край; ■ Московская область; ■ Москва; ■ Санкт-Петербург

Количество автомобилей как в России, так и во всем мире распределено неравномерно [7]. Как правило, они сконцентрированы в районах с наиболее развитым уровнем инфраструктуры, в экономических центрах, соответственно в районах с низким уровнем экономического развития автомобилей значительно меньше, но могут быть и другие объективные причины, влияющие на количество автомобилей, например, рельеф местности или климатические условия. Распределение количества автомобилей в зависимости от числа населения по территории России представлено на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Распределение количества автомобилей на 1000 человек населения в Российской Федерации [10]

Во многих странах мира сталкиваются с проблемой высокой загруженности дорог, и способов борьбы с пробками придумано не мало, однако проблема дорожных заторов не решена, поэтому для эффективного решения данной задачи в нашей стране необходимо использовать весь зарубежный опыт.

1.1.2 Особенности инфраструктуры и транспортной сети городов

В развитых странах существует проблема загруженности транспортной сети, многие специалисты занимаются поиском решения этой проблемы и данную задачу решают по-разному.

Примерно 10–15 лет назад в Лондоне средняя скорость транспортного потока редко превышала 15 км/ч. В первую очередь руководство города занялось вопросом совершенствования сети общественного транспорта, а в 2002 г. была введена плата за въезд в исторический центр: в районы Сити, Вест-Энд, Вестминстер и Сохо. Поездка в эти районы стала стоить 5 фунтов (сейчас уже 8 фунтов) с 7:00 до 18:30 в будние дни. В остальное время въезд бесплатный. От оплаты освобождены только автомобили неотложных служб, такси и мотоциклы. Данная система обошлась Лондону более чем 200 млн фунтов, однако только за первый год городская казна пополнилась за счет платной зоны на 80 млн фунтов, в 2006 г. сумма выросла до 122 млн фунтов. К платному въезду добавилась и плата за парковку в платной зоне, к тому же более двух часов подряд на одном месте стоять запрещено. Лондонский метод борьбы с пробками хоть и вызвал волну недовольства среди населения, однако он показал свою эффективность, поскольку количество автомобилей, заезжающих в центр города, снизилось на 40 %.

В Сингапуре до 90-х годов XX века так же наблюдалась проблема с низкой скоростью транспортного потока, для борьбы с пробками применили иной метод – не менее жесткий, чем в Лондоне. С 1990 г. руководство страны взяло продажу автомобилей под свой контроль: гражданин, желающий приобрести автомобиль, сначала обязан купить десятилетнюю лицензию на вождение на ежемесячном государственном аукционе. Таких лицензий продается чуть более десяти тысяч, и цена на нее доходит до 15–20 тыс. долларов. Но и сами автомобили стоят гораздо дороже своей номинальной стоимости, поскольку в Сингапуре пошлины на импорт машин составляют 41 %, помимо этого постанова на учет стоит в 1,4 раза дороже стоимости автомобиля. Однако сложность приобретения личного транспорта компенсируется хорошо развитой сетью общественного транспорта и относительно недорогим и многочисленным такси в Сингапуре (их около 25 тысяч). Данные меры позволили снизить количество автомобилей до 180 на 1000 человек населения. Еще для снижения нагрузки на дороги во время часов пик был внедрен собственный график работы для каждого госучреждения.

Однако при всех перечисленных мерах основным преимуществом города-государства Сингапура перед Москвой заключается в том, что он проектировался и строился в современное время, когда автомобилей уже было много и то, что их будет становиться все больше, ни у кого не вызывало сомнений, поэтому там огромное количество скоростных автострад и различных развязок.

Токио – еще один мировой мегаполис, не избежавший проблем с пробками. Одним из самых эффективных решений стали скоростные шоссе, проходящие над городом на высоте 20–30 метров за неимением места на земле. Это дает возможность автомобилистам переезжать из одного конца города в другой беспрепятственно, избегая пробок в центре города. Первую такую скоростную трассу длиной 71 км построили в 1963 году. Сейчас в Токио автомобилист для преодоления больших расстояний может использовать восемь бесплатных и четыре платных кольца, которые позволяют проехать город, не столкнувшись с пробками. Японцы по максимуму используют высокие технологии как для управления и контроля транспортных потоков, так и для сбора платежей за проезд по платным участкам. Также работает автоматическая рассылка сообщений, доступна информация в интернете о затруднительных участках на дорогах, и по радио есть возможность получить своевременные сводки о состоянии дорожного трафика [11].

Пробки в Москве такая же серьезная проблема, как и в других крупных городах мира. Работы по совершенствованию транспортной инфраструктуры ведутся в соответствии с генеральным планом развития города до 2025 г. ведется строительство двух автомобильных хорд – на севере и юге – четвертого кольца, 440 км метро (к 2025 г.) [12–14], активно строят перехватывающие парковки и стоянки в центре. На данный момент в Москве на 1000 человек приходится порядка 350 автомобилей, и это количество постоянно растет, в то время как в Лондоне 700 машин, в Нью-Йорке 900 машин на 1000 человек, однако, по данным международной компании TomTom, в рейтинге самых загруженных городов Москва занимает практически лидирующее место [15]. Если уровень

автомобилизации будет расти, то в обозримом будущем ситуация на дорогах столицы может значительно ухудшиться, особенно в зимние периоды.

Основная проблема московских пробок заключается в исторически сложившейся радиально-кольцевой структуре улиц, в то время как такие города как Нью-Йорк и Сингапур построены по так называемой ячеистой структуре кварталов, где улицы параллельны и перпендикулярны друг другу. Сегодня можно сказать, что современная система построения улиц значительно эффективнее, поскольку водитель всегда может объехать затор по параллельной улице.

Но, несмотря на исторически сложившуюся радиально-кольцевую структуру улиц в Москве, в советский период планировали строительство дорог достаточно тщательно. В 60–80-е годы XX века советский ученый, профессор В.Ф. Бабков, возглавляющий кафедру изысканий и проектирования дорог, занимался изучением и развитием трафик-инжиниринга при проектировании дорог [16]. При проектировании генерального плана Москвы XX века использовались также знания зарубежных специалистов, поэтому были заложены и подземные парковки, и автомобильное кольцо, хотя на тот момент пробок в столице не было. В столице были предусмотрены свободные пространства, и в случае увеличения количества автомобилей они стали бы парковками, но в 90-е все эти пространства были застроены жилыми домами [17]. В связи с чем на сегодняшний день дорог недостаточно, для того чтобы обеспечивать беспрепятственное движение транспортных средств. Отношение протяженности дорог к площади города представлено на рисунке 1.3.

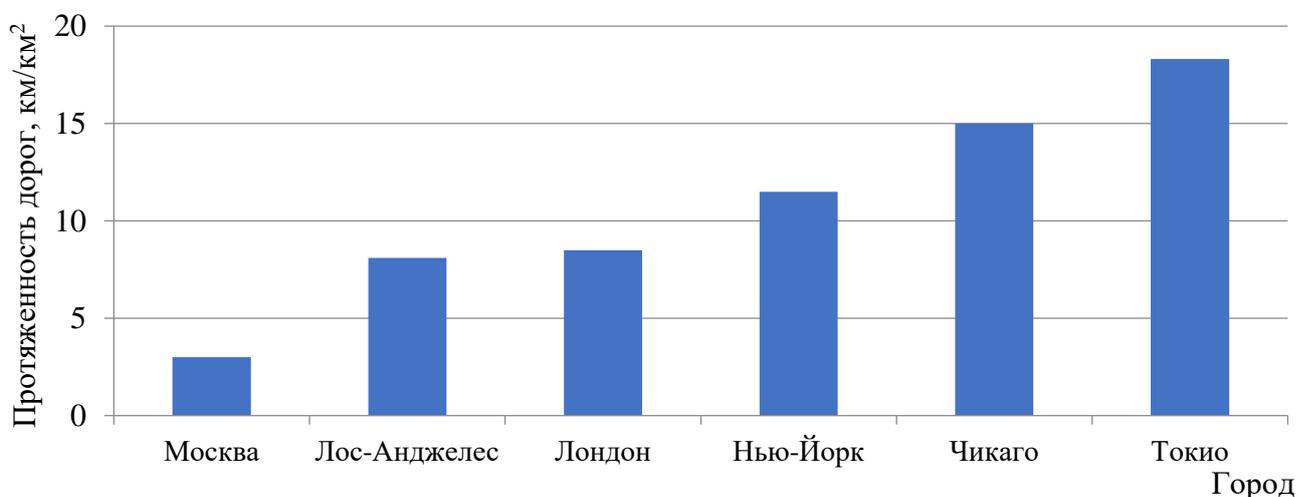


Рисунок 1.3 – Отношение протяженности дорог к площади города

Основными проблемы московской дорожной сети являются:

- неидеальная топология;
- растущие темпы застройки;
- недостаточно развитая сеть общественного транспорта;
- нехватка парковок и т. д.

Однако мировой опыт показывает, что эти проблемы возможно решить при комплексном подходе, в первую очередь при помощи управления трафиком, совершенствования сети общественного транспорта, а также грамотного планирования городского и дорожного строительства.

1.2 Анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих оперативную деятельность экстренных служб

Помимо пожарной охраны, к службам экстренного реагирования также относятся такие службы, как полиция, скорая помощь и газовая служба. Поскольку от их мобильности зависят жизни и здоровье людей, время реагирования данных служб в нашей стране регламентируется различными нормативными документами.

Работу скорой медицинской помощи в России регламентируют приказы Министерства здравоохранения [18]. Данный документ является нормативно-правовым актом в области оказания скорой медицинской помощи, он определяет время следования до пациента выездной бригады скорой медицинской помощи – в экстренной форме оно не должно превышать 20 минут с момента ее вызова. Однако оговаривается, что в территориальных программах время следования бригад скорой медицинской помощи может быть обоснованно скорректировано с учетом транспортной доступности, плотности населения, а также климатических и географических особенностей регионов в соответствии с Программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи.

В Министерстве внутренних дел работа ряда служб также сопряжена с необходимостью быстрого реагирования на различные деструктивные события. Одним из таких подразделений является патрульно-постовая служба (ППС), в приказе [19] регламентирована протяженность маршрута патрулирования и его границы для выполнения задач, возложенных на основные силы обеспечения правопорядка в общественных местах. Данные маршруты патрулирования должны быть запланированы таким образом, чтобы с учетом условий конкретной местности и оперативной обстановки обеспечивалось максимально быстрое прибытие наряда к месту совершения преступления или иного правонарушения в любой точке зоны ответственности (как правило, в течение 5–7 минут) и не может превышать 6 км для патрулей на автомобиле, 4 км – для патрулей на мотоцикле, 1,5 км – для пеших патрулей.

У сотрудников государственной инспекции безопасности дорожного движения есть высокая необходимость быстрого реагирования на дорожно-транспортные происшествия, поскольку ДТП могут быть сопряжены с травмами и гибелью людей, в связи с этим в нормативном документе [20] установлены временные рамки прибытия нарядов ДПС на место дорожно-транспортного происшествия, в которых пострадали люди. С момента получения соответствующей информации: в гг. Москве и Санкт-Петербурге – 20 минут; в других городах – 15 минут; на федеральных автодорогах – 20 минут; в прочих населенных пунктах и на других автодорогах – 60 минут.

Аварийная газовая служба – еще одна экстренная служба, сокращение времени реагирования для которой является очень важной задачей, поскольку аварии на газопроводах, а также на других объектах, использующих природный газ, имеют высокую потенциальную опасность возникновения пожара или взрыва. Согласно нормативным документам [21], расположение мест дислокации аварийно-диспетчерских служб (АДС) определяются зоной обслуживания и объемом работ с учетом обеспечения прибытия бригады АДС к месту аварии за 40 минут. При извещении о взрыве, пожаре, загазованности помещений, аварийная бригада должна выехать в течение 5 минут.

Однако наиболее высокие требования по времени реагирования установлены для оперативных пожарно-спасательных подразделений (ОПСП): нормативный документ [22] требует размещать подразделения таким образом, чтобы максимальное время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не превышало 10 минут, а в сельских поселениях – 20 минут. Но, не смотря на жесткое нормирование времени реагирования, ни одна из вышеперечисленных служб ввиду объективных причин не обеспечивает повсеместное выполнение установленных нормативов. Требования к службам экстренного реагирования Российской Федерации представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Нормативные документы, регламентирующие время реагирования экстренных служб России

Служба	Норматив	Нормативный документ	Примечание
Скорая медицинская помощь	20 минут с момента ее вызова	Приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 июня 2013 г. № 388н «Об утверждении порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи»	В территориальных программах время следования бригад скорой медицинской помощи может быть обоснованно скорректировано с учетом транспортной доступности, плотности населения, а также климатических и географических особенностей регионов
МВД России патрульно-постовая служба (ППС)	Не более чем в течение 5–7 минут и не может превышать 6 км для патрулей на автомобиле, 4 км для патрулей на мотоцикле, 1,5 км для пеших патрулей	Приказа МВД от 29 января 2008 г. № 81 «Об организации комплексного использования сил и средств органов внутренних дел российской федерации по обеспечению правопорядка в общественных местах»	Приказ регламентирует требования к маршрутам патрулирования в общественных местах, а не требования к местам дислокации подразделений
МВД России государственная инспекция безопасности дорожного движения (ГИБДД)	В гг. Москве, Санкт-Петербурге – 20 минут; в других городах – 15 минут; на федеральных автодорогах – 20 минут; в прочих населенных пунктах и на других автодорогах – 60 минут	Приказ МВД РФ от 2 июля 2002 г. № 627 «О мерах по совершенствованию деятельности государственной инспекции безопасности дорожного движения и укреплению доверия к ней со стороны участников дорожного движения»	Данный приказ устанавливает нормативы прибытия нарядов ДПС на место ДТП только для случаев, в которых пострадали люди, с момента получения соответствующей информации
Аварийная газовая служба	40 минут, при извещении о взрыве, пожаре, загазованности помещений, аварийная бригада должна выехать в течение 5 минут	ПБ 12-529–03. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления	Правила регламентируют места дислокации аварийно-диспетчерских служб (АДС) определяются зоной обслуживания и объемом работ с учетом обеспечения прибытия бригады АДС к месту аварии
Федеральная противопожарная служба	В городских поселениях и городских округах в течение 10 минут, а в сельских поселениях – 20 минут	Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»	Федеральный закон регламентирует размещение подразделений

1.2.1 Анализ отечественных нормативных документов, регламентирующих время прибытия оперативных пожарно-спасательных подразделений

Многие годы специалисты (например, ученые Академии ГПС МЧС России) в области пожарной безопасности задаются вопросом, насколько быстро то или иное подразделение должно прибывать к месту вызова, чтобы это обеспечивало максимальную эффективность спасения жизней и материальных ценностей, и в то же время не было чрезмерным с точки зрения материальных затрат. Время реагирования пожарно-спасательных подразделений зависит от скорости следования специальных автомобилей, а также от расстояния между пожарным депо и местом вызова. Влиять на расстояние до места вызова можно только путем постройки большего количества пожарных депо, однако такой подход с финансовой точки зрения весьма затратен. В научных работах ученых в области проектирования экстренных служб профессора Н.Н. Брушлинского и профессора С.В. Соколова подробно рассматривался этот вопрос: как найти баланс минимального, но необходимого числа депо [8, 24]. Изменения нормирования в области оперативного реагирования пожарной охраны России представлены в таблице 1.2 [25].

Мнение ученых в вопросе нормирования времени реагирования пожарно-спасательных подразделений на экстренные вызовы не всегда совпадают, но, как правило, все сходятся на том, что не имеет смысла жестко нормировать время прибытия оперативных пожарно-спасательных подразделений к месту вызова, вместо этого необходимо следить за тем, чтобы зона обслуживания пожарного депо не превышала 12–15 км², в этом случае 90 % вызовов будут обеспечены 10 минутным временем прибытия первого пожарно-спасательного подразделения [26–41].

Таблица 1.2 – Изменения требований по размещению подразделений пожарной охраны в России

№ п/п	Год	Документ	Нормы	Срок действия	Уровень обоснованности
1	1930	ВСНХ, НКВД, НКПС РСФСР	Радиус выезда депо $R = 3$ км	До 2009 г.	Элементарный, использование простейших физических соображений
2	1951	НСП-102–51	1 пожарный автомобиль на 5 тыс. чел. (но не менее двух)	До 1989 г.	Эмпирический подход, основанный на интуиции и опыте специалистов пожарной охраны
3	1989	СНиП 2.07.01–89 (градостроительство)	Нормирование основных пожарных автомобилей и радиус выезда R пожарного депо	До 1994 г.	Добротное научное обоснование на базе математического моделирования
4	1991–1995	ВСН-1-91 СПАСР МВД РФ НПБ-101–95 (нормы проектирования объектов пожарной охраны)	Нормирование специальных пожарных автомобилей и числа (и типов) пожарных депо	До 2009 г.	На базе математического моделирования (аналитические модели)
5	1995	Федеральный Закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»	Нормирование численности личного состава противопожарной службы (1 пож. на 650 чел.)	До 2005 г.	Эмпирический подход. На основе существующей практики и опыта.
6	1994	СНиП 2.07.01–89*	Нормирование $R = 3$ км	До 2009 г.	См. п.1
7	2009	Технический регламент о требованиях пожарной безопасности	Время прибытия: не более 10 мин в городах; не более 20 мин в сельской местности	До настоящего времени	Аналог зарубежных норм и правил

1.2.2 Зарубежные рекомендации по времени реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений

Согласно пожарной статистике, пожары – независимо от их вида – наносят колоссальный ущерб, поэтому чем меньше времени будет затрачено при реагировании оперативных пожарно-спасательных подразделений на экстренный

вызов, тем меньше будут социальные и экономические последствия. В таблице 1.3 представлено рекомендуемое время реагирования пожарно-спасательных подразделений различных стран [25].

Таблица 1.3 – Рекомендации по размещению пожарно-спасательных подразделений за рубежом

№ п/п	Страна	Некоторые рекомендации по оперативному реагированию на вызовы			
1	Австралия	Время сбора и выезда для подразделений профессиональной пожарной охраны – до 1 мин, добровольной – от 2 до 5 мин максимальное время прибытия в городах – 10 мин, в сельской местности – 15 мин			
2	Бельгия	Время прибытия к месту вызова – 6 мин (среднее значение)			
3	Великобритания	Максимальное время прибытия определяется в зависимости от зоны риска (мин):			
		<i>Районы</i>	<i>Первый автонасос</i>	<i>Второй автонасос</i>	<i>Третий автонасос</i>
		Центр крупного города (зона риска А)	5	5	8
		Центр города (зона риска В)	5	8	–
		Пригород (зона риска С)	8–10	–	–
		Сельские районы (зона риска D)	20	–	–
В удаленных сельских районах нормативное время прибытия не устанавливается					
4	Германия	Желаемое время прибытия составляет: в городах – 5–8 мин, в сельской местности – 8–15 мин			
5	Греция	Время прибытия составляет 10 мин в городах и 30 мин в сельской местности			
6	Дания	Время прибытия не больше 10 мин в городах и 15 мин в сельской местности			
7	Ирландия	Время прибытия не больше 10 мин в городах и 20 мин (и более) – в сельской местности			
8	Норвегия	Время прибытия в городах не должно превышать 10 мин В сельских районах оно устанавливается применительно к местным объектам повышенной опасности (больницам и т. п.). В зависимости от категории района (городской центр, сельский район) время прибытия варьируется в пределах 5–10, 10–15, 15–30 мин			
9	США	8-минутное время прибытия в 90 % случаев для профессионалов в городах, от 9 мин для добровольцев в сельской местности			

Окончание таблицы 1.3

10	Финляндия	Время прибытия – 10 мин для густонаселенных районов с высокой потенциальной опасностью и 20 мин для остальных районов (в малонаселенных время не нормируется)
12	Швеция	Максимальное время прибытия в 10, 20 или 30 мин рекомендовано для наиболее опасных, опасных и менее опасных районов (городских и сельских)
13	Чехия	Профессиональные пожарные должны выехать по сигналу тревоги не позднее, чем через 2 мин, добровольные – 10 мин. Общее время прибытия к месту вызова не должно превышать 15–20 мин
14	Эстония	Максимальное время прибытия в городах – 6 мин, в сельской местности – 15 мин

Как видно по данным из таблицы 1.3, в большинстве стран рекомендованное время прибытия дифференцировано в зависимости от степени пожарной опасности объектов защиты, а также вероятных социальных и экономических последствий. В ряде стран зона обслуживания пожарных депо меняется в зависимости от плотности застройки и количества людей в обслуживаемом районе. За границей, также, как и в России, проводится большое количество исследований, затрагивающих вопрос оперативного и стратегического управления пожарно-спасательными подразделениями [44–50]. Очевидно, что норматив по времени прибытия должен быть обусловлен вероятностью возникновения деструктивных событий и их тяжестью в рассматриваемом районе. Однако, помимо количества пожарных депо, на время реагирования также влияет эффективность управления пожарно-спасательными подразделениями, большую роль в этом процессе играют диспетчерские службы.

1.3 Диспетчеризация и автоматизированные системы управления

Основным показателем эффективности работы экстренных служб является время реагирования на различные деструктивные события, поскольку с увеличением этого времени растет и вероятность наступления негативных

социальных и экономических последствий. Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на скорость реагирования, является работа диспетчерских служб. Помимо высокой компетентности специалистов немаловажно и эффективная работа технических средств диспетчеризации, а именно автоматизированных систем управления. В настоящее время большое развитие получили системы интеллектуальной поддержки диспетчерских решений (автоматизированные системы управления; далее – АСУ). Современные АСУ повышают эффективность работы диспетчерских служб, что в свою очередь сокращает время реагирования оперативных подразделений экстренных служб на происшествия. Происходит это благодаря оптимизации процесса приема и обработки информации [51–55]. Эффект от использования автоматизированных средств (АС) на скорость реагирования экстренных служб представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Роль автоматизированных средств в сокращении времени реагирования экстренных служб

Автоматизированные средства	Доля в сокращении времени реагирования экстренных служб, %
Подсистема поддержки принятия решений (СППР)	38
Телекоммуникационная подсистема	18
Геоинформационная система	10
Информационно-коммуникационная подсистема	9
Подсистема мониторинга	6
Подсистема консультативного обслуживания	6
Автоматическое распознавание образов	6
Возможности видео	5
Возможности анализа действий по записям	2

В рамках диссертационной работы были рассмотрены АСУ ведущих международных компаний, специализирующихся на разработке инженерного программного обеспечения для нужд экстренных служб.

1.3.1 Анализ отечественных автоматизированных систем управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями

Для повышения уровня общественной безопасности в городе Москве был разработан аппаратно-программный комплекс «Безопасный город», который используется для повышения взаимодействия служб, ответственных за решение задач обеспечения общественной безопасности [56–58]. В рамках развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» международной компанией Luxoft были выполнены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами по обеспечению мероприятий гражданской защиты города Москвы (КИС МиУСС). Данная система используется Главным управлением МЧС России по г. Москве, она введена в работу на территории пожарно-спасательного гарнизона города Москвы в первой половине 2016 года и представляет собой АСУ экстренными службами города Москвы. На сегодняшний день в полном объеме выполняется управление только пожарно-спасательными подразделениями. Для осуществления работы комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами было установлено соответствующее программное обеспечение в диспетчерские службы всех уровней, а также в планшетные компьютеры, устанавливаемые в пожарно-спасательные автомобили, это позволяет осуществлять прямую связь между диспетчером и оперативным подразделением, на всех этапах экстренного вызова. Графический интерфейс АСУ выводит на экран список текущих происшествий в районе (или округе, или городе), их адрес, состояние и всю сопутствующую информацию. Принимая вызов по телефону, диспетчер вбивает всю необходимую информацию о происшествии, классифицирует его и определяет его местонахождение на карте. Диспетчеру необходимо определить, нет ли в списке происшествий данного вызова, если такое происшествие уже создано, диспетчер нажимает кнопку «Дубликат», если же его нет в списке происшествий, диспетчер создает новое. Новое происшествие

создается путем заполнения установленной формы (общая информация, адрес, дополнительная информация и данные заявителя). Графический интерфейс программы представлен на рисунке 1.4. После создания «Нового происшествия» отправляется уведомление о необходимости высылки пожарного автомобиля. Необходимая техника выбирается из списка, сформированного автоматически в соответствии с расписанием выездов, а также в зависимости от их готовности и расстояния до места вызова; расстояние и приблизительное время следования устанавливает интегрированный в данную систему картографический сервис Яндекс.Карты [59].

The screenshot shows the 'KIS MiUSS' interface for creating a new incident. The top bar includes a menu icon, the text 'KIS MiUSS', a '+ НОВОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ' button, and 'АРМ "01" | Министерство Чрезвычайных Ситуаций'. Below this is a header for 'Происшествие № 2015969' with 'Закрыть', 'Распечатать', and 'Отменить' buttons. The main form is divided into two sections: 'ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ' and 'АДРЕС'. In the 'ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ' section, there are dropdown menus for 'Тип' (Fire), 'Ранг' (1), and 'Режим' (Боевой). A text field 'Что горит' contains 'Задымление в подъезде'. There are also checkboxes for 'Угроза людям', 'Резонансный пожар', and 'Помощь Московской области'. The 'АДРЕС' section has radio buttons for 'Москва' (selected) and 'Московская область'. It includes fields for 'Объект', 'АО', 'Район', 'Улица' (охотный ряд), 'Дом' (3), 'Корпус', 'Строение', 'Владение', 'Квартира', 'Этаж', 'Этажность', 'Подъезд', 'Код', and 'Уточнение'. At the bottom left, it says 'Заявка принята пульт АРМ "01" 10:15 21.09.2015'. On the right, there is a map from 'Яндекс' showing the location in Moscow, with coordinates 'Широта: 55.757982 Долгота: 37.615722'.

Рисунок 1.4 – Графический интерфейс создания «Нового происшествия» в КИС МиУСС

Исходя из специфики поставленной задачи, диспетчер может задать параметры подбора техники, а фильтр системы подберет и выведет на дисплей все возможные варианты. После чего сформированное происшествие с необходимой информацией в автоматическом режиме отправляется на планшетные компьютеры выбранных пожарно-спасательных автомобилей. Подразделения, на планшетные компьютеры которых приходит сообщение о происшествии, немедленно выезжают по указанному адресу. На планшете, установленном в автомобиле, автоматически прокладывается кратчайший маршрут к месту вызова.

Диспетчер в свою очередь может на своем рабочем месте осуществлять мониторинг состояния и передвижения автомобиля. Комплексная информационная система мониторинга и управления силами и средствами пожарно-спасательных подразделений города Москвы имеет возможность обмена информацией о дополнительных параметрах происшествия, а также других сообщений со всеми участниками процесса реагирования. Участники тушения пожара или ликвидации других происшествий по средствам планшетного компьютера уведомляют диспетчерскую службу об этапах работы путем отправки сообщения таких, как: задержка на светофоре, прибытие, локализация, ликвидация и т. д.

Помимо управления и координации действий подразделений, в данном АСУ реализована возможность формирования всей необходимой оперативной и сводной отчетности по пожару.

- формирование опросных листов и актов о пожаре;
- автоматическое формирование строевых записок по подразделениям;
- добавление командировок и простоев техники;
- формирование сводной строевой записки.

В перспективе развития КИС МиУСС планируется ее расширение (добавление в нее ряда других экстренных служб). Это позволит повысить уровень межведомственного взаимодействия, что положительным образом отразится на уровне безопасности города.

1.3.2 Анализ зарубежных автоматизированных систем управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями

Intergraph company. Американская корпорация является крупным разработчиком инженерного программного обеспечения. Одним из направлений ее деятельности является разработка программных продуктов, визуализирующих массивы данных для управления оперативными подразделениями служб обеспечения безопасности [60].

Технология *Computer Aided Dispatch* (CAD автоматизированная система диспетчеризации) *Intergraph* используется подразделениями экстренных служб во многих крупных городах, например, в Вашингтоне, Нью-Йорке (США), Торонто, Эдмонтоне (Канада) и др. [61, 62], для реализации управления подразделениями экстренных служб, а также совершенствования системы обеспечения общественной безопасности.

Диспетчер, приняв сообщение о происшествии, вносит его в АСУ, происшествие отображается на интерактивной карте, после чего call-центр через мобильные устройства сообщает о них подразделениям, сокращая тем самым время реакции и повышая эффективность работы пожарно-спасательных подразделений. Обеспечивается это также тем, что подразделения отправляются еще до окончания сбора информации диспетчером по телефону. Четкое позиционирование происшествий и надежная маршрутизация исключают потерю времени на обработку избыточных данных, то есть удаление потенциальных источников путаницы при описании местоположения происшествия.

Пожарная команда получает сведения о происшествии в реальном времени на планшетный компьютер, установленный в пожарном автомобиле. Оперативное подразделение получает данные о том, какое именно происшествие произошло, его местонахождение (отображается на карте), данные об имеющихся в распоряжении силах и средствах. Помимо этого, установлена постоянная связь с диспетчером центра управления, который осуществляет координацию реагирующих подразделений. В процессе реагирования он может отправлять пожарным важную информацию: закрытие дороги, местонахождение и исправность гидрантов, наличие пострадавших – данную информацию могут просматривать и принимать к сведению все заинтересованные службы.

Вся необходимая информация отображается на дисплее планшетного компьютера. Также данная система позволила установить удаленный доступ и обмен данными через интернет между операторами других заинтересованных служб (использующих данный программный продукт), что позволяет повысить уровень межведомственного взаимодействия.

В АСУ *Intergraph* интегрированы муниципальные пространственные данные, что позволяет оптимизировать рабочие процессы, чтобы спасатели могли просматривать картографические данные реагирования других организаций обеспечивающих общественную безопасность. Используя общую картографическую базу, экстренные службы могут быстро и надежно обмениваться информацией о чрезвычайных ситуациях. Так же в АСУ *Intergraph* есть возможность анализа ключевых данных полученных в результате реагирования по экстренному вызову.

The optima corporation. Новозеландская корпорация, ставшая в 2014 году частью корпорации *Intermedix*, также занимается системами диспетчеризации. Ее программный продукт *Optima live* обеспечивает в режиме реального времени, поддержку принятия диспетчерских решений. Графический интерфейс и элементы индикации *Optima live* позволяют пользователю видеть текущее состояние системы и отображают карты города и другие элементы (рисунок 1.5):

- дорожные сети,
- типы транспортного средства,
- местоположение транспортного средства,
- покрытие территории транспортным средством (чем темнее участок, тем выше покрытие),
- расположение депо, постов и больниц.

Также в данном продукте есть функция прогнозирования происшествий, районы в которых возможны вызовы в данный момент времени помечаются красными точками (анализ ранее случавшихся происшествий, с оценкой вероятности повторения события). В рабочем окне *Optima live* отображается список всех транспортных средств активных в настоящее время, а также вся необходимая информация об этих автомобилях. Данная АСУ в виде сообщений предоставляет текущую информацию о происшествии и рекомендации диспетчеру по эффективному управлению подразделениями. Диспетчер видит на экране все активные транспортные средства и вызовы, требующие ответа, выбрав один из этих вызовов диспетчер получает ряд рекомендаций в зависимости

от предполагаемого времени следования транспортных средств и на основе полученных рекомендаций принимает решение о высылке сил и средств. Также *Optima live* дает рекомендации по повышению уровня покрытия обслуживаемой территории.



Рисунок 1.5 – Обозначение на карте покрытия территории подразделениями экстренных служб

В *Optima live* реализована функция воспроизведения произведенных выездов, это позволяет:

- производить подробные обзоры событий, помогая расследовать происшествия и оценивать производительность системы, а также эффективность принятия решений с учетом предлагаемых системой рекомендаций;
- гибкая настройка воспроизведения, в том числе контролирующая скорость воспроизведения с возможностью перехода непосредственно к заданному времени, позволяет пользователю сосредоточиться на критических событиях;
- реконструкция показывает местоположение и статус каждого активного транспортного средства, графически отображая его на карте [63].

Программный комплекс *Optima-Predict* позволяет руководителям служб решать ряд вопросов по планированию развития службы в целом, дает рекомендации по необходимой численности подразделений, специальной технике, а также по их оптимальному размещению на обслуживаемой территории. Данный программный комплекс позволяет моделировать различные сценарии аварийных ситуаций таких, как резкое увеличение потока вызовов или отказ

в работе ряда подразделений, после чего определить масштаб последствий для работы службы. Это позволяет производить стратегическое планирование развития экстренных служб. *Optima-Predict* по результатам комплексного анализа заложенного сценария аварийной ситуации, предлагает комплекс мероприятий по недопущению негативных последствий для системы, а затем проанализировать эффект от их применения. *Optima-Predict* может спрогнозировать количество вызовов на следующий год или на другой промежуток времени, что позволит руководителям экстренной службы произвести планирование материальных ресурсов.

1.4 Анализ картографических сервисов

Яндекс.Карты. В 2004 году в Российской Федерации был запущен поисково-информационный картографический сервис от компании «Яндекс». На данном сервисе представлены подробные карты всего мира. Есть поиск по карте, информация о пробках, прокладка маршрутов и панорамы улиц крупных городов [59]. Для России, Украины, Белоруссии и Казахстана используются только собственные карты компании, которые обновляются ежемесячно; данные для остальных стран мира поставляет компания *NAVTEQ*. Помимо того, что сервис способен прокладывать маршрут следования, он так же может делать прогноз о его продолжительности с учетом загруженности дорог. В сервисе ведется сбор статистических данных о степени и периодах загруженности дорог, что позволяет делать краткосрочный прогноз (на 1 час) транспортной загруженности дорог. В распоряжении пользователя есть статистическая информация об обычном состоянии дорог в данном месте в выбранное время и день недели.

Для работы сервиса *Яндекс.Пробки* информация о средней скорости транспортного потока собирается из нескольких источников, большая часть поступает от самих пользователей данного сервиса. Во время использования приложения *Яндекс.Пробки* на своем мобильном телефоне, приложение

автоматически отправляет данные о скорости перемещения пользователя, и если данная информация коррелируется с данными пользователей, находящихся на том же участке дороги, то она берется в работу сервиса. Информация представлена в виде координат GPS и времени записи координат. Аналогичные данные Яндекс получает от своих партнеров, компаний, обладающих парком автомобилей, оборудованных GPS-приемниками, помимо этого анализируются данные, полученные по средствам видеонаблюдения. Для ряда крупнейших городов рассчитывается общегородская загруженность дорог по десятибалльной шкале. Для каждого города шкала баллов настроена индивидуально. Полученная информация о пробках накладывается на карту города в виде красных, желтых и зеленых стрелок (соответственно: пробка, дорога относительно свободна и полностью свободна) (рисунок 1.6).

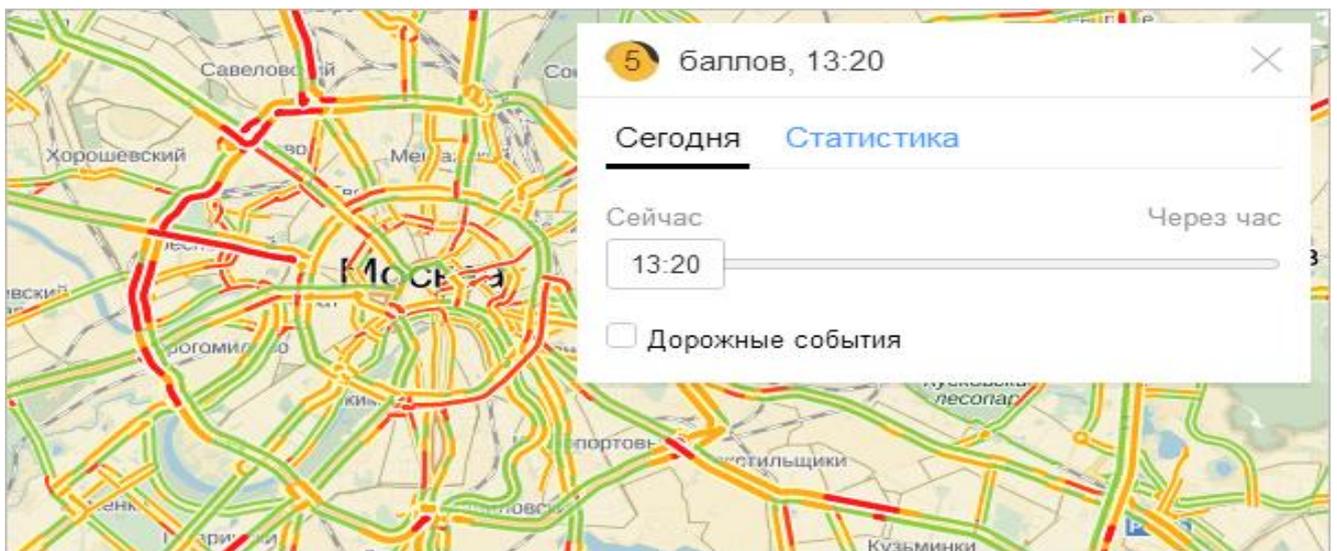


Рисунок 1.6 – Графический интерфейс картографического сервиса Яндекс.Карты:

█ — дорога свободна; █ — скорость движения на этом участке ниже, чем на свободной дороге; █ — пробки; █ — движение перекрыто

Пользователи приложения *Яндекс.Карты* получают информацию о причинах затора при помощи значков (чтобы просмотреть подробное сообщение о событии необходимо нажать на значок), отображающих событие, произошедшее на определенном участке: это может быть ДТП или разведением мостов.

Google maps. Одним из наиболее распространенных картографических сервисов является картографический сервис Американской компании *Google*.

Для пользователей данного сервиса доступны высоко детальные аэрофотоснимки (снятые с высоты 250–500 м), для некоторых – с возможностью просмотра под углом 45° с четырех сторон света. В сервис интегрирован бизнес-справочник и карта автомобильных дорог с поиском маршрутов. Он охватывает: США, Канаду, Японию, Россию и т. д. В августе 2010 г. в картографическом сервисе компании Google был произведен запуск сервиса «Пробки». Работа сервиса «Пробки» охватывает практически всю территорию Российской Федерации, особенно районы, ежедневно сталкивающиеся с проблемой загруженности дорог [64].

Для классификации степени загруженности дорог в сервисе используется четыре цвета (в скобках приведены соответствующие скорости для дорог с разрешенной максимальной скоростью 60 км/ч):

- темно-красные полосы – наихудший вариант, движение либо перекрыто, либо минимальное, не более 15 % разрешенной скорости (до 10 км/ч)
- красный – сильно затрудненное движение, не более 40 % разрешенной скорости (10–25 км/ч)
- желтый – движение с затруднениями, до 75 % скорости (25–45 км/ч)
- зеленый – движение без помех (от 45 км/ч и выше)

Отличительной особенностью данного картографического сервиса является возможность просмотра дорожной обстановки в реальном времени, имеется также прогноз на будущее и ретроспективно в установленную пользователем дату и время.

1.5 Выводы по главе 1

АСУ необходимы экстренным службам для снижения времени реагирования на происшествия за счет совершенствования системы высылки и управления пожарно-спасательными подразделениями. Построение маршрута следования является одним из важнейших модулей современных АСУ, управляющих высылкой экстренных служб. Для эффективной маршрутизации выезда необходимо выбрать не только самую короткую дорогу, но и учесть степень загруженности дорог – это особенно актуально в крупных городах [65–74]. Степень загруженности дорог характеризуется скоростью транспортного потока на протяжении всего маршрута следования. Как правило современные АСУ используют данные о скорости транспортного потока из картографических сервисов. Данные сервисы достаточно точно определяют скорость транспортного потока на маршруте следования, но это скорость рядовых участников движения, едущих на работу или в другие нужные им места, а скорость автомобиля экстренных служб может значительно отличаться, поскольку правила дорожного движения России и других стран обязывают всех участников движения пропускать автомобили экстренных служб.

В исследованиях немецких ученых есть данные о средних скоростях транспортного потока и пожарно-спасательных подразделений при движении по экстренному вызову они составляют 24,14 км/ч и 32 км/ч, соответственно. Данный факт указывает на преимущество движения оперативных подразделений по сравнению с транспортным потоком в 1,33 раза или на 33 % [75].

В России преимущество движения экстренных служб в транспортном потоке ранее не изучалось и не учитывается при оперативном и стратегическом управлении пожарно-спасательными подразделениями. В рамках данного исследования определено преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений и введен дифференцированный коэффициент, позволяющий определить скорость движения оперативных пожарно-спасательных подразделений по экстренному вызову с учетом влияния различных внешних

факторов. Также проверена гипотеза о зависимости преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке от степени загруженности транспортной сети. Помимо совершенствования АСУ, принимающих участие в оперативном управлении пожарно-спасательными подразделениями, выявленные зависимости позволят усовершенствовать математические модели, используемые для определения численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений, что по сути является стратегическим управлением [76–93]. Поскольку принцип реагирования на деструктивные события у всех экстренных служб одинаковый, полученный в результате проведенного исследования алгоритм определения преимущества движения оперативного подразделения в транспортном потоке можно применить для различных служб экстренного реагирования в различных условиях.

Именно поэтому так важно разработать алгоритм определения коэффициента преимущества движения оперативных подразделений в транспортном потоке, во время следования по экстренному вызову для различных дорожных условий и экстренных служб, и, поскольку нет принципиальных отличий в системе реагирования на деструктивные события среди различных экстренных служб, необходимо предложить универсальный алгоритм определения скоростных характеристик реагирующих подразделений в различных условиях.

Глава 2 Анализ скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений во время экстренного реагирования

2.1 Описание сбора геоинформационных данных

В условиях мегаполисов остро стоит вопрос загруженности дорог в связи с высокой автомобилизацией населения. Очевидно, что это оказывает влияние как на скорость транспортного потока, так и на скорость следования по экстренному вызову оперативных пожарно-спасательных подразделений. Но водители транспортных средств, согласно правилам дорожного движения, с включенным проблесковым маячком синего цвета, выполняя неотложное служебное задание, могут отступать от требований разделов 6 и 8–18 правил дорожного движения.

Для получения преимущества перед другими участниками движения водители таких транспортных средств должны включить проблесковый маячок синего цвета и специальный звуковой сигнал. Воспользоваться приоритетом они могут, только убедившись, что им уступают дорогу [94]. В связи с тем, что оперативные пожарно-спасательные подразделения имеют право отступать от правил дорожного движения, можно предположить, что их скорость движения будет выше, чем скорость транспортного потока, соответственно, время на преодоление заданного маршрута автомобиля, оборудованные специальными сигналами, тратят меньше, чем остальные участники дорожного движения.

Для исследования скорости движения пожарно-спасательных автомобилей было необходимо произвести сбор данных движения ОПСП по экстренному вызову, ранее для этих целей использовали два источника данных:

– статистические данные, полученные в результате анализа карточек учета пожаров [95, 96];

– данные, полученные в результате осуществления натуральных экспериментов при использовании пожарно-спасательных автомобилей во время проведения имитационных экстренных выездов [110].

Но на сегодняшний день необходимые данные о скоростных характеристиках реагирования ОПСП на экстренные вызовы можно получить при помощи геоинформационных технологий, что и является одной из задач проводимого исследования. Используя телеметрические возможности КИС МиУСС можно осуществить сбор геоинформационных данных, необходимых для определения скоростных характеристик реагирующих подразделений.

Департаментом по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности города Москвы, курирующим работу КИС МиУСС, было оказано содействие в получении необходимых геоинформационных данных, записанных во время экстренных выездов ОПСП территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы.

В рамках проводимого исследования сбор данных производился при помощи ГЛОНАСС/GPS/GSM абонентских телеметрических терминалов. Данные терминалы осуществляя связь со спутниками ГЛОНАСС/GPS, а именно: определяли местоположение, широту и долготу, некоторые терминалы – высоту над уровнем моря. Полученные данные отправляются при помощи сетей GSM, а затем передаются на сервер, где осуществляется аккумуляция и сортировка полученных геоинформационных данных [97]. Абонентские телеметрические терминалы устанавливаются на шасси пожарно-спасательных автомобилей на этапе их заводской сборки на конвейере, в связи с чем телеметрические терминалы могут быть различных производителей и иметь незначительные различия по своим техническим характеристикам. На большей части пожарно-спасательных автомобилей территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы установлены абонентские телеметрические терминалы «Гранит-навигатор-6.18», его изображение представлено на рисунке 2.1.



Рисунок. 2.1 – Абонентский телеметрический ГЛОНАСС/GPS/GSM терминал «Гранит-навигатор-6.18»

Информация о пожарно-спасательных автомобилях территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы, принимавших участие в сборе геоинформационных данных, представлены в таблице 2.1 [98].

При помощи абонентских телеметрических ГЛОНАСС/GPS/GSM у терминалов в КИС МиУСС есть возможность контроля перемещения всех пожарно-спасательных автомобилей, оборудованных таким терминалом. Телеметрия данного АСУ производит запись всех перемещений автомобилей, включенных в систему мониторинга, данные записываются общим потоком без разделения на выезды и автомобили, поскольку алгоритмы, заложенные в КИС МиУСС используют данные в таком виде для решения своих задач. Запись геоинформационных данных происходит следующим образом: ГЛОНАСС-устройство записывает сигналы, посылаемые со спутников, затем на основании полученной информации устройство определяет точное местоположения объекта на местности, его координаты: широту, долготу и высоту над уровнем моря, а также время, когда объект находился в данной точке. Файл, содержащий набор точек (геопозиций), записанных во время следования подразделения к месту вызова, называется ГЛОНАСС-трек. Число точек, записанных в треке выезда, определяется конфигурациями ГЛОНАСС-устройства по алгоритму, который настроен таким образом, что точка (геопозиция) записывается при изменении направления движения, скорости, угловой скорости, траекторией и т. д.

Проведя обработку и анализ записанного трека, можно определить ряд параметров изменения местоположения объекта в пространстве – определить направление его движения, скорость движения объекта, а в некоторых случаях и изменение высот [99–102]. Для удобства хранения, обработки и анализа треки могут записываться в различных текстовых форматах хранения и передачи данных таких, как GPX, CSV, NML и другие.

В рамках проводимого сбора данных был использован формат записи треков GPX, поскольку он обладает необходимой информативностью: содержит в себе данные о времени записи местонахождения, координаты (широта, долгота и высота над уровнем моря). Также он является одним из наиболее распространенных форматов, используемых для записи геоинформационных данных, в связи с чем распознается большинством программ, анализирующих данный тип информации.

Для сбора необходимых данных телеметрия КИС МиУСС была настроена таким образом, что запись трека производилась с момента начала движения до прибытия к месту вызова. Треки записывались во время всех производимых выездов, первых и последующих подразделений, реагирующих на экстренный вызов.

Все записанные треки аккумулировались на сервере КИС МиУСС. После завершения сбора необходимого массива данных все записанные треки были экспортированы для дальнейшей обработки и анализа.

Таблица 2.1 – Пожарно-спасательные автомобили, принимавшие участие в сборе данных

Тип ПА	Описание	Модель	Габариты, мм			Полная масса, кг	Мощность, кВт/л.с.	Максимальная скорость, км/ч
			Длина	Ширина	Высота			
АБГ	Пожарный автомобиль-база газодымозащитной службы	IVECO ML100E18	7600	2500	3200	9500	130/177	90
	Автомобиль газодымозащитной службы	СПАСА-IVECO ML100E18	8200	2500	3000	9500	185/251	100
АСА	Пожарный аварийно-спасательный автомобиль	IVECO MAGIRUS RW-DAILY 65C18D	8200	2500	3200	12000	142/194	100
		IVECO MAGIRUS RW-DAILY 70C15D	4350	2200	2200	7000	107/146	90
		MERCEDES-BENZ SPRINTER MB413	5640	2000	2710	3500	80/109	90
		IVECO MAGIRUS RW-DAILY 65C15D	8200	2500	3200	12000	142/194	100
		RW-KRAN - MERCEDES-BENZ/ MB ATEGO 1325	8715	2500	2750	12000	130/177	90
		ГАЗ– 32590L	7000	2200	2500	3500	78/106	90
АЦ	Пожарная автоцистерна	АЦ-3,2-40/4/43253/ – КамАЗ	7400	2500	3500	15500	150/210	90
		АЦ-2.0-40/4/4308/ – КамАЗ	7650	2500	2715	11900	133/185	100
АПТ	Пожарный автомобиль пенного тушения	АПТ-6,5-40/53215/ – КамАЗ	8000	2500	3100	19000	178/240	80
АПК	Пожарный коленчатый автоподъемник	ТП-34 - MERCEDES-BENZ -ACTROS F 34 HDT	11900	2500	3900	24500	265/360	80
АЛ	Пожарная автолестница длиной 30 метров	АЛ-30-IVECO DLK 23-12 n.B. GL	10000	2400	3050	14200	220/299	98
		АЛ-30-IVECO DLK 23-12 CS GL	10000	2460	3200	14250	220/299	98
	Пожарная автолестница длиной 50 метров	АЛ-55-IVECO DLK-55 CS	11900	2500	3910	24380	265/360	80
		ДЛ-50-IVECO DL-50 IVECO-MAGIRUS	12000	2500	3700	24000	265/360	80
	Пожарная автолестница	ДЛК-52-IVECO VARIO CC	11850	2500	3760	24380	245/333	98
	АЛ-42-IVECO DLK 42CS	10600	2460	3390	15800	220/299	90	

2.2 Описание массива собранных геоинформационных данных

Запись данных производилась КИС МиУСС при помощи ГЛОНАСС-устройств, установленных на пожарно-спасательных автомобилях территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы в период с 15 июля по 15 декабря 2016 года. Собранный массив данных составил более чем 3000 GPX треков. Из полученного массива записанных данных были исключены некорректно записанные треки, в которых содержалось менее 30 точек (геопозиций) на маршруте следования, поскольку данный объем информации не позволяет провести полноценную обработку и анализ выезда. В результате были отобраны 1 350 треков, которые содержали более 30 точек. Каждый трек, записанный во время экстренного вызова, представляет собой отдельный файл текстового формата GPX, содержащий в себе набор геопозиций (координат) и времени, когда реагирующее подразделение находилось в данной точке. В данном виде из треков проблематично получить необходимую информацию, поскольку координаты геопозиций и время записи координат в чистом виде не отражают скоростные характеристики пожарно-спасательных автомобилей. Существует ряд компьютерных программ, предназначенных для обработки и анализа данных, содержащихся в GPX-файлах. Но проведенный анализ данных программ показал, что их использование в проведении обработки и анализа записанных треков сопряжено с рядом трудностей, замедляющих работу. Также в число факторов, затрудняющих работу с треками, является невозможность одновременной загрузки большого массива обрабатываемых данных, что требует слишком много длительных временных затрат.

Помимо определения скоростных характеристик, реагирующих подразделений, задачей данного исследования также является определение преимущества пожарно-спасательных автомобилей в транспортном потоке. Для этого необходимо было определить скорость транспортного потока на маршруте, пройденном реагирующим подразделением во время экстренного вызова.

2.3 Анализ скорости транспортного потока при помощи картографического сервиса *Google maps*

Для того чтобы выяснить, какое преимущество в скорости имеют реагирующие подразделения в транспортном потоке, необходимо было выяснить скорость транспортного потока на маршруте, пройденном ОПСП во время выезда по экстренному вызову. Данную информацию можно получить из рассмотренных ранее картографических сервисов. В рамках исследования данные о скорости транспортного потока были получены при помощи картографического сервиса *Google maps*, поскольку в нем реализована возможность оценить степень загруженности транспортной сети непосредственно в момент выезда по экстренному вызову, то есть ретроспективно. В то время как функционал картографического сервиса Яндекс.Карты позволяет оценить скорость транспортного потока исключительно по средним показателям дня недели и времени суток. Помимо этого, преимущество работы с картографическим сервисом *Google maps* заключается в наличии такого сервиса как *Google maps API* – это коллекция инструментов для добавления карт Google в различные программные продукты, мобильные и веб-приложения для использования возможностей *Google maps* для различных нужд пользователей [103].

Для сравнения скоростных характеристик движения пожарно-спасательного подразделения и транспортного потока на карте картографического сервиса *Google maps* откладывался точный маршрут следования подразделения, такая возможность появилась благодаря наличию в записанных треках координат начала, конца и промежуточных точек движения ОПСП.

Так как из картографического сервиса можно получить информацию о времени, необходимом для преодоления заданного маршрута в заданный момент времени, как без учета загруженности транспортной сети, так и с учетом ее загруженности, было определено три значения времени. Для получения времени, необходимого транспортному потоку для преодоления маршрута, пройденного ОПСП во время экстренного выезда в идеальных условиях,

то есть с максимально разрешенной скоростью без пробок, картографический сервис *Google maps* использовался без применения функции отображения загруженности транспортной сети. Далее было получено время, необходимое транспортному потоку для преодоления заданного маршрута с учетом загруженности транспортной сети, для этого была использована функция картографического сервиса, позволяющая отобразить ретроспективно транспортную сеть города с учетом скорости транспортных потоков. В картографический сервис вводились дата и время выезда реагирующего подразделения по экстренному вызову, после чего картографический сервис выводил диапазон времени, отражающий оптимистичный и пессимистичный прогноз времени следования, необходимого для преодоления заданного маршрута с учетом загруженности дорог на момент выезда. Проведя данный набор действий, была получена информация, необходимая для дальнейшего анализа.

Получение информации о скорости транспортного потока из картографического сервиса *Google maps* в ручном режиме (по представленному алгоритму) занимало значительное время и затрудняло тем самым процесс обработки больших массивов данных. Для ускорения процесса обработки была разработана программа для ЭВМ, при помощи которой вышеуказанный алгоритм действий выполняется в автоматическом режиме.

2.4 Разработка компьютерной программы обработки и анализа геоинформационных данных

Программа обработки и анализа ГЛОНАСС-данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений была написана на языках программирования HTML и PHP, а также с использованием сервиса *Google maps API* [104]. Она предназначена для обработки геоинформационных данных записанных в формате GPX, а также построения пройденного маршрута на картах *Google maps* и определения скорости транспортного потока на данном маршруте

в момент записи трека. В данном исследовании программа использовалась для обработки и анализа геоинформационных данных, записанных во время экстренных вызовов ОПСП. Программа определяет время следования и протяженность маршрута до места вызова по данным, полученным из файлов GPX, затем получает из картографического сервиса *Google maps*:

- время, необходимое для преодоления того же маршрута со скоростью транспортного потока по оптимистичному прогнозу (движение с максимальной скоростью транспортного потока),

- время, необходимое для преодоления того же маршрута со скоростью транспортного потока по пессимистичному прогнозу (движение с минимальной скоростью транспортного потока),

- время, необходимое для преодоления этого маршрута в идеальных условиях, то есть с максимально разрешенной скоростью движения на данном участке дороги.

На рисунке 2.2 изображена принципиальная блок-схема компьютерной программы, на рисунке 2.3 представлена развернутая блок-схема программы обработки и анализа ГЛОНАСС-данных о следовании к месту вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений. В таблице 2.2. приведен пример вывода данных после обработки трека, данная таблица представляет собой интерфейс программы. На разработанную программу было получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ (приложение В).



Рисунок 2.2 – Принципиальная блок-схема программа обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений:
i – счетчик; *K* – количество треков (файлов GPX)

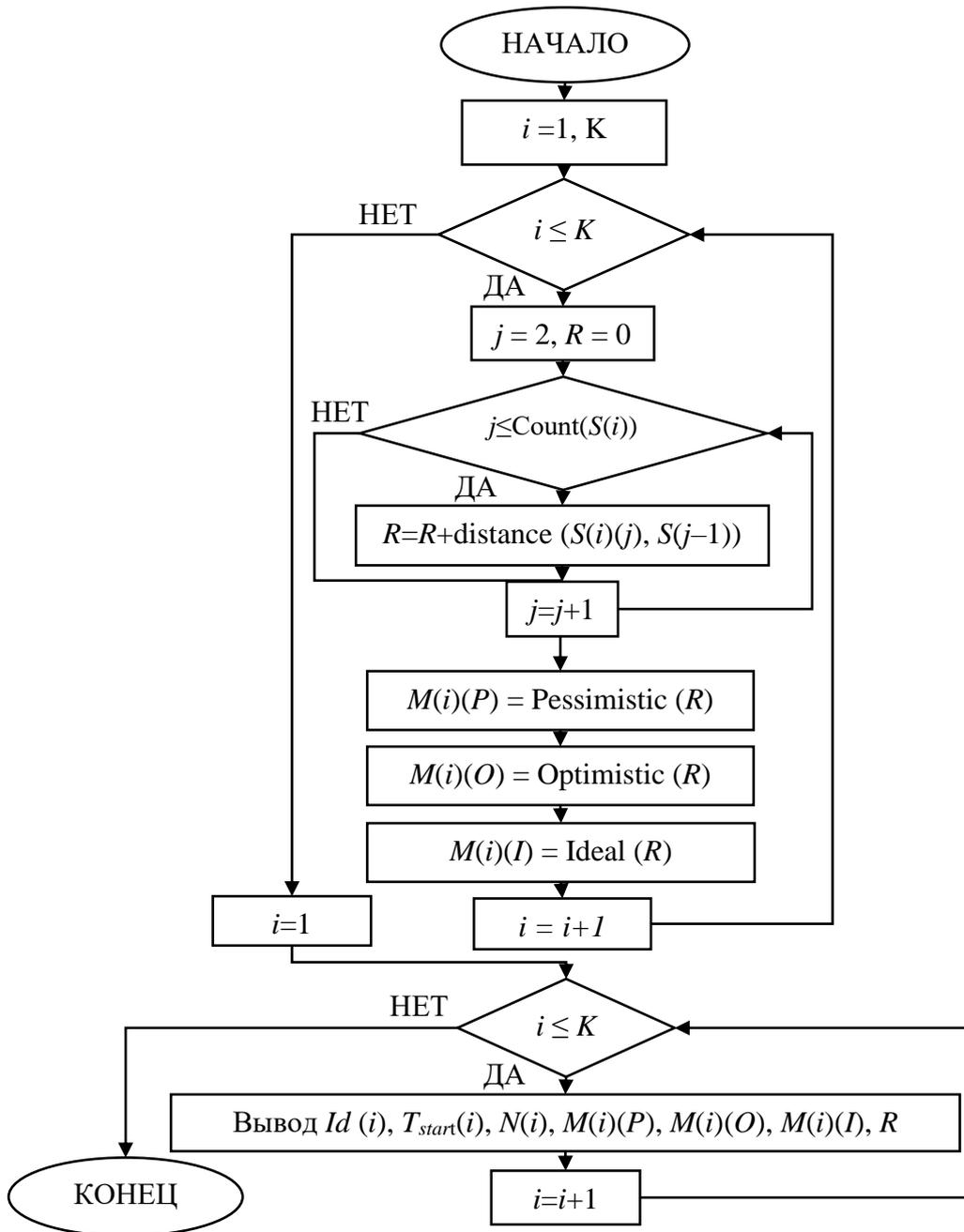


Рисунок 2.3 – Подробная блок-схема программа обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений:

i – счетчик; K – количество треков (файлов GPX); M – массив с информацией по маршруту следования; $distance$ – расстояниями между геопозициями; R – расстояние до места вызова; j – счетчик; $N(i)$ – время следования пожарного автомобиля; $S(i)$ – массив с координатами i -го файла; $Count(i)$ – количество геопозиций на i -м маршруте; $Pessimistic$ – пессимистичный прогноз времени следования по данным *Google maps*; $Optimistic$ – оптимистичный прогноз времени следования по данным *Google maps*; $Ideal$ – прогноз времени следования по данным *Google maps* без пробок; $M(i)(P)$ – массив с пессимистичным прогнозом времени следования для каждого i -го файла GPX; $M(i)(O)$ – массив с оптимистичным прогнозом времени следования для каждого i -го файла GPX; $M(i)(I)$ – массив с прогнозом времени следования без пробок для каждого i -го файла GPX; $Id(i)$ – массив идентификационных номеров пожарно-спасательных автомобилей для каждого i -го файла GPX; $T_{start}(i)$ – массив данных о дате и времени выезда пожарно-спасательных автомобилей для каждого i -го файла GPX

Таблица 2.2 – Интерфейс программы обработки и анализа ГЛОНАСС-данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений

Идентификационный номер ПА	Дата и время вызова	Фактическое время следования ПА	Пессимистичный прогноз о времени следования ТП	Оптимистичный прогноз о времени следования ТП	Прогноз времени следования ТП без пробок	Расстояние
1024082	09.08.2016 14:58:00	445 (00:07:25)	1114 (00:18:34)	603 (00:10:03)	553 (00:09:13)	6221
1025957	08.02.2016 19:36:49	645 (00:10:45)	1638 (00:27:18)	1149 (00:19:09)	877 (00:14:37)	9078
1024082	09.08.2016 16:12:04	256 (00:04:16)	889 (00:14:49)	558 (00:09:18)	460(00:07:40)	3528
1026215	02.10.2016 14:58:39	610 (00:10:10)	925 (00:15:25)	618 (00:10:18)	484 (00:08:04)	4947
1026216	09.09.2016 9:06:09	689 (00:11:22)	953 (00:15:53)	682 (00:11:22)	544 (00:09:04)	3645
1026216	23.09.2016 6:28:22	499 (00:08:21)	656 (00:10:56)	501 (00:08:21)	407 (00:06:47)	2447
1026216	23.09.2016 11:46:48	628 (00:10:28)	745 (00:12:25)	546 (00:09:06)	447 (00:07:27)	3358
1026221	14.10.2016 7:50:54	649(00:10:49)	1048 (00:17:28)	731 (00:12:11)	547 (00:09:07)	5361
1026221	24.10.2016 9:56:47	945 (00:15:45)	1069 (00:17:49)	832 (00:13:52)	681 (00:11:21)	9721
						
1026221	27.10.2016 3:38:07	653 (00:10:53)	1103 (00:18:23)	987 (00:16:27)	855 (00:14:15)	10189
1026236	08.10.2016 10:21:55	416 (00:06:56)	711 (00:11:51)	425 (00:07:05)	403 (00:06:43)	5206

В результате обработки GPS/ГЛОНАСС-треков при помощи разработанной программы удалось получить информацию по каждому из исследуемых выездов:

- идентификационный номер GPS/ГЛОНАСС устройства;
- дата и время выезда;
- время следования пожарно-спасательного автомобиля;
- расстояние, пройденное автомобилем;
- время необходимое для преодоления маршрута по данным Google maps без пробок (в идеальных условиях);
- время необходимое для преодоления маршрута по данным *Google maps* с учетом загруженности дорог по оптимистичному и пессимистичному прогнозу.

В 313 файлах, записанных во время сбора данных, содержалась информация о перепадах высот во время следования по экстренному вызову пожарно-спасательных подразделений, для их обработки применялась программа GPSLog Labs.

2.5 Обработка файлов, содержащих параметры изменения высот во время реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений

В результате апробации ряда программ, предназначенных для обработки и анализа параметров изменения высот из GPX-треков, была выбрана программа GPSLog Labs, так как она имеет ряд преимуществ перед другими программами [106]:

- удобна в использовании;
- интуитивно понятна;
- имеет функцию хранения треков;
- дает визуализацию маршрута следования на карте;
- отображается профиль изменения высоты над уровнем моря на протяжении всего маршрута следования.

Также при необходимости позволяет редактировать записанные треки и выводит ряд параметров, касающихся изменения высоты над уровнем моря, позволяющих подробно проанализировать динамику движения ОПСП по экстренному вызову. Полученные треки, записанные в текстовом формате GPX, загружались в программу, после чего программа обрабатывала данные и выводила полученную информацию по средствам графического интерфейса. Графический интерфейс программы GPSLog Labs представлен на рисунке 2.4.

Время		Продолжительность		Расстояние		Скорость	
НАЧАЛО	14:23:37	ИТОГО	0:18:24	ИТОГО	15,340 км	СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ	50,2 км/ч
КОНЕЦ	14:42:00	ОСТАНОВКИ	0:00:00	ОТНОСИТЕЛЬНОЕ	3,9 км →	СУММАРНО	50,0 км/ч
		ДВИЖЕНИЕ	0:18:24			МАКС	72,0 км/ч

Высота		Продолжительность		Расстояние		Средняя Скорость	
НАБОР ВЫСОТЫ	58 М	ПОДЪЕМ	0:01:09	ПОДЪЕМ	0,873 км	ПОДЪЕМ	45,5 км/ч
МАКС	135 М	СПУСК	0:00:57	СПУСК	0,741 км	СПУСК	46,8 км/ч
МИН	111 М						90%
ИЗМЕНЕНИЕ	12 М						93%

Профиль высоты



Рисунок 2.4 – Графический интерфейс вывода обработанных данных программы GPSLog Labs

В результате обработки и анализа треков, содержащих параметры изменения высоты при помощи программы GPSLog Labs, была получена информация о динамике движения пожарно-спасательных автомобилей:

- дата и время выезда;
- визуализация маршрута следования на карте и профиль изменения высоты над уровнем моря;
- продолжительность движения, остановок, подъемов и спусков;
- протяженность всего маршрута, подъемов и спусков;
- средняя скорость с учетом остановок и без них, а также скорость во время подъемов и спусков;

- максимальная скорость;
- высота над уровнем моря, а также ее изменение на маршруте следования.

Полученная информация использовалась для дальнейшего анализа параметров изменения высоты над уровнем моря во время экстренного вызова ОПСП, для чего определялись зависимости скорости следования ОПСП от перепада высот на маршруте следования.

2.6 Анализ экстренного реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений

Для решения одной из задач исследования было необходимо определить статистические модели зависимости изменения скоростных характеристик движения ОПСП к месту вызова в городских условиях от различных факторов:

- расстояния до места вызова,
- типа пожарно-спасательного автомобиля,
- дня недели,
- времени суток,
- перепадов высот.

Для этого необходимо было провести анализ записанных в результате сбора данных треков экстренного реагирования пожарно-спасательных подразделений. Весь полученный массив данных по завершению обработки был отсортирован в зависимости от исследуемого параметра для определения зависимости скоростных характеристик пожарно-спасательных подразделений от изменения исследуемого параметра, то есть фактора, оказывающего влияние на скорость реагирующего подразделения.

2.6.1 Исследование параметров движения автомобилей в зависимости от количества выездов

В результате обработки ГЛОНАСС-треков были получены данные о выездах (1 350) по экстренному вызову в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне города Москвы. Для получения представления о распределении выездов по времени и протяженности следования до места вызова весь массив данных был отсортирован по количеству выездов на каждую минуту следования и на каждый километр расстояния, пройденного пожарно-спасательным подразделением. В результате распределения выездов были построены гистограммы, представленные на рисунках 2.5–2.8.

На рисунке 2.5 представлена гистограмма, отображающая распределение выездов по времени следования, а именно число выездов на каждую минуту. Максимальное число выездов приходится на 6 минуту и составляет 146 выездов из 1 350 исследуемых. Полученное в результате обработки собранных данных распределение по времени следования, для массива данных содержащего 1 350 выездов, описывается распределением Эрланга различных порядков. Данная зависимость распределения времени следования уже была отмечена в работах других ученых, занимающихся исследованием данного направления [77; 107].

Распределением Эрланга описываются различные процессы, в том числе транспортные потоки [108, 109]. Распределение Эрланга – это частный случай гамма-распределения в теории массового обслуживания, двухпараметрическое семейство абсолютно непрерывных распределений, где T – непрерывная величина.

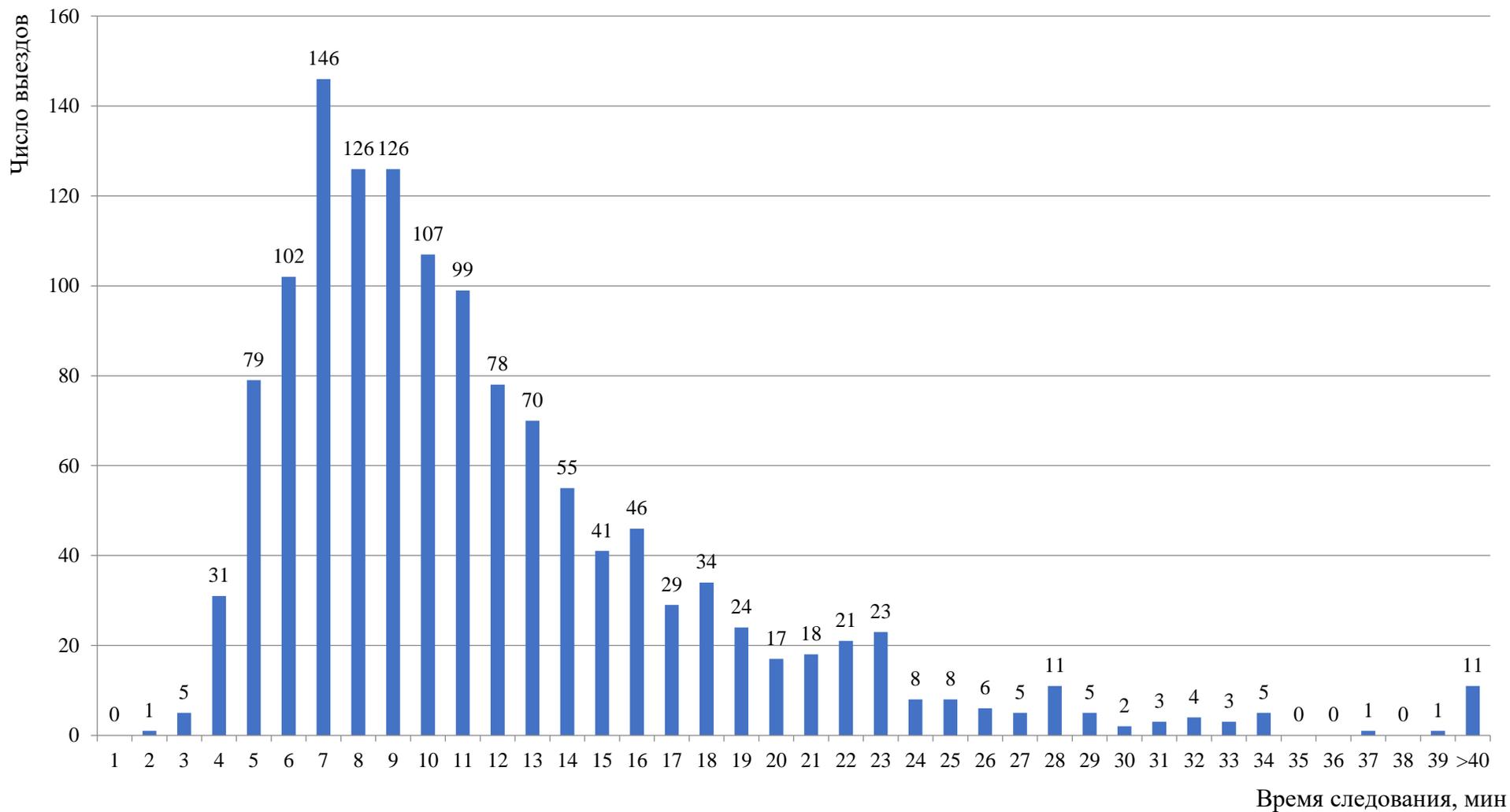


Рисунок 2.5 – Число выездов по минутам прибытия оперативных пожарно-спасательных подразделений для всего массива данных

Если непрерывная величина T подчиняется закону Эрланга, то ее функция распределения $F(\tau) = P\{T < \tau\}$ имеет вид:

$$F(\tau) = P\{T < \tau\} = \int_0^{\tau} \left[\frac{(\mu t)^r}{r!} \right] e^{-\mu t} dt = 1 - e^{-\mu \tau} \sum_{k=0}^r \frac{(\mu \tau)^k}{k!}, \quad (1)$$

где r – порядок (ранг) распределения Эрланга ($r = 0, 1, 2, \dots$); μ – постоянный параметр этого распределения: $\mu = (r+1)/\tau_{\text{ср}}$; $\tau_{\text{ср}}$ – среднее значение изучаемой случайной величины T (т. е. имеется двухпараметрическое семейство непрерывных распределений).

Для любого числа r характерно:

– математическое ожидание случайной величины T :

$$M(T) = \tau_{\text{ср}} = \frac{(r+1)}{\mu} \quad (2)$$

– дисперсию случайной величины T :

$$D(T) = \frac{(r+1)}{\mu^2} \quad (3)$$

– среднеквадратическое отклонение случайно величины T :

$$\sigma(T) = \frac{(r+1)^{1/2}}{\mu} \quad (4)$$

или (более удобно использовать это выражение)

$$\sigma(T) = \frac{\tau_{\text{ср}}}{(r+1)^{1/2}} \quad (5)$$

Плотность распределения Эрланга имеет вид:

$$f(t) = F'(t) = \mu \left[\frac{(\mu t)^r}{r!} \right] e^{-\mu t} \quad (\tau \geq 0; r = 0, 1, 2, \dots) \quad (6)$$

При $r = 0$ получаем плотность экспоненциального (показательного) распределения $f(\tau) = \mu e^{-\mu \tau}$ ($\tau \geq 0$), т. е.

$$f(\tau) = \mu e^{-\mu \tau} \quad (\tau \geq 0), \quad (7)$$

где $\mu = 1/T_{\text{ср}}$.

Следовательно, показательное распределение является частным случаем распределения Эрланга (т.е. распределением Эрланга нулевого порядка). Из формулы (1) при $r = 0$ получаем функцию распределения случайной величины, подчиняющейся показательному распределению:

$$F(\tau) = P\{T < \tau\} = 1 - e^{-\mu\tau} \quad (8)$$

Для случайной величины T , подчиняющейся закону распределения Эрланга r -го порядка, часто приходится вычислять вероятность того, что значение T попадет в какой-либо полуинтервал $[\tau_1, \tau_2)$:

$$P\{\tau_1 \leq T < \tau_2\} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \mu \left[\frac{(\mu\tau)^r}{r!} \right] e^{-\mu\tau} d\tau = e^{-\mu\tau_1} \sum_{k=0}^r \left[\frac{(\mu\tau_1)^k}{k!} \right] - e^{-\mu\tau_2} \sum_{k=0}^r \left[\frac{(\mu\tau_2)^k}{k!} \right] \quad (9)$$

На рисунке 2.6 представлено распределение частоты выездов пожарно-спасательных подразделений по экстренному выезду на каждую минуту времени следования для одного из дней недели (понедельник), оно хорошо описывается распределением Эрланга третьего порядка, значение критерия Романовского при этом составляет 0,09.

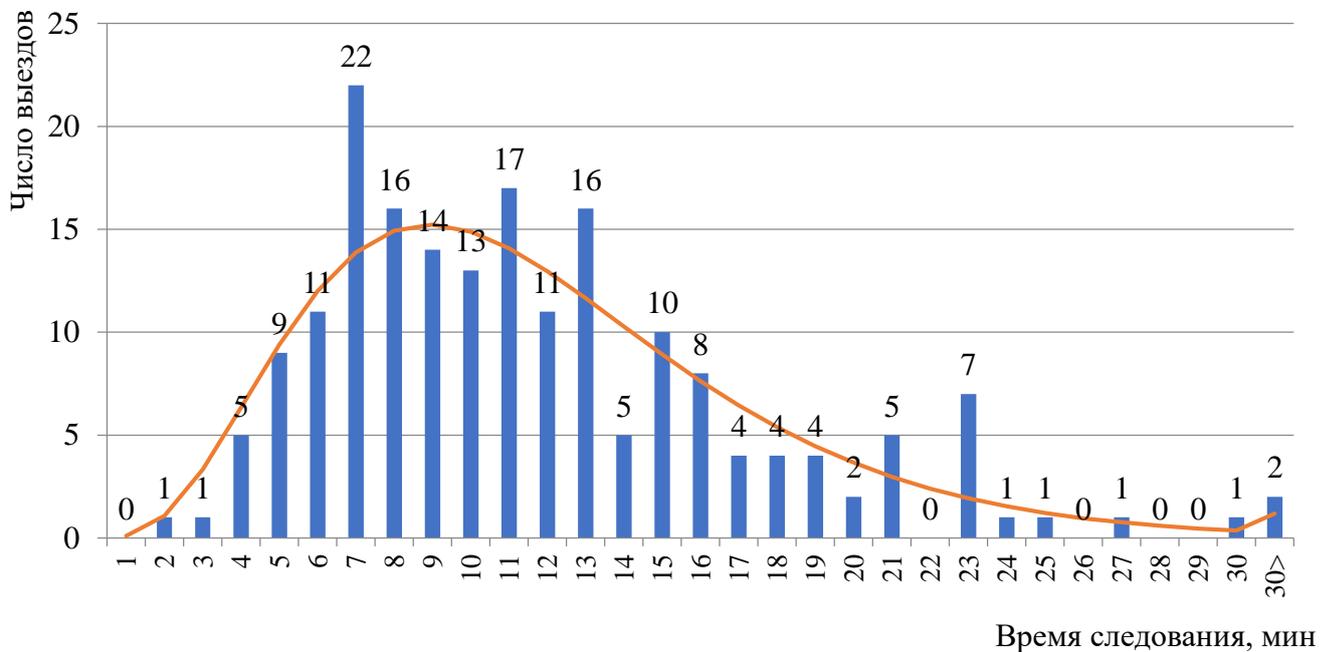


Рисунок 2.6 – Распределение числа выездов по времени следования для понедельника и теоретическое распределение Эрланга третьего порядка:

- – частота выездов;
- – теоретические частоты, представленные в соответствии с третьим порядком распределения Эрланга

Распределение по количеству выездов на каждый километр расстояния, пройденного ОПСП, представлено в виде диаграммы (рисунок 2.7), на основании которой можно сделать вывод о том, что чаще всего протяженность маршрута следования пожарно-спасательных подразделений по экстренному вызову составляет 4 км.

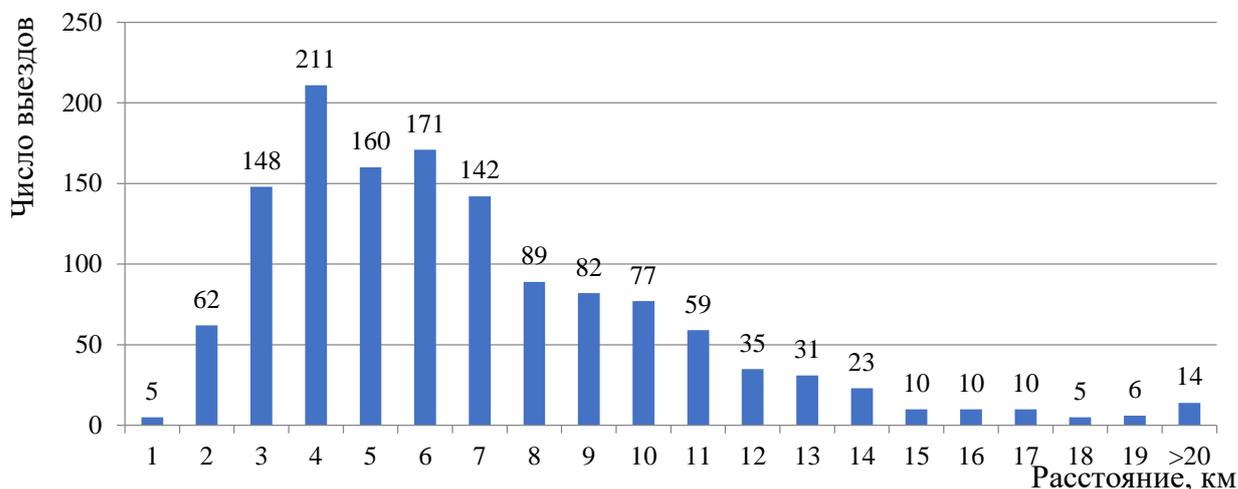


Рисунок 2.7 – Распределение числа выездов по расстоянию до места вызова для всего массива данных

На рисунке 2.8 представлено распределение частоты выездов пожарно-спасательных подразделений по экстренному выезду на каждый километр расстояния до места вызова для одного из дней недели (суббота), оно показывает высокую корреляцию с распределением Эрланга второго порядка, значение критерия Романовского при этом составляет 0,18.

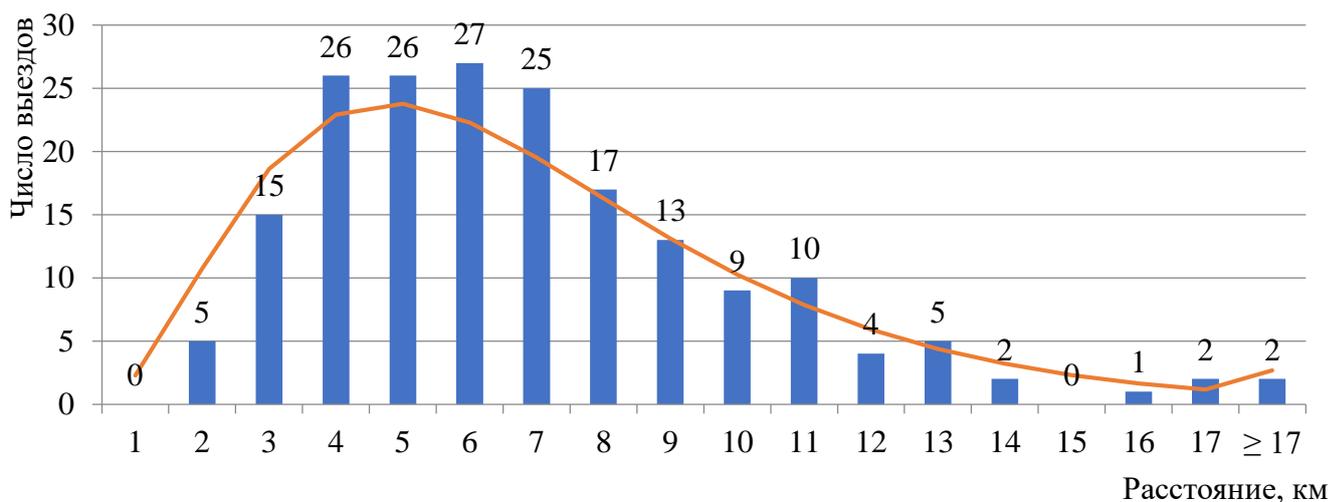


Рисунок 2.8 – Распределение числа выездов по расстоянию до места вызова для субботы и теоретическое распределение Эрланга второго порядка:

- – частота выездов;
- – теоретические частоты, представленные в соответствии со вторым порядком распределения Эрланга

Анализ распределения числа выездов по времени и расстоянию выезда показал, что данные распределения хорошо описываются распределением Эрланга различных порядков, что также подтверждают исследования других ученых [114, 115], проводивших анализ данных полученных в результате обработки карточек учета пожаров.

2.6.2 Анализ скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений в зависимости от различных факторов

В начале исследования была выдвинута гипотеза о влиянии различных внешних факторов на скорость следования по экстренному вызову пожарно-спасательных подразделений, одним из таких факторов является расстояния от места дислокации ОПСП до места вызова. Зная расстояние от мест дислокации подразделений до места вызова, а также время, за которое это расстояние было преодолено, была получена средняя скорость ОПСП для каждого экстренного выезда.

Зависимость скорости пожарно-спасательных подразделений от расстояния до места вызова. Для проверки степени влияния расстояния была построена точечная диаграмма (рисунок 2.9), в которой по оси абсцисс было отложено расстояние до места вызова, а по оси ординат отложена средняя скорость ОПСП на всем маршруте следования. Также на данном графике отражена степенная аппроксимация исследуемых значений, которая наиболее точно описывает их распределение. В таблице 2.3 представлены скоростные показатели пожарно-спасательных подразделений. Графики зависимости скорости следования пожарно-спасательных подразделений для каждого типа пожарно-спасательных автомобилей приведены в приложении А.

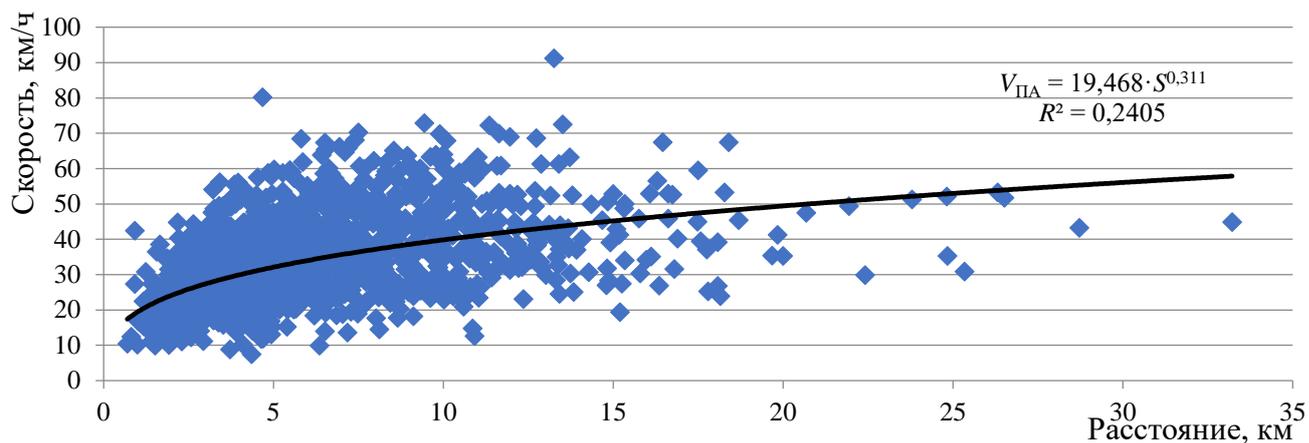


Рисунок 2.9– Зависимость средней скорости следования пожарно-спасательных подразделений от расстояния до места вызова по всему массиву данных (степенная аппроксимация)

Таблица 2.3 – Данные о скоростных характеристиках ПА

Скорость следования ПА, км/ч	
Минимум	7,47
Максимум	91,27
Размах вариации	83,80
Среднее значение	35,13
Среднеквадратичное отклонение	12,36
Коэффициент вариации	0,35

Изучив полученное распределение, можно сделать вывод о том, что расстояние до места вызова оказывает значительное влияние на скорость следования ОПСП. Для получения статистической модели зависимости скорости следования ОПСП от расстояния до места вызова была произведена сортировка всего массива данных по каждому километру, затем были получены средние значения скорости следования для каждого километра. На основе полученных средних значений (таблица 2.4) была построена диаграмма, изображенная на рисунке 2.10, на которой отображена зависимость скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений от расстояния, а проведенная полиномиальная аппроксимация полученных значений является статистической моделью, описывающей данную зависимость. На графике также отражено среднеквадратическое отклонение от среднего значения (пунктирная линия).

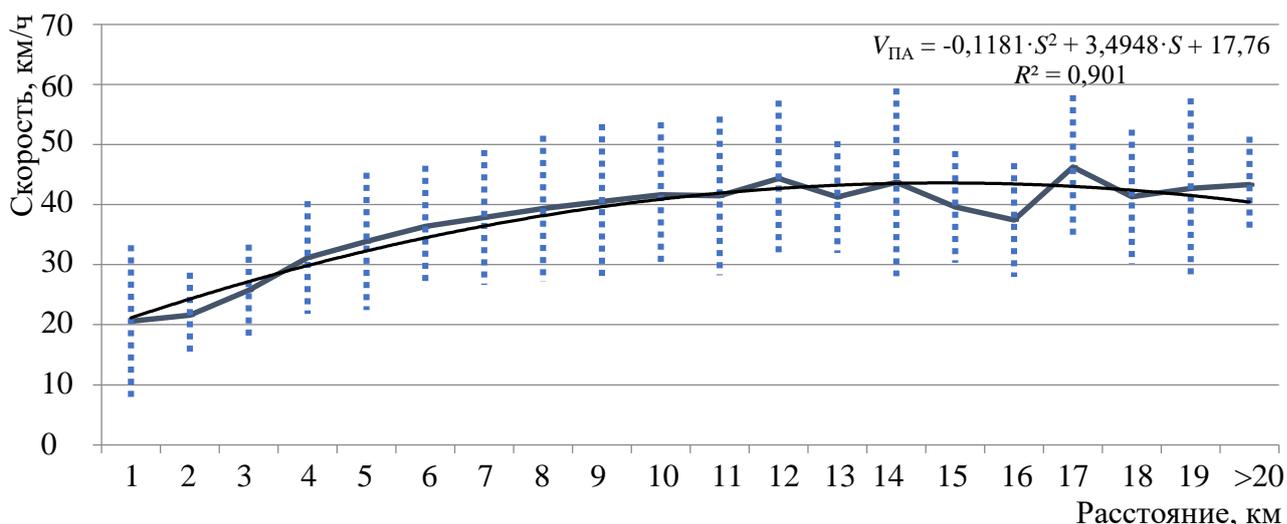


Рисунок 2.10 – Зависимость средней скорости следования ОПСП от расстояния до места вызова

Таблица 2.4 – Средние значения скорости ПА на каждый километр расстояния до места вызова

Расстояние, км	Число выездов	Средняя скорость, км/ч	Среднее квадратичное отклонение, км/ч	Коэффициент вариации
1	5	20,61	12,64	0,61
2	62	21,60	7,09	0,33
3	148	25,75	7,58	0,29
4	211	31,19	9,38	0,30
5	160	33,88	11,45	0,34
6	171	36,37	10,10	0,28
7	142	37,88	11,21	0,30
8	89	39,33	12,14	0,31
9	82	40,52	12,86	0,32
10	77	41,63	12,08	0,29
11	59	41,47	13,20	0,32
12	35	44,34	12,98	0,29
13	31	41,25	9,31	0,23
14	23	43,73	15,63	0,36
15	10	39,62	9,30	0,23
16	10	37,45	9,48	0,25
17	10	46,25	11,98	0,26
18	5	41,30	11,17	0,27
19	6	42,71	14,99	0,35
>20	14	43,32	8,01	0,18
Всего	1350	35,13	12,36	0,35

На следующем этапе изучения влияния фактора расстояния производился сравнительный анализ влияния расстояния на скорость ОПСП и транспортного потока.

Зависимость скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений от типа пожарного автомобиля. Очевидно, что скорость следования к месту вызова ОПСП зависит от технических характеристик, используемых пожарно-спасательных автомобилей. В связи с чем весь массив собранных данных был отсортирован в зависимости от типа ПА [98], после чего были получены средние показатели скорости следования (таблица 2.5). На основе полученных значений была построена диаграмма (рисунок 2.11).

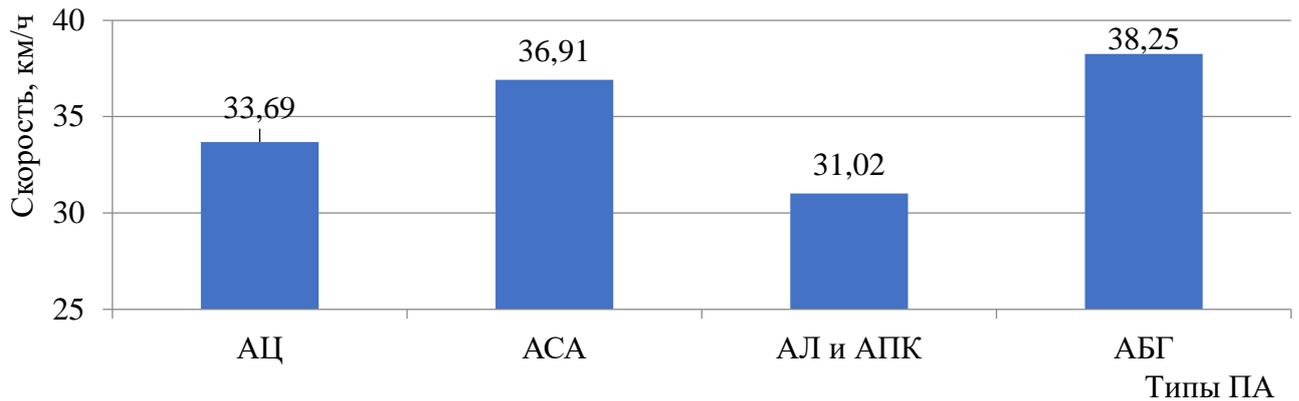


Рисунок 2.11 – Зависимость средней скорости следования к месту вызова от типа пожарно-спасательных автомобилей

Таблица 2.5 – Средние значения скорости по типам пожарно-спасательных автомобилей

Тип ПА	Число выездов	Среднее расстояние, км	Средняя скорость, км/ч	Среднее квадратичное отклонение, км/ч	Коэффициент вариации
АЦ	504	5,27	33,69	10,75	0,32
АСА	687	7,46	36,91	13,32	0,36
АЛ и АПК	134	4,57	31,02	9,33	0,27
АБГ	25	9,23	38,25	11,48	0,30
Всего	1350	6,40	35,13	12,36	0,35

Высокая скорость следования автомобилей газодымозащитной службы объясняется тем, что число данных автомобилей по сравнению с другими типами пожарно-спасательных автомобилей, представленными в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне города Москвы, незначительное, в связи с этим массив записанных данных составляет 25 выездов. Детальный анализ данных вызовов показал, что расстояние до мест вызовов было выше среднего, так как расстояние до места вызова оказывает значительное влияние на скорость следования ПА – средняя скорость следования АБГ составила 38,25 км/ч.

Зависимость скорости пожарно-спасательных подразделений от дня недели. Влияние дня недели на скорость транспортного потока не подвергается

сомнению, поскольку степень загруженности дорог в городах и особенно мегаполисах увеличивается в будни. В данном разделе было исследовано влияние дня недели на скорость пожарно-спасательных подразделений. Для этого весь массив собранных данных о выездах пожарно-спасательных подразделений был отсортирован в зависимости от дня недели, после чего получены средние значения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений для каждого дня недели (таблица 2.6). По полученным значениям была построена диаграмма, иллюстрирующая, что высокая загруженность дорог в будни оказывает негативное влияние на скорость следования пожарно-спасательных подразделений, невзирая на имеющееся преимущество движения в транспортном потоке за счет возможности отступать от ряда требований правил дорожного движения (рисунок 2.12).

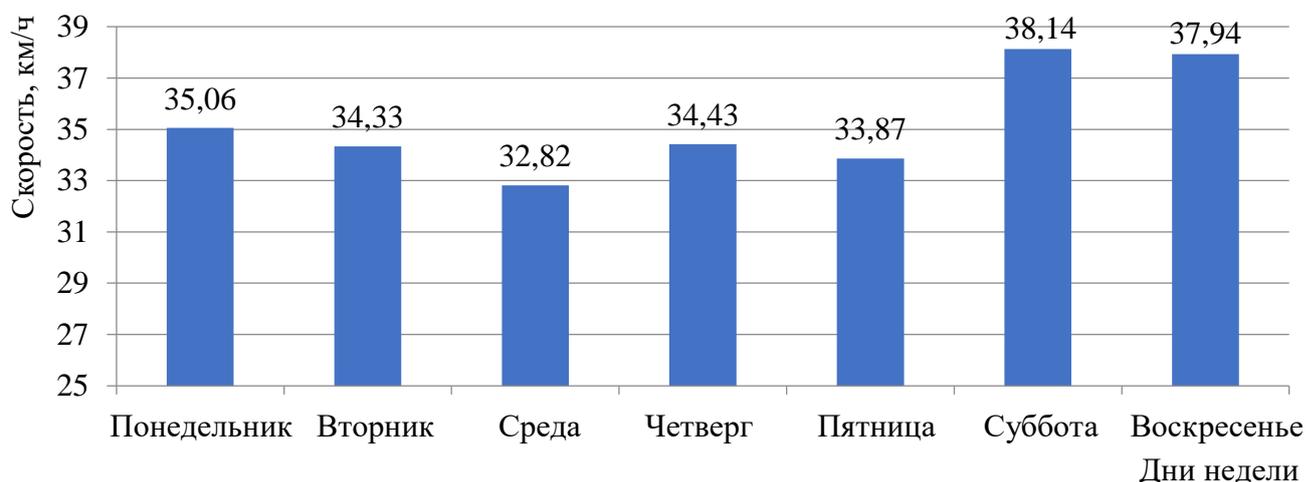


Рисунок 2.12 – Зависимость средней скорости следования пожарно-спасательных подразделений к месту вызова от дня недели

Таблица 2.6 – Средние значения скорости ПА по дням недели

День недели	Число выездов	Среднее расстояние, км	Средняя скорость, км/ч	Среднее квадратичное отклонение, км/ч	Коэффициент вариации
Понедельник	191	6,48	35,06	13,26	0,38
Вторник	206	6,53	34,33	12,34	0,36
Среда	211	6,22	32,82	11,67	0,36
Четверг	187	6,41	34,43	12,63	0,37
Пятница	207	5,90	33,87	11,70	0,35
Суббота	189	6,50	38,14	11,30	0,30
Воскресенье	158	6,79	37,94	12,29	0,32
Всего	1350	6,40	35,13	12,36	0,35

Было установлено, что скорость следования пожарно-спасательных подразделений выше в выходные дни. Можно сделать предположение, что это связано со снижением загруженности транспортной сети в выходные дни. Данное предположение будет проверено в дальнейшем исследовании: будет определена зависимость скорости транспортного потока от дня недели, а также будет установлено, насколько она отличается от скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений.

Зависимость скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений от времени суток. Зависимость скорости ОПСП от времени суток так же, как и от дня недели, обусловлена степенью загруженности дорог. Например, в ночной период загруженность на дорогах снижается, и у реагирующих служб появляется возможность следовать к месту вызова с большей скоростью. Для определения средней скорости следования по часам суток были определены средние значения скорости следования ОПСП для каждого часа (таблице 2.7, рисунок 2.13).

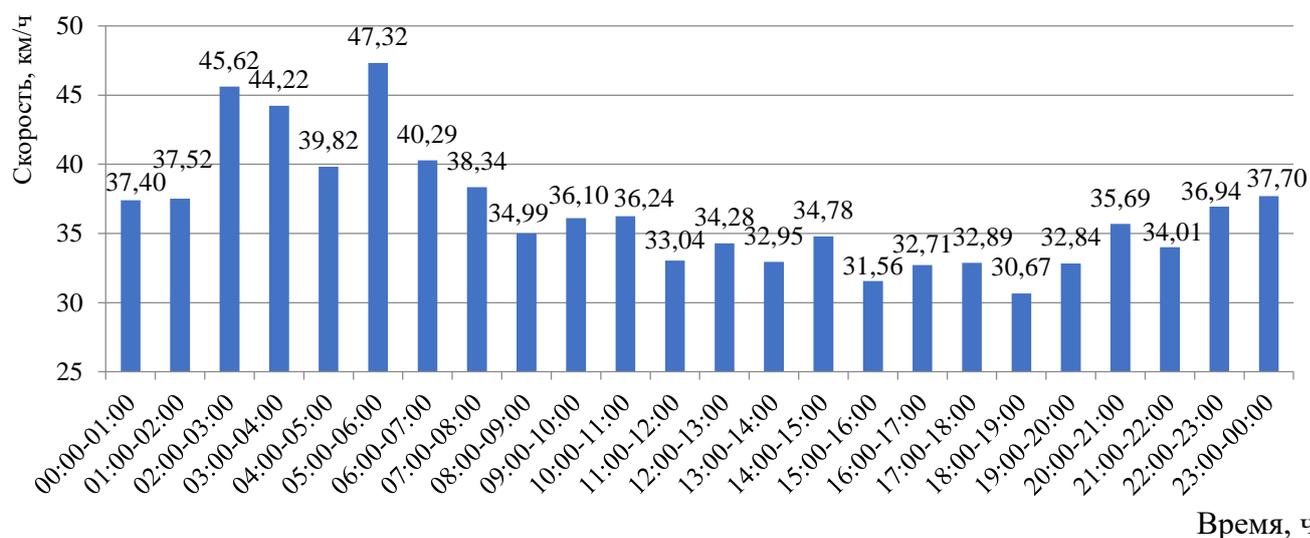


Рисунок 2.13– Зависимость средней скорости следования пожарно-спасательных подразделений к месту вызова от времени суток

Таблица 2.7 – Средние значения скорости ПА по времени суток

Время суток	Число выездов	Среднее расстояние, км	Средняя скорость, км/ч	Среднее квадратичное отклонение, км/ч	Коэффициент вариации
00:00–01:00	55	5,69	37,40	12,50	0,33
01:00–02:00	39	5,67	37,52	10,65	0,28
02:00–03:00	38	7,13	45,62	15,28	0,34
03:00–04:00	27	6,82	44,22	14,09	0,32
04:00–05:00	22	7,68	39,82	9,16	0,23

Окончание таблицы 2.7

05:00–06:00	20	7,39	47,32	9,57	0,20
06:00–07:00	19	7,67	40,29	14,41	0,36
07:00–08:00	22	6,71	38,34	12,49	0,33
08:00–09:00	24	7,02	34,99	14,49	0,41
09:00–10:00	45	6,56	36,10	12,92	0,36
10:00–11:00	63	7,53	36,24	11,44	0,32
11:00–12:00	55	6,11	33,04	8,44	0,26
12:00–13:00	56	6,90	34,28	12,65	0,37
13:00–14:00	78	6,01	32,95	10,46	0,32
14:00–15:00	68	7,74	34,78	11,84	0,34
15:00–16:00	88	6,42	31,56	11,47	0,36
16:00–17:00	81	6,10	32,71	11,89	0,36
17:00–18:00	111	6,31	32,89	11,76	0,36
18:00–19:00	91	5,54	30,67	11,91	0,39
19:00–20:00	85	6,00	32,84	11,28	0,34
20:00–21:00	64	6,17	35,69	12,79	0,36
21:00–22:00	75	6,21	34,01	10,34	0,30
22:00–23:00	66	5,97	36,94	11,43	0,31
23:00–00:00	55	6,06	37,70	12,27	0,33
Всего	1350	6,40	35,13	12,36	0,35

Аналогично, как и для других факторов, оказывающих влияние на среднюю скорость следования ОПСП по времени суток, также будет проведен анализ скорости транспортного потока в сравнении со скоростью реагирующих подразделений.

2.6.3 Исследование скоростных показателей оперативных пожарно-спасательных подразделений в зависимости от изменения высот

Из всего массива данных в 313 записанных выездах в информации о геопозиции, помимо широты, долготы, даты и времени записи координат, содержалась информация о высоте над уровнем моря в данной точке. Благодаря наличию в записанном файле данных о высоте над уровнем моря появилась возможность получения информации об изменении высот во время следования ОПСП к месту вызова. Также был проведен анализ влияния изменения высоты над уровнем моря на скоростные характеристики ОПСП. Для обработки файлов,

содержащих данные об изменении высоты над уровнем моря во время следования ОПСП по экстренному вызову, была использована программа обработки и анализа данных GPSLog Labs.

В результате обработки треков, содержащих данные о изменении высоты при помощи программы GPSLog Labs, были получены следующие данные:

- набор высоты за весь маршрут следования, м;
- максимальная и минимальная высота на маршруте следования над уровнем моря, м.н.у.м);
- изменение высоты, разница высот в начальной и конечной точке, м;
- продолжительность подъемов и спусков, с, а также доля от общей продолжительности маршрута следования, %;
- протяженность подъемов и спусков, м, а также доля от общей протяженности маршрута следования, %;
- средняя скорость во время подъема и спуска, км/ч, а также доля от средней скорости на всем маршруте следования, %.

Средние значения по массиву данных содержащих информацию о изменении высот представлены в таблице 2.8.

Одной из задач исследования было определение зависимости изменения скоростных характеристик движения ОПСП к месту вызова в городских условиях от различных факторов, одним из которых является изменение высот на маршруте следования. Для поиска зависимостей массив данных содержащий информацию об изменении высот был отсортирован по всем полученным данным, приведенным выше. В результате проведенного исследования было установлено, что прямой зависимости скорости от количества и продолжительности подъемов и спусков нет, возможно, это объясняется рельефом местности в городе Москве, а именно редко встречающимися продолжительными подъемами и спусками. Для наглядности того, что зависимости скорости от изменения высот установлено не было, были построены графики зависимости скорости следования ОПСП от таких величин, как (рисунки 2.14–2.16):

- набор высоты,
- продолжительность подъема,
- продолжительность спуска.

Но, не смотря на то что прямой зависимости скорости следования пожарно-спасательных подразделений от изменения высот установлено не было, по средним показателям, приведенным в таблице 2.8, можно сказать, что средняя скорость во время подъемов выше средней скорости во время спусков, объяснить это можно тем, что водители из соображений безопасности предпочитают сбрасывать скорость во время продолжительных спусков.

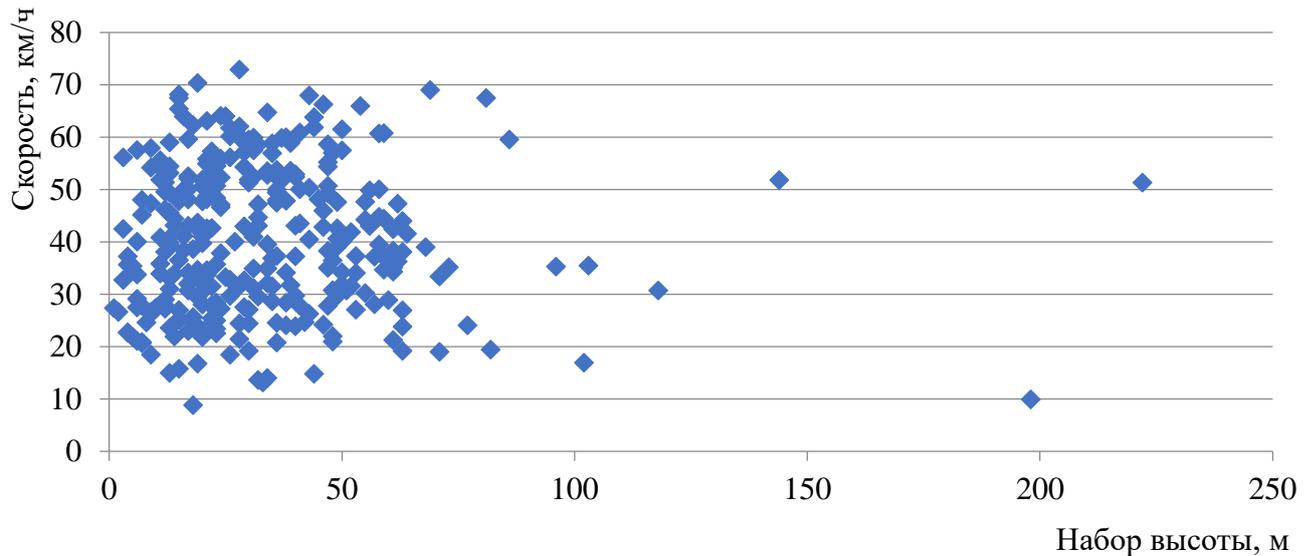


Рисунок 2.14 – Исследование средней скорости следования ОПСП
в зависимости от набора высоты

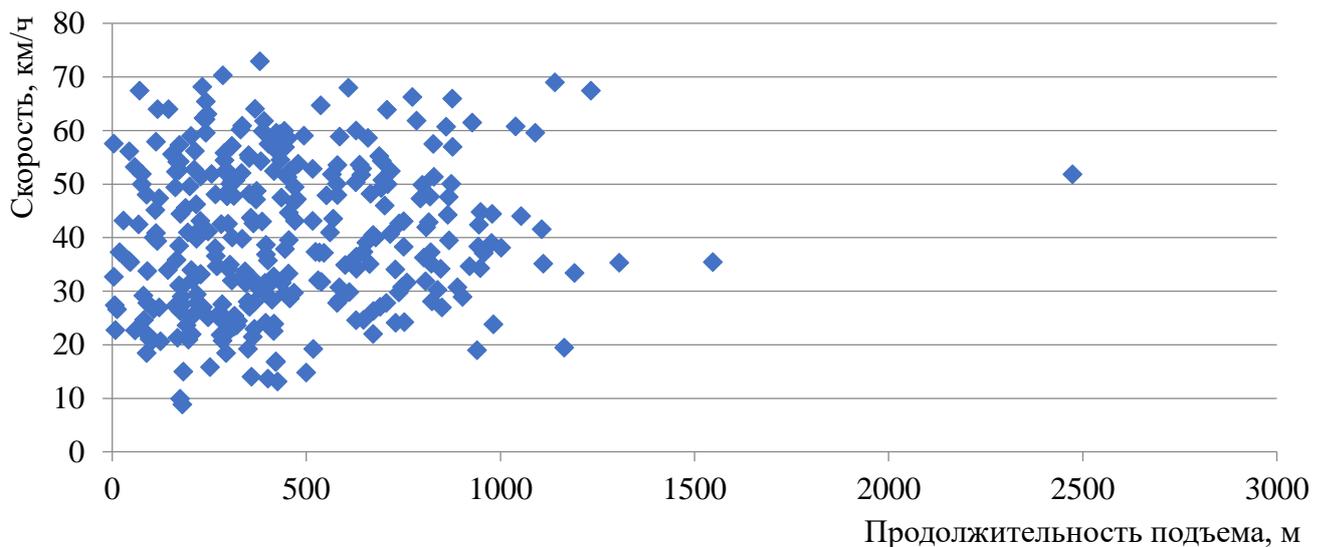


Рисунок 2.15 – Исследование средней скорости следования ОПСП
в зависимости от протяженности подъемов на маршруте следования

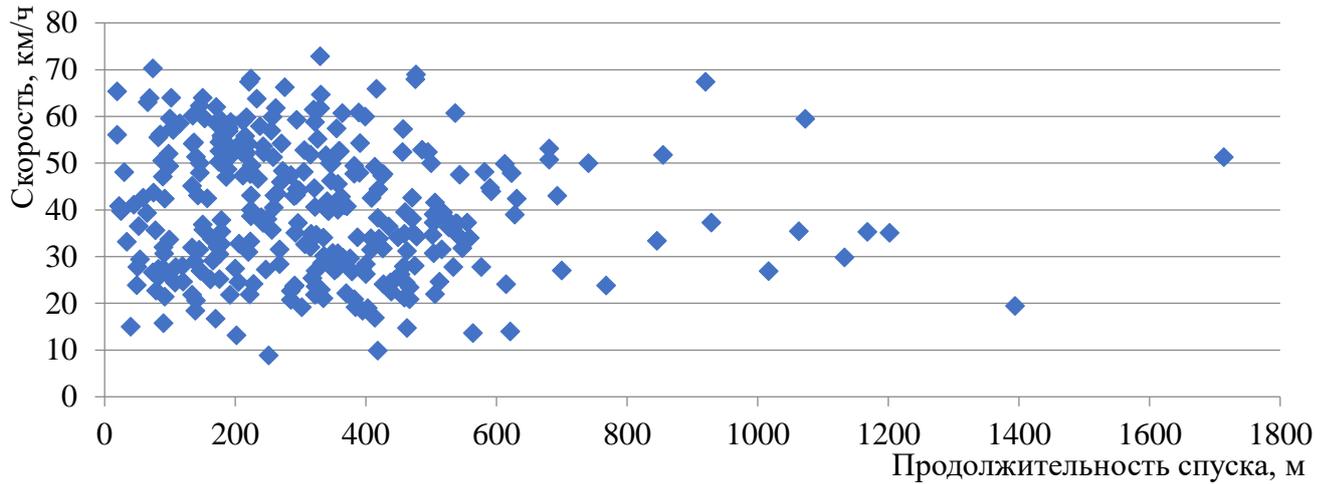


Рисунок 2.16 – Исследование средней скорости следования ОПСП
в зависимости от протяженности спусков на маршруте следования

Таблица 2.8 – Средние показатели скоростных характеристик ПА при изменении высоты

Набор высоты, м	33,18
Максимальная высота, м.н.у.м.	102,37
Минимальная высота, м.н.у.м.	81,01
Изменение высоты, м	7,80
Продолжительность подъема, с	44,00
Продолжительность подъема, доля от общего времени следования, %	7,09
Продолжительность спуска, с	36,00
Продолжительность спуска, доля от общего времени следования, %	5,89
Протяженность подъема, км	0,45
Протяженность подъема, доля от общего расстояния, %	6,72
Протяженность спуска, км	0,33
Протяженность спуска, доля от общего расстояния, %	5,16
Средняя скорость на подъем, км/ч	40,32
Средняя скорость на подъем, доля от средней скорости всего следования, %	93,11
Средняя скорость на спуск, км/ч	36,29
Средняя скорость на спуск, доля от средней скорости всего следования, %	85,23

2.7 Выводы по второй главе

Во второй главе при помощи комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами был проведен сбор геоинформационных данных о выездах оперативных пожарно-спасательных подразделений на экстренный вызовы, на территории пожарно-спасательного гарнизона города Москвы. В результате сбора и последующей отбраковки некорректных данных, был получен массив, составляющий 1 350 выездов.

Для обработки и частичного анализа полученных данных была разработана компьютерная программа «Программа обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений», при помощи которой проводилась как обработка записанных GPX-треков, так и определение скорости транспортного потока по *Google maps* на данном маршруте следования. В результате были определены данные, необходимые для анализа экстренного реагирования оперативных пожарно-спасательных подразделений, а также скорости транспортного потока во время экстренных выездов.

Целью сбора и анализа геоинформационных данных о выездах ОПСП была проверка гипотезы о зависимости скоростных характеристик пожарно-спасательных подразделений от различных внешних факторов:

- скорости следования от расстояния до места вызова;
- скорости следования от типа пожарного автомобиля;
- скорости следования от дня недели;
- скорости следования от времени суток;
- скорости следования от изменения высоты над уровнем моря (подъемы и спуски).

Полученные данные представлены в таблицах 2.9–2.11 [110].

Таблица 2.9 – Значения различных показателей, полученных в результате анализа геоинформационных данных

Тип пожарно-спасательных автомобилей	АЦ	АСА	АЛ и АПК	АБГ	Всего
Число выездов	504,00	687,00	134,00	25,00	1350,00
Общее расстояние, км.	2657,78	5118,14	611,90	230,66	8618,48
Максимальное расстояние, км	33,22	26,52	18,7	24,82	33,22

Окончание таблицы 2.9

Минимальное расстояние, км	0,70	0,92	1,18	2,42	0,70
Среднее расстояние, км	5,27	7,46	4,57	9,23	6,40
Максимальная скорость, км/ч	139,00	159,00	131,00	90,00	159,00
Средняя скорость, км/ч	33,67	36,91	31,02	38,25	35,13
Максимальное время, мин.	51,63	49,22	31,42	44,08	51,63
Минимальное время, мин.	2,58	1,30	2,42	5,55	1,30
Среднее время, мин	9,41	12,96	9,06	15,49	11,32
Максимальная остановка, мин	8,50	13,93	8,77	4,35	13,93
Средняя остановка, мин	0,75	1,36	0,63	0,57	1,05

Таблица 2.10 – Значения различных показателей, полученных в результате анализа изменений высот

Тип пожарно-спасательных автомобилей	АСА
Число выездов	313,00
Общее расстояние, км	2247,30
Общая протяженность подъемов, км	138,69
Общая протяженность спусков, км	98,88
Максимальный подъем, км	2,47
Максимальный спуск, км	1,71
Средний подъем, км	0,45
Средний спуск, км	0,32
Максимальная скорость, км/ч	40,47
Максимальная скорость ввремя подъема, км/ч	40,59
Максимальная скорость ввремя спусков, км/ч	36,38
Максимальное время, мин	42,20
Максимальное время подъема, мин	4,23
Максимальное время спуска, мин	2,50
Минимальное время, мин	1,30
Среднее время, мин	11,75
Средняя продолжительность подъема, мин	0,71
Средняя продолжительность спуска, мин	0,58
Максимальный набор высоты, м	222,00
Минимальный набор высоты, м	1,00
Средний набор высоты, м	32,83

Статистические модели. В результате проведенного анализа экстренного реагирования ОПСП был определен ряд зависимостей и получены статистические модели (таблица 2.11), описывающие зависимость скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений от различных факторов. Наиболее устойчивой является зависимость скоростных характеристик ОПСП от расстояния до места вызова. Подтвердилась гипотеза о том, что чем больше расстояние, тем выше скорость следования ОПСП, это можно объяснить тем, что

во время преодоления больших расстояний у водителя появляется возможность набрать более высокую скорость. Также была установлена зависимость скорости следования ОПСП по экстренному вызову от дня недели и времени суток. Установлено, что в выходные скорость реагирующих подразделений выше, чем в будни, а также то, что скорость реагирующих подразделений значительно выше в ночные часы, нежели в часы пик с проблемным трафиком движения.

Таблица 2.11 – Статистические модели зависимости скорости следования от расстояния для различных типов пожарно-спасательных автомобилей

Тип ПА	Число выездов	Зависимость скорости ПА от расстояния до места вызова	Коэффициент корреляции
АЦ	504	$V_{ПА} = -0,1763 \cdot S^2 + 5,0728 \cdot S + 10,876$	0,891
АСА	687	$V_{ПА} = -0,0456 \cdot S^2 + 1,8462 \cdot S + 25,404$	0,607
АЛ и АПК	134	$V_{ПА} = 21,913 \cdot S^{0,283}$	0,846
АБГ	25	$V_{ПА} = 25,034 \cdot S^{0,2695}$	0,623
Всего	1350	$V_{ПА} = -0,1181 \cdot S^2 + 3,4948 \cdot S + 17,76$	0,901

Следующей задачей проводимого исследования является определение преимущества движения ОПСП в транспортном потоке, для этого необходимо провести сравнительный анализ скоростных характеристик ОПСП и транспортного потока в различных условиях, а также получить дифференцируемый коэффициент преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Его дифференциация, зависящая от степени влияния каждого конкретного фактора, будет проводиться за счет изменения коэффициентов влияния различных внешних факторов.

Глава 3 Определение и исследование преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке

Основной задачей исследования было установить преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Для этого был осуществлен сбор геоинформационных данных о выездах по экстренным вызовам оперативных пожарно-спасательных подразделений территориального пожарно-спасательного гарнизона города Москвы. Затем при помощи разработанной программы обработки и анализа ГЛОНАСС данных были обработаны и проанализированы полученные геоинформационные данные. Также при помощи разработанной программы и интегрированного в нее картографического сервиса Google maps была установлена скорость транспортного потока на маршруте следования ОПСП. Для определения преимущества пожарно-спасательных подразделений и получения дифференцируемого коэффициента преимущества движения в транспортном потоке был разработан метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока, позволяющий определить преимущество скоростных характеристик спецтехники. Суть данного метода заключается в определении скорости транспортного потока на маршруте, пройденном оперативным подразделением непосредственно во время экстренного вызова и сравнение ее со скоростью оперативного пожарно-спасательного подразделения.

3.1 Сравнительный анализ распределений времени следования до места вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока

В начале сравнительного анализа было проведено сравнение распределения времени следования до места вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока, для этого весь массив данных был отсортирован по количеству выездов на каждую минуту следования: как время следования пожарно-спасательных подразделений, так и время следования транспортного потока. В результате распределения выездов были построены диаграммы, представленные на рисунке 3.1. На представленной диаграмме видно, что пик распределения времени следования транспортного потока смещен вправо (в сторону увеличения времени следования) по отношению к пику диаграммы распределения времени следования оперативных пожарно-спасательных подразделений. Это говорит о том, что транспортному потоку для преодоления того же маршрута следования под влиянием тех же внешних факторов понадобилось времени больше нежели оперативным пожарно-спасательным подразделениям. После проведения анализа распределения времени следования транспортного потока было установлено, что оно подчиняется тем же законам распределения, что и распределение времени следования оперативных пожарно-спасательных подразделений, а именно распределению Эрланга различных порядков.

По данному распределению можно сделать вывод о том, что скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений выше чем скорость транспортного потока, а также то, что оперативные пожарно-спасательные подразделения имеют преимущество в транспортном потоке. Далее для определения коэффициента преимущества и коэффициентов влияния, которые войдут в мультипликативную модель определения скорости следования ОПСП, необходимо выяснить, на сколько велико преимущество и какие внешние факторы оказывают наибольшее влияние.

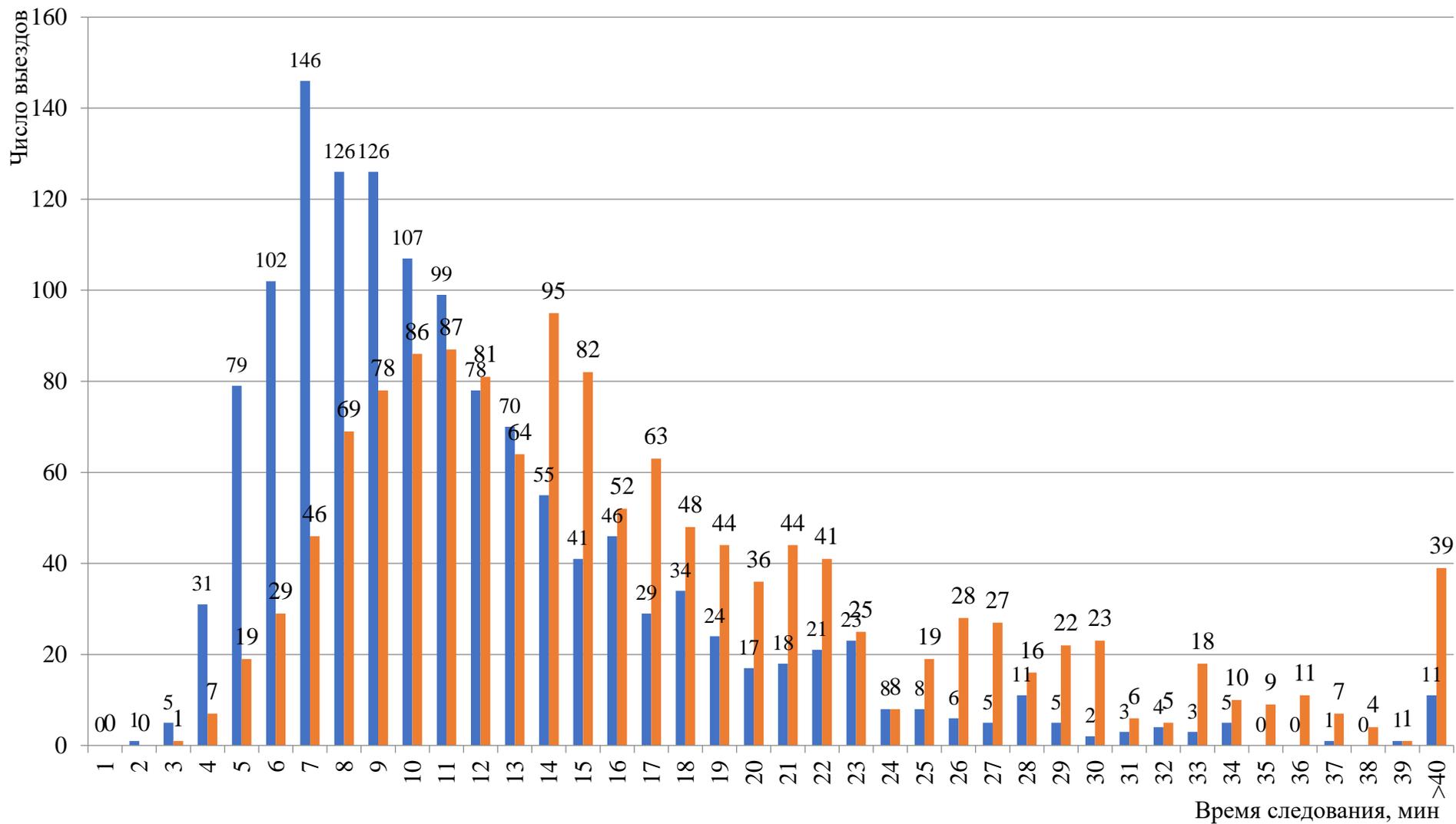


Рисунок 3.1 – Распределение числа выездов по времени следования для всего массива данных:

■ – время следования ПА; ■ – время следования ТП

3.2 Сравнительный анализ скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока

В разработанной программе обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений используются данные картографического сервиса *Google maps*, благодаря этому, помимо времени следования оперативных пожарно-спасательных подразделений к месту вызова, было также определено время следования транспортного потока в то же время и по тому же маршруту. Картографический сервис *Google maps* определяет диапазон времени следования по заданному маршруту, он выводит время по оптимистичному и пессимистичному прогнозу с учетом загруженности транспортной сети, также из данного сервиса можно получить время преодоления маршрута без учета загруженности транспортной сети. Разработанная программа после обработки загруженных треков выводит по каждому маршруту следования четыре времени следования: время следования пожарно-спасательных подразделений, оптимистичный прогноз времени следования транспортного потока, пессимистичный прогноз времени следования транспортного потока, а также прогноз времени следования транспортного потока без учета пробок. Благодаря этому появилась возможность сравнения скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в одинаковых условиях. Зная расстояние до места вызова и время, необходимое транспортному потоку для преодоления этого расстояния, была получена его скорость для каждого экстренного выезда с учетом различных прогнозов (пессимистичный, оптимистичный, без пробок). Результаты анализа по всему массиву данных показали, что средняя скорость транспортного потока составляет 23,13 км/ч, в то время как средняя скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений составила 35,13 км/ч, что на 52 % выше скорости транспортного потока. Далее был проведен сравнительный анализ скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений и скорости следования транспортного потока в зависимости от различных внешних факторов для оценки

влияния различных факторов на скорость транспортного потока и сравнения с показателями оперативных пожарно-спасательных подразделений.

3.2.1 Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от расстояния до места вызова

Первым был проведен сравнительный анализ скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от расстояния до места, т. е. было определено преимущество реагирующих подразделений в транспортном потоке. Для проверки степени влияния расстояния на скорость транспортного потока была построена точечная диаграмма, в которой по оси абсцисс было отложено расстояние до места вызова, а по оси ординат отложена средняя скорость транспортного потока во время каждого экстренного выезда (рисунок 3.2). Также на данном графике отражена степенная аппроксимация исследуемых значений. В таблице 3.2 представлены скоростные показатели транспортного потока.

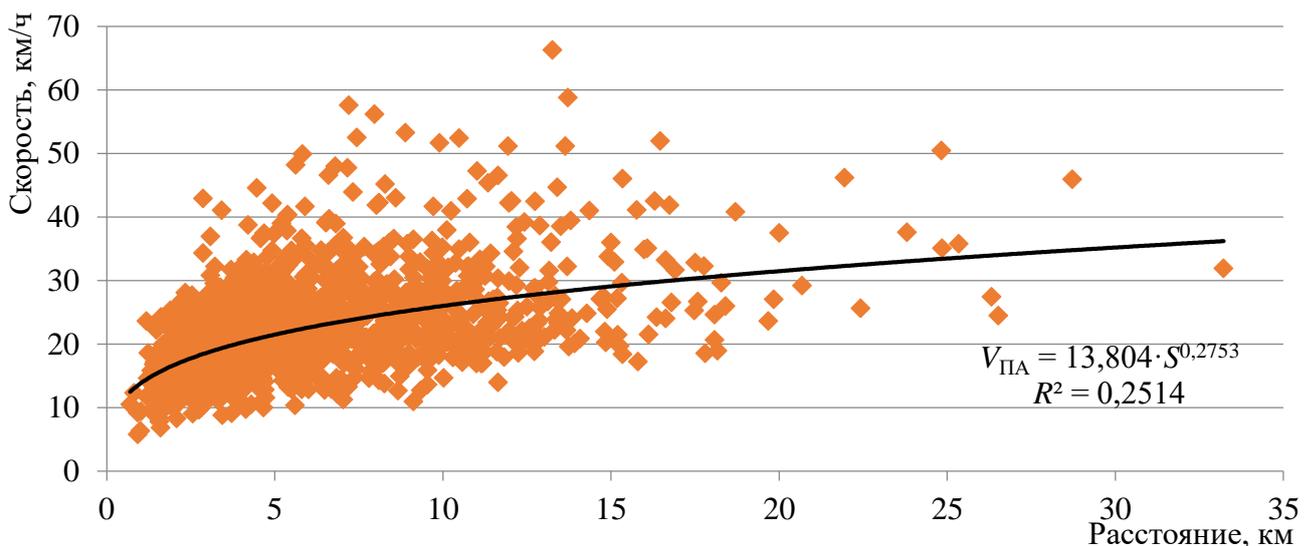


Рисунок 3.2 – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по всему массиву данных (степенная аппроксимация)

Таблица 3.1 – Данные о средних скоростных показателях транспортного потока

Скорость транспортного потока	
Минимум	5,81
Максимум	66,30
Размах вариации	60,49
Среднее значение	23,13
Среднеквадратичное отклонение	7,60
Коэффициент вариации	0,33

Изучив полученное распределение, можно сделать вывод о том, что расстояние до места вызова оказывает значительное влияние на скорость следования транспортного потока так же, как и на скорость следования оперативных пожарно-спасательных подразделений.

Для сравнения скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока на рисунке 3.3 изображены степенные аппроксимации их скорости следования по всему массиву данных. На рисунке видно, что скорость транспортного потока, как и скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений, зависит от расстояния (увеличивается), а также заметно, что скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений выше скорости транспортного потока на всех исследуемых расстояниях до места вызова. Графики зависимости скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений и скорости транспортного потока от расстояния до места вызова, а также их сравнение для каждого типа ПА представлены в приложении А данной исследовательской работы.

Для сравнения статистических моделей скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от расстояния до места вызова была произведена сортировка данных скорости транспортного потока по каждому километру расстояния до места вызова, а также были получены средние значения. На основе полученных средних значений была построена диаграмма, отображающая зависимость скорости транспортного потока от расстояния до места вызова (рисунок 3.4). Данное распределение наиболее точно описывается логарифмической функцией аппроксимации данных, которая является статистической моделью зависимости скорости транспортного потока от расстояния до места вызова. На графике также

отражено среднеквадратическое отклонение от среднего значения, оно изображено пунктирной линией.

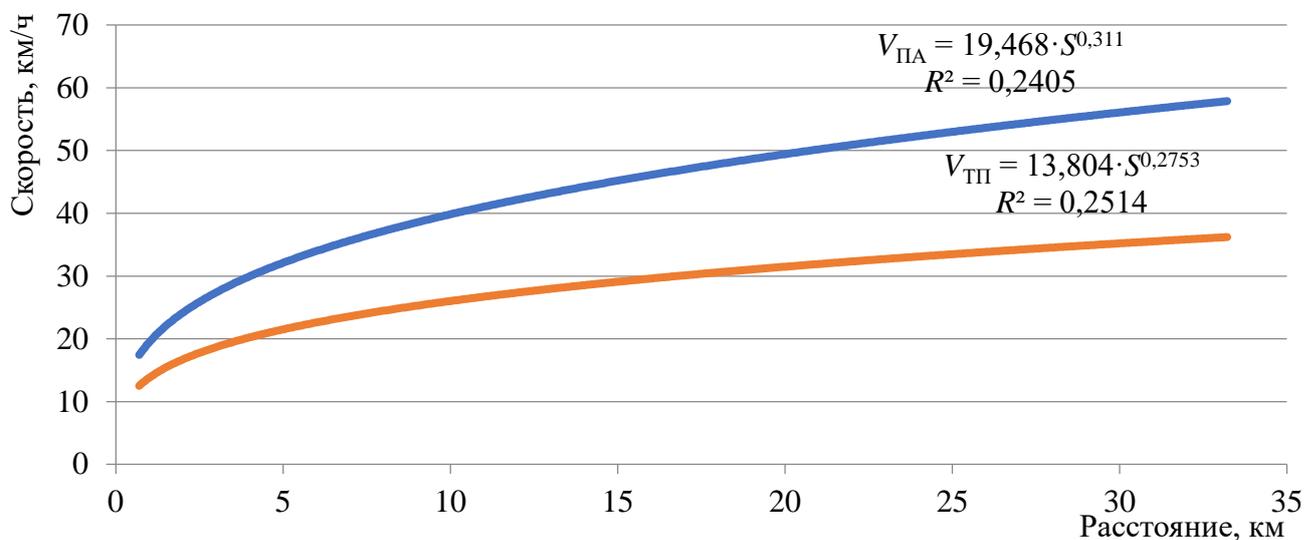


Рисунок 3.3 – Сравнение кривых аппроксимации данных о средней скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

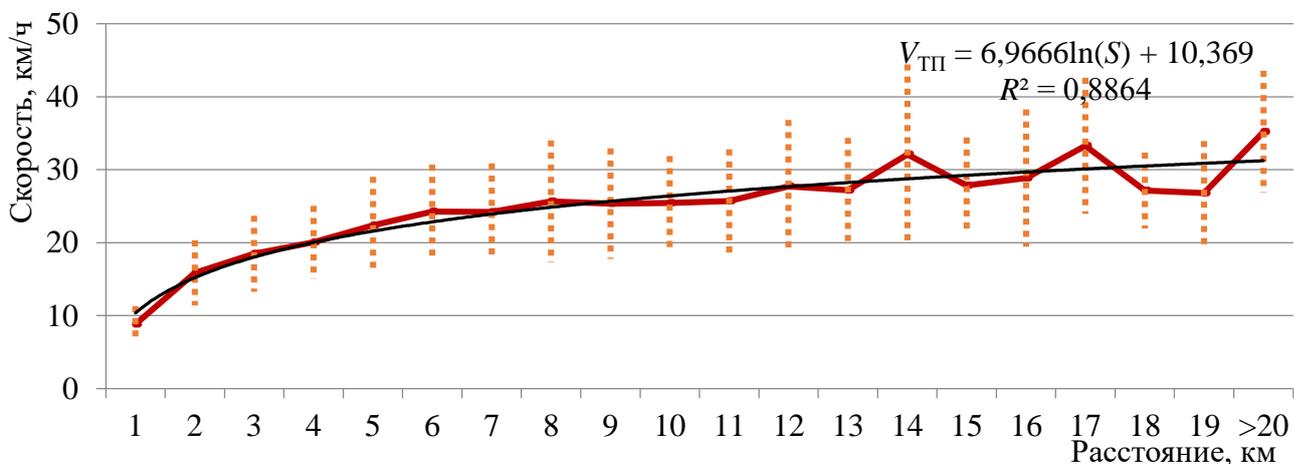


Рисунок 3.4 – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

Для наглядного изображения различия скоростных показателей пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока на рисунке 3.5 изображены кривые линии аппроксимации величин скорости в зависимости от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр расстояния. Данные, на основе которых построены графики на рисунке 3.5, отображены в таблице 3.2, так же в данной таблице проведено сравнение средних скоростей оперативных

пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока для каждого километра расстояния до места вызова.

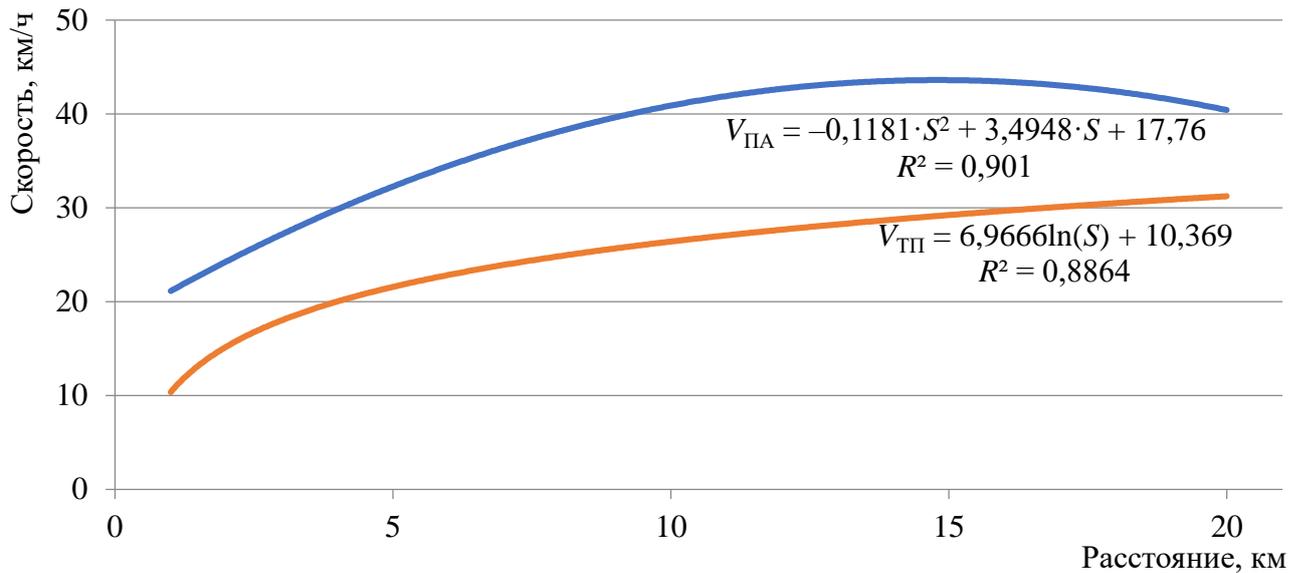


Рисунок 3.5 – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования ПА и скорости транспортного потока по средним значениям на каждый километр в зависимости от расстояния:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

Таблица 3.2 – Сравнение средних значений скорости ПА и скорости транспортного потока на каждый километр расстояния до места вызова

Расстояние, км	Число выездов	Скорость следования ПА, $V_{ПА}$, км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{ТП}$, км/ч	Разница между $V_{ПА}$ и $V_{ТП}$, %
1	5	20,61	8,83	133,41
2	62	21,60	15,85	36,28
3	148	25,75	18,48	39,34
4	211	31,19	20,05	55,56
5	160	33,88	22,39	51,32
6	171	36,37	24,26	49,92
7	142	37,88	24,20	56,53
8	89	39,33	25,66	53,27
9	82	40,52	25,34	59,91
10	77	41,63	25,45	63,58
11	59	41,47	25,70	61,36
12	35	44,34	27,71	60,01
13	31	41,25	27,19	51,71
14	23	43,73	32,09	36,27
15	10	39,62	27,86	42,21
16	10	37,45	28,86	29,76
17	10	46,25	33,26	39,06
18	5	41,30	27,13	52,23
19	6	42,71	26,78	59,48
>20	14	43,32	35,21	23,03
Всего	1350	35,13	23,13	52,00

Разработанная программа обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова оперативных пожарно-спасательных подразделений в результатах обработки и анализа геоинформационных данных, помимо времени следования ОПСП, выводит три значения времени следования транспортного потока, а именно: оптимистичный прогноз, пессимистичным прогноз и время следования транспортного потока без учета пробок. В связи с этим была получена скорость для всех условий движения, а также среднеарифметическая между пессимистичным и оптимистичным прогнозом, которая по существу и представляла среднюю скорость транспортного потока. Весь полученный массив данных был отсортирован по расстоянию до места вызова, затем были взяты средние показатели скоростей на каждый километр расстояния и построены графики зависимости скорости от расстояния до места вызова – полученные результаты представлены на рисунке 3.6, кривые аппроксимации исследуемых значений – на рисунке 3.7. По данным графикам видно, что средняя скорость следованиям оперативных пожарно-спасательных подразделений почти всегда выше скорости транспортного потока по оптимистичному прогнозу и очень близка к скорости транспортного потока без учета загруженности транспортной сети (т. е. максимально разрешённой на маршруте следования).

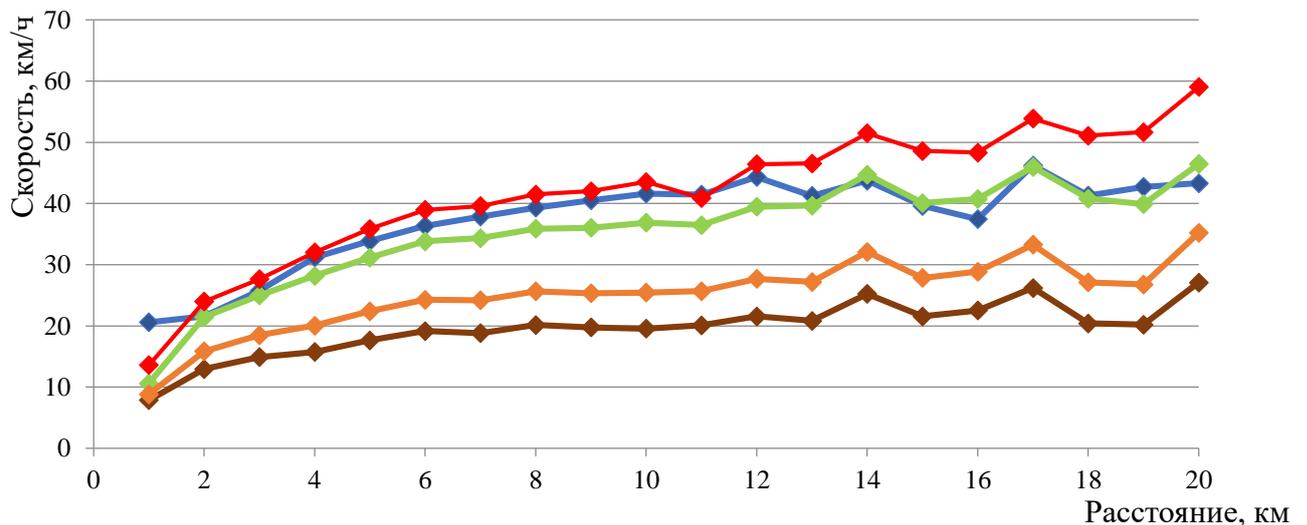


Рисунок 3.6 – Зависимость средней скорости следования от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр:

- скорость следования ТП, км/ч (без пробок, с максимально разрешённой скоростью);
- скорость следования ПА, км/ч; ■ скорость следования ТП, км/ч (средняя);
- скорость следования ТП, км/ч (оптимистичный прогноз);
- скорость следования ТП, км/ч (пессимистичный прогноз)

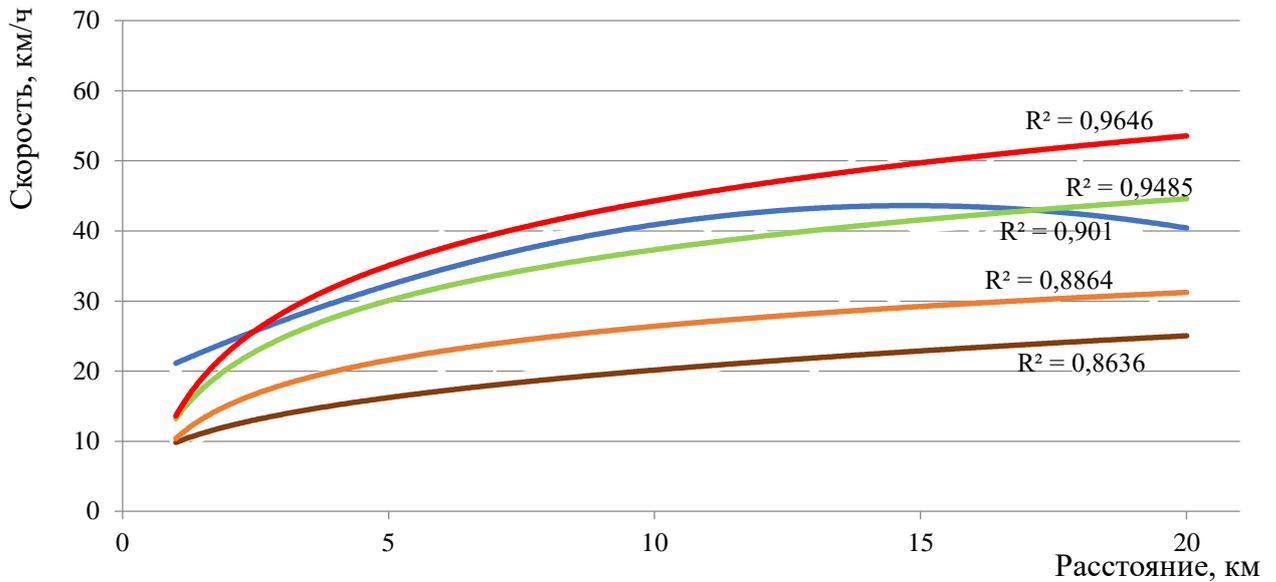


Рисунок 3.7 – Зависимость средней скорости следования от расстояния до места вызова (кривые аппроксимации):

- скорость следования ТП, км/ч (без пробок, с максимально разрешённой скоростью);
- скорость следования ПА, км/ч; ■ скорость следования ТП, км/ч (пессимистичный прогноз);
- скорость следования ТП, км/ч; ■ скорость следования ТП, км/ч (оптимистичный прогноз)

Проведенное исследование влияния расстояния до места вызова на скорость транспортного потока показало, что у транспортного потока так же, как и у оперативных пожарно-спасательных подразделений, с увеличением расстояния увеличивается средняя скорость следования. Как уже было установлено при одинаковых условиях скорость реагирующих подразделений в среднем на 52 % выше скорости транспортного потока, что является искомым преимуществом оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Из этих данных получен средний коэффициент преимущества $K_{СРПР} = \text{const} = 1,52$.

3.2.2 Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от типа пожарно-спасательного автомобиля

Для проведения сравнения средней скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений и средней скорости транспортного потока

в зависимости от типов пожарно-спасательных автомобилей была проведена сортировка данных по средней скорости транспортного потока в зависимости от типа ПА, следовавшего по экстренному вызову. После были получены средние показатели скорости следования транспортного потока и сравнены со средней скоростью пожарно-спасательных подразделений отобранных по тому же принципу (таблица 3.3). Результаты проведенного сравнения представлены на рисунке 3.8. Скорость транспортного потока не зависит от типа пожарно-спасательных автомобилей, однако по данному графику видно преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Также по графику видно, что для таких типов ПА, как АЦ и АСА, массив данных которых составляет 504 и 687 вызовов, соответственно, скорость транспортного потока практически не отличается, что говорит о захвате во время вызовов этих типов ПА всех встречающихся условий реагирования. В отличие от таких типов ПА, как АЛ, АПК и АБГ, массив данных которых составляет 134 и 25 вызовов, соответственно, скорости транспортного потока во время их выездов отличаются от скорости транспортного потока АЦ и АСА, особенно это заметно для АБГ. Как уже говорилось ранее, при детальном анализе параметров движения АБГ было установлено, что выезды, производимые данным типом ПА, имели большие расстояния до места вызова, в связи с чем и скорость транспортного потока была выше среднего, так как расстояние до места вызова оказывает значительное влияние на скорость следования. Большие расстояния выездов для ПА типа АБГ обусловлены тем, что необходимость применения данного автомобиля значительно ниже, чем у других типов ПА, и поэтому не все пожарные депо комплектуются ими. Самая большая разница в скорости следования 59 % между пожарно-спасательными подразделениями и транспортным потоком отмечается у ПА типа АСА. Это объясняется тем, что при создании данного типа ПА, как правило, используются менее габаритные шасси, а также эти шасси имеют более высокую удельную мощность, благодаря чему ПА данного типа обладают более высокой маневренностью и скоростью, что дает им больше преимущества в транспортном потоке [111].

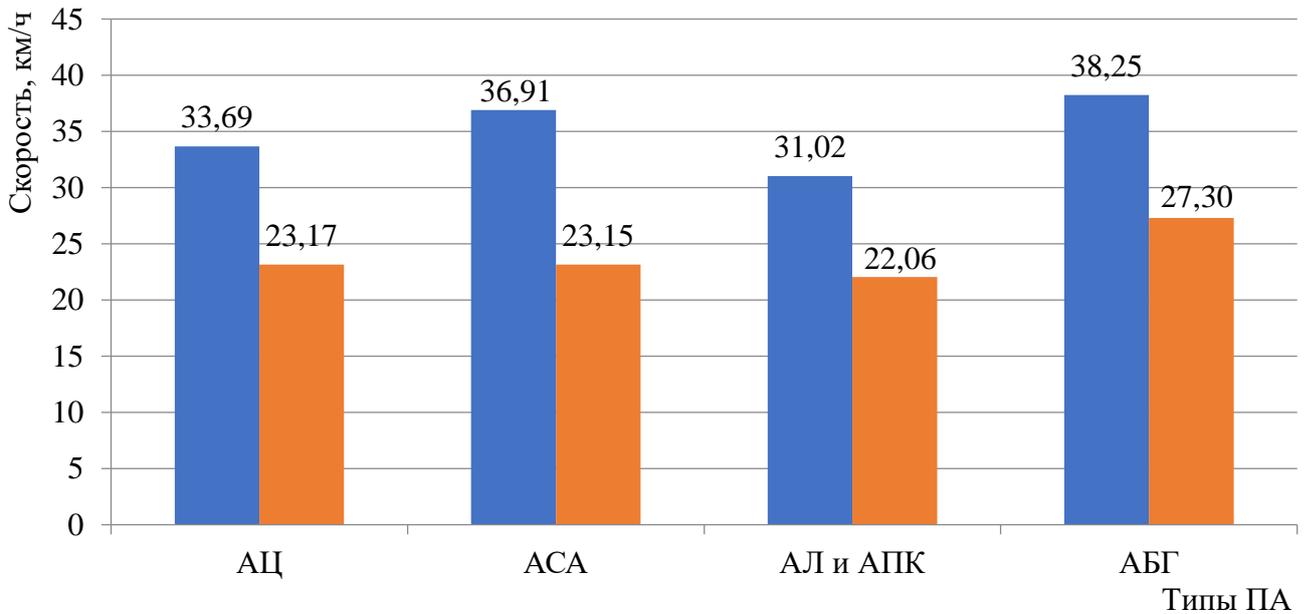


Рисунок 3.8 – Сравнение средних скоростей оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока по типам ПА:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

Таблица 3.3 – Сравнение средних значений скорости ПА и скорости транспортного потока в зависимости от типа пожарно-спасательного автомобиля

Тип ПА	Число выездов	Среднее расстояние, S км	Средняя скорость следования ПА, $V_{ПА}$ км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{ТП}$ км/ч	Разница между $V_{ПА}$ и $V_{ТП}$, %
АЦ	504	5,27	33,67	23,16	45,78
АСА	687	7,46	36,91	23,15	59,44
АЛ и АПК	134	4,57	31,02	22,06	40,62
АБГ	25	9,23	38,25	27,30	40,11
Всего	1350	6,4	35,13	23,13	52,00

3.2.3 Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от дня недели

Основной задачей проводимого исследования является определение преимущества ОПСП в транспортном потоке, исследование такого фактора, как день недели, остается очень важным, так как загруженность транспортной сети в различные дни недели значительно отличается. Связано это прежде всего с поездками работающих граждан на личном транспорте к месту работы и обратно.

Логично предположить, что скорость транспортного потока в выходные будет выше, чем в будни. Для установления зависимости средней скорости транспортного потока от дня недели и сравнения ее со средней скоростью оперативных пожарно-спасательных подразделений была проведена сортировка данных о скорости транспортного потока по дням недели. После чего были получены средние показатели скорости следования (таблица 3.4), результаты проведенного сравнения представлены на рисунке 3.9.

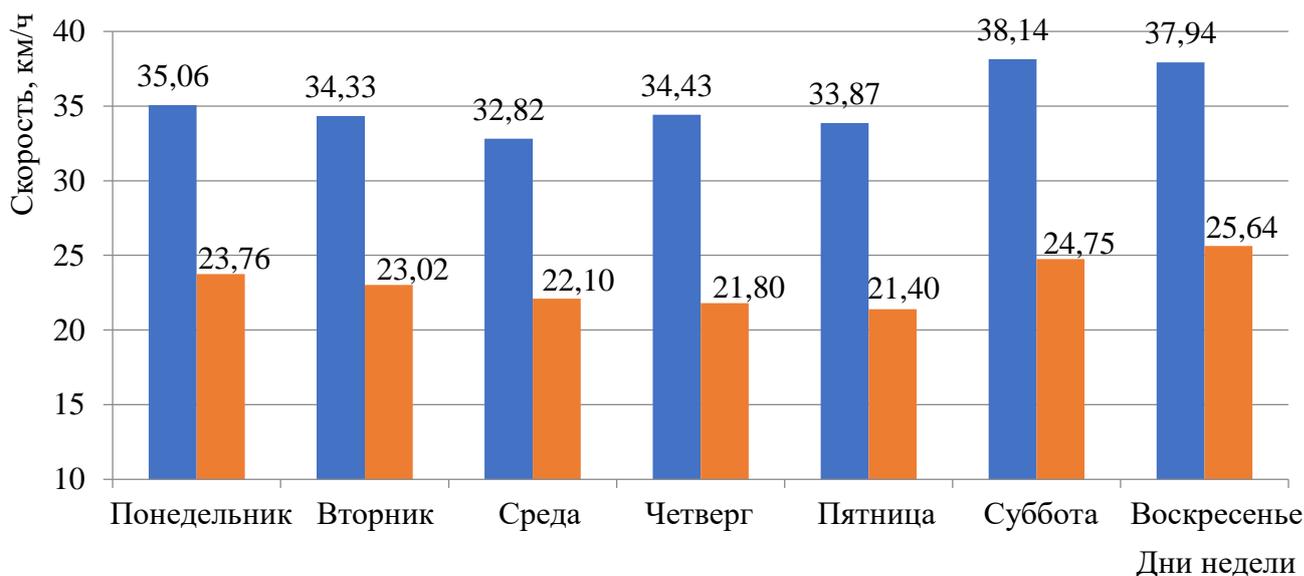


Рисунок 3.9 – Сравнение скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений и скорости транспортного потока по дням недели:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

Таблица 3.4 – Сравнение средних значений скорости ПА и скорости транспортного потока в зависимости от дня недели

День недели	Число выездов	Среднее расстояние, S км	Скорость следования ПА, $V_{ПА}$ км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{ТП}$ км/ч	Разница между $V_{ПА}$ и $V_{ТП}$, %
Понедельник	191	6,48	35,06	23,76	47,58
Вторник	206	6,53	34,33	23,02	49,10
Среда	211	6,22	32,82	22,10	48,47
Четверг	187	6,41	34,43	21,80	57,95
Пятница	207	5,90	33,87	21,40	58,24
Суббота	189	6,50	38,14	24,75	54,07
Воскресенье	158	6,79	37,94	25,64	47,97
Всего	1350	6,4	35,13	23,13	52,00

3.2.4 Сравнение параметров движения оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока в зависимости от времени суток

По времени суток так же, как и по дням недели, дороги загружены по-разному, что не может не сказываться на скорости как оперативных пожарно-спасательных подразделений, так и транспортного потока. Для установления зависимости средней скорости транспортного потока от времени суток и сравнения ее со средней скоростью ОПСП была проведена сортировка данных по скоростям транспортного потока в зависимости от часа суток. Далее были получены средние показатели скорости следования для каждого часа (таблица 3.5), результаты проведенного сравнения представлены на рисунке 3.10.

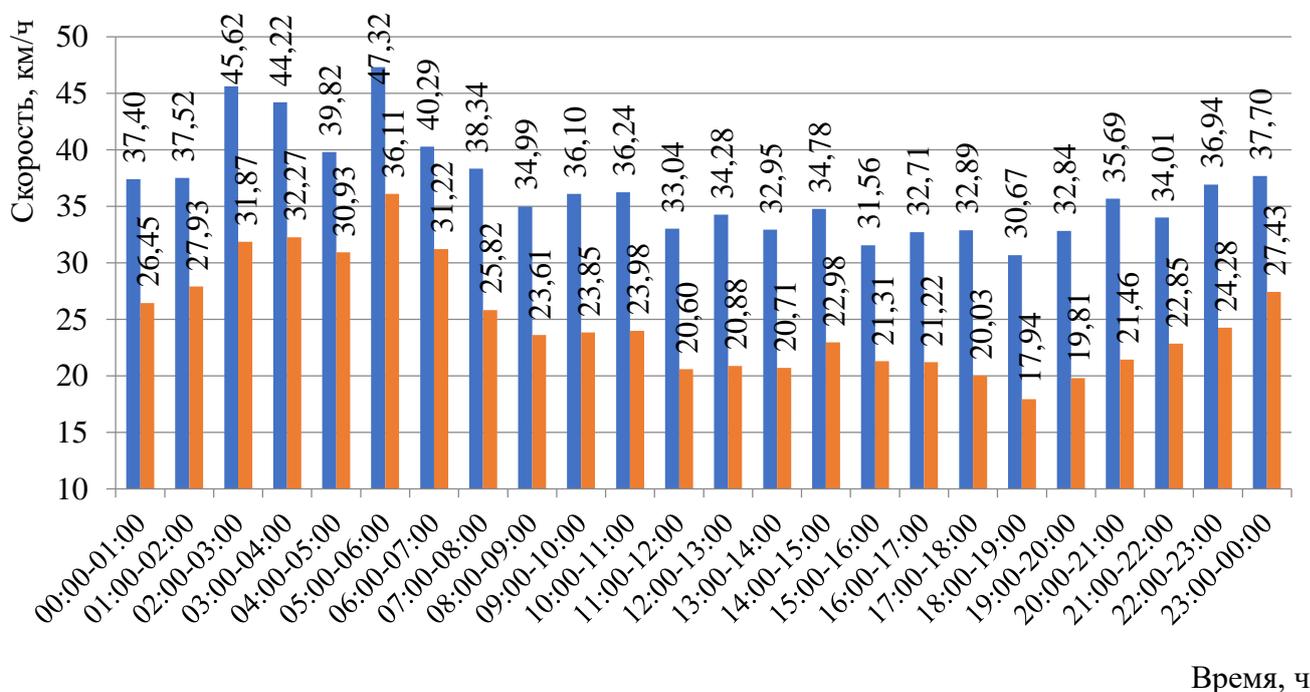


Рисунок 3.10 – Сравнение средней скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений и средней скорости транспортного потока по времени суток:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

Таблица 3.5 – Сравнение средних значений скорости ПА и скорости транспортного потока по времени суток

Время суток	Число выездов	Среднее расстояние, S км	Скорость следования ПА, $V_{ПА}$ км/ч	Средняя скорость транспортного потока, $V_{ТП}$ км/ч	Разница между $V_{ПА}$ и $V_{ТП}$, %
00:00–01:00	55	5,69	37,40	26,45	41,37
01:00–02:00	39	5,67	37,52	27,93	34,34
02:00–03:00	38	7,13	45,62	31,87	43,14
03:00–04:00	27	6,82	44,22	32,27	37,03
04:00–05:00	22	7,68	39,82	30,93	28,75
05:00–06:00	20	7,39	47,32	36,11	31,05
06:00–07:00	19	7,67	40,29	31,22	29,07
07:00–08:00	22	6,71	38,34	25,82	48,47
08:00–09:00	24	7,02	34,99	23,61	48,21
09:00–10:00	45	6,56	36,10	23,85	51,39
10:00–11:00	63	7,53	36,24	23,98	51,12
11:00–12:00	55	6,11	33,04	20,60	60,38
12:00–13:00	56	6,90	34,28	20,88	64,15
13:00–14:00	78	6,01	32,95	20,71	59,11
14:00–15:00	68	7,74	34,78	22,98	51,34
15:00–16:00	88	6,42	31,56	21,31	48,09
16:00–17:00	81	6,10	32,71	21,22	54,14
17:00–18:00	111	6,31	32,89	20,03	64,23
18:00–19:00	91	5,54	30,67	17,94	70,95
19:00–20:00	85	6,00	32,84	19,81	65,77
20:00–21:00	64	6,17	35,69	21,46	66,31
21:00–22:00	75	6,21	34,01	22,85	48,84
22:00–23:00	66	5,97	36,94	24,28	52,14
23:00–00:00	55	6,06	37,70	27,43	37,43
Всего	1350	6,4	35,13	23,13	52,00

3.3 Исследование влияния загруженности транспортной сети на преимущество движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке

Задачей данного раздела исследования стало проверка гипотезы о том, что с ростом загруженности транспортной сети растет преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Данное предположение появилось в связи с разрешением отступать от ряда правил

дорожного движения подразделениям экстренных служб, выполняющих неотложное служебное задание. Следовательно, не смотря на степень загруженность транспортной сети, экстренные службы будут продолжать двигаться, в связи с этим разница между средними скоростями ОПСП и транспортного потока будет увеличиваться, что и является преимуществом. Для определения данной зависимости было необходимо установить два параметра для каждого выезда по экстренному вызову:

– коэффициент преимущества $K_{пр}$, который является отношением скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений к скорости транспортного потока и коэффициента загруженности дорог;

– коэффициент загруженности дорог $K_{зд}$, который является отношением максимально разрешенной скорости транспортного потока (без учета пробок) к скорости транспортного потока с учетом пробок.

Для определения данных коэффициентов можно воспользоваться следующими формулами:

$$K_{пр} = \frac{V_{ПА}}{V_{ТП}}, \quad (10)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент преимуществ; $V_{ПА}$ – скорость пожарно-спасательного автомобиля, км/ч; $V_{ТП}$ – средняя скорость транспортного потока, км/ч.

$$K_{зд} = \frac{V_{БП}}{V_{ТП}}, \quad (11)$$

где $K_{зд}$ – коэффициент загруженности дорог; $V_{БП}$ – скорость транспортного потока без пробок, км/ч; $V_{ТП}$ – средняя скорость транспортного потока, км/ч.

Для определения зависимости коэффициента преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке от степени загруженности дорог был построен график, где по оси абсцисс было отложено значение коэффициента загруженности дороги для каждого вызова, а по оси ординат отложены значения коэффициента преимущества (рисунок 3.11). Для визуализации зависимости на графике также построена линия степенной аппроксимации исследуемых величин.

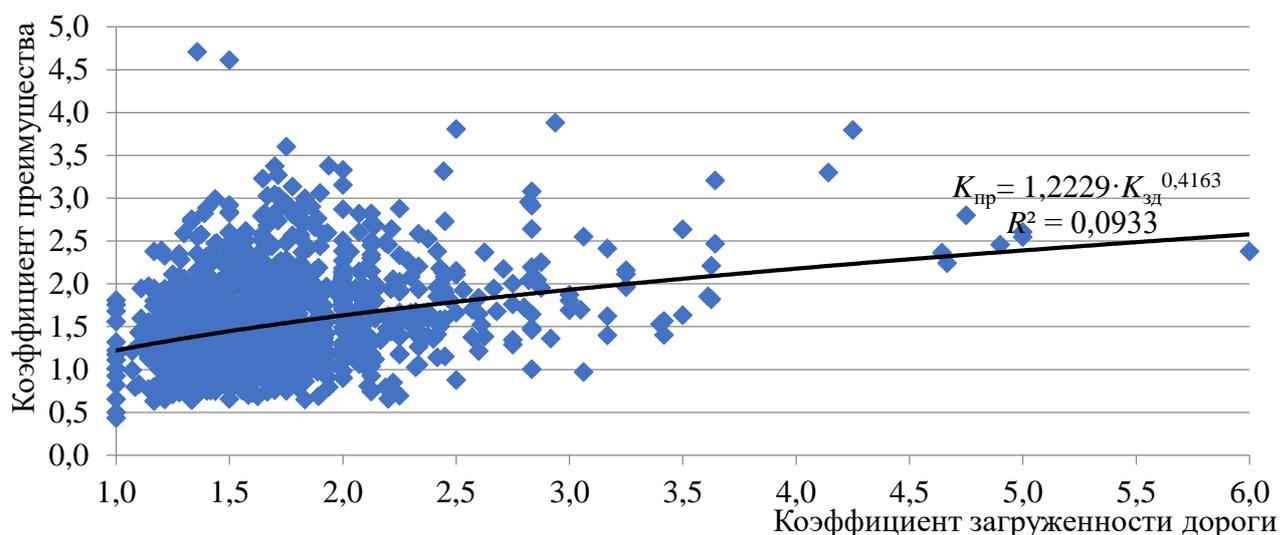


Рисунок 3.11 – Зависимость коэффициента преимущества от коэффициента загрузки дорог

Для получения статистической модели зависимости коэффициента преимущества от коэффициента загрузки дороги весь массив данных был отсортирован по двум десятым значения коэффициента загрузки дороги. Затем были определены средние значения коэффициента преимущества (таблица 3.6) и построен график с отображением экспоненциальной аппроксимации исследуемых величин, являющейся статистической моделью зависимости коэффициента преимущества от коэффициента загрузки дорог (рисунок 3.12).

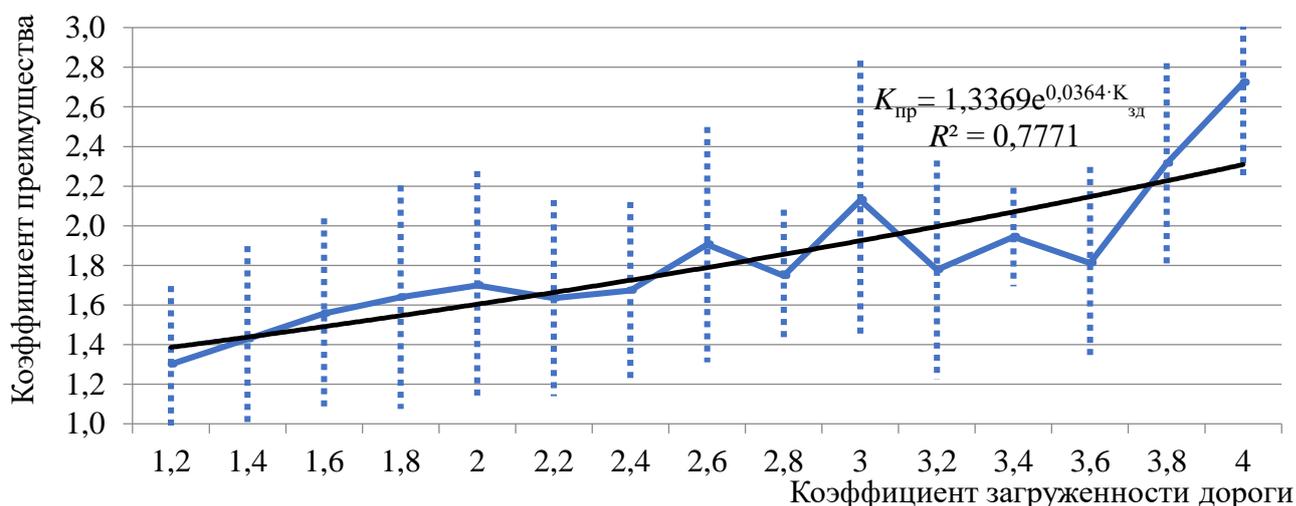


Рисунок 3.12 – Зависимость коэффициента преимущества от коэффициента загрузки дорог по средним значениям (среднеквадратичное отклонение исследуемой величины обозначено пунктиром)

Таблица 3.6 – Зависимость коэффициента преимущества от коэффициента загруженности дорог

Коэффициент загруженности дороги	Число выездов	Коэффициент преимущества	СКО	Коэффициент вариации
1–1,2	73	1,30	0,40	0,30
1,2–1,4	320	1,43	0,47	0,33
1,4–1,6	345	1,56	0,48	0,31
1,6–1,8	231	1,64	0,56	0,34
1,8–2	161	1,70	0,58	0,34
2–2,2	83	1,63	0,49	0,30
2,2–2,4	48	1,67	0,45	0,27
2,4–2,6	30	1,90	0,59	0,31
2,6–2,8	14	1,75	0,33	0,19
2,8–3	18	2,13	0,70	0,33
3–3,2	6	1,78	0,55	0,31
3,2–3,4	3	1,94	0,25	0,13
3,4–3,6	4	1,81	0,49	0,27
3,6–3,8	5	2,31	0,51	0,22
4>	9	2,72	0,48	0,18

Построенные графики наглядно отображают высокую зависимость преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений от степени загруженности транспортной сети.

3.4 Мультипликативная модель определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений с учетом влияния внешних факторов

Одной из задач является разработка мультипликативной модели определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений. Как для стратегического, так и для оперативного управления определение скорости следования необходимо для прогнозирования времени реагирования в различных условиях. Для определения времени следования используется формула

$$T = \frac{S}{V_{ПА}}, \quad (12)$$

где T – время следования, S – расстояние до места вызова, $V_{ПА}$ – скорость ПА.

Расстояние до места вызова определяется при помощи карт картографического сервиса, навигатора и др., далее для точного прогноза времени

следования необходимо определить скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений, учитывая все внешние факторы. Для этого была разработана мультипликативная модель определения скорости следования оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке.

Мультипликативная модель – это модель, в которую входит ряд параметров в виде произведений, в данном случае: произведение скорости транспортного потока, среднего коэффициента преимущества и коэффициентов влияния внешних факторов:

$$V_{ПА} = V_{ТП} K_{СРПР} K_{ВЛ}, \quad (13)$$

где $V_{ПА}$ – скорость следования пожарно-спасательного автомобиля по экстренному выезду, км/ч; $V_{ТП}$ – скорость транспортного потока, км/ч, $K_{СРПР}$ – средний коэффициент преимущества; $K_{ВЛ}$ – коэффициент влияния внешних факторов.

Скорость транспортного потока быстро и достаточно точно можно получить из картографических сервисов. Далее для учета в мультипликативной модели преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке при помощи метода ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока необходимо определить средний коэффициент преимущества. Он должен быть дифференцирован в зависимости от степени влияния внешних факторов таких, как: расстояние до места вызова, тип ПА, день недели и время суток; для этого также необходимо определить коэффициенты влияния.

3.5 Исследование коэффициентов преимущества и определение коэффициента влияния различных факторов

Проведенный сравнительный анализ показал, что скорость пожарно-спасательных подразделений выше скорости транспортного потока в среднем на 52 %. Поэтому преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке можно выразить через средний коэффициент преимущества:

$$K_{\text{СРПР}} = \frac{V_{\text{СРПА}}}{V_{\text{СРТП}}}, \quad (14)$$

где $K_{\text{СРПР}}$ – значение среднего коэффициента преимущества составляет 1,52; $V_{\text{СРПА}}$ – средняя скорость пожарно-спасательного автомобиля, км/ч; $V_{\text{СРТП}}$ – средняя скорость транспортного потока, км/ч.

Данный коэффициент был взят за отправную точку, как среднее значение преимущества по всему массиву данных. Для его дифференциации в зависимости от воздействия внешних факторов необходимо ввести поправочный коэффициент влияния внешних факторов, который представляет собой произведение коэффициентов влияния каждого внешнего фактора. В зависимости от степени влияния учитываемого воздействия внешней среды коэффициент влияния внешнего фактора будет меняться. Если внешний фактор оказывает положительный эффект на преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений, то коэффициент его влияния будет иметь значение выше единицы, если же фактор оказывает отрицательный эффект, то коэффициент его влияния будет меньше единицы. Так как полученные коэффициенты влияния в итоге будут умножаться на средний коэффициент преимущества, в зависимости от того, оказывает произведение внешних факторов влияние (положительное или отрицательное) на скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений, будет достигнут следующий эффект: средний коэффициент влияния будет либо усиливаться, либо ослабляться. Значение коэффициента влияния можно рассчитать по формуле

$$K_{\text{ВЛ}} = K_{\text{р}} K_{\text{ПА}} K_{\text{М}} K_{\text{ДН}} K_{\text{ВС}}, \quad (15)$$

где $K_{\text{р}}$ – коэффициент влияния расстояния до места вызова; $K_{\text{ПА}}$ – коэффициент влияния типа пожарно-спасательного автомобиля; $K_{\text{М}}$ – коэффициент влияния месяца; $K_{\text{ДН}}$ – коэффициент влияния дня недели; $K_{\text{ВС}}$ – коэффициент влияния времени суток.

Поскольку сбор данных осуществлялся в течение полугода, по полученному массиву данных нет возможности получения информации по коэффициенту влияния месяца $K_{\text{М}}$, в связи с этим в работе он не исследовался.

Цель дальнейшего исследования – определить степень влияния внешних факторов и выразить это в коэффициентах влияния каждого исследуемого внешнего фактора. Для того чтобы коэффициенты влияния усиливали или ослабляли средний коэффициент преимущества в зависимости от оказываемого эффекта, было решено получать их по одному алгоритму для каждого внешнего фактора:

1. Для каждого выезда был получен коэффициент преимущества пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке, для этого средняя скорость подразделения была разделена на среднюю скорость транспортного потока во время данного выезда.

2. Полученные коэффициенты сортировались в зависимости от исследуемого фактора влияния:

– для фактора влияния расстояния сортировка производилась по каждому километру расстояния, и для каждого определялось среднее значение коэффициента преимущества;

– для фактора влияния типа пожарно-спасательного автомобиля коэффициенты преимущества сортировались по каждому типу пожарно-спасательного автомобиля, и для каждого определялось среднее значение коэффициента преимущества;

– для факторов влияния дня недели и времени суток аналогично была произведена сортировка данных, потом было получено среднего значения коэффициента для каждого дня недели и часа.

3. Далее было необходимо получить коэффициенты влияния каждого внешнего фактора. Для выполнения следующего условия: факторы, оказывающие положительный эффект на преимущество, должны иметь значение больше единицы, а факторы, оказывающие отрицательный эффект, должны быть меньше единицы, коэффициент влияния получался следующим образом:

– было получено среднеарифметическое средних значений коэффициента преимущества для каждого фактора: километра, типа пожарно-спасательного автомобиля, дня недели и времени суток;

– коэффициент влияния для каждого километра, типа ПА, дня недели и часа суток является отношением среднего значения коэффициента преимущества и среднеарифметическим коэффициентов преимущества для каждого внешнего фактора.

Таким образом, были получены коэффициенты преимущества и коэффициенты влияния для каждого исследуемого фактора, оказывающего влияние на скоростные характеристики оперативных пожарно-спасательных подразделений.

3.5.1 Исследование коэффициента преимущества в зависимости от расстояния до места вызова. Определение коэффициента влияния

Для определения коэффициента влияния расстояния на преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений для каждого километра дистанции выезда было проведено исследование коэффициента преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке в зависимости от расстояния до места вызова. На рисунке 3.13 видно, что коэффициент преимущества на дистанции один километр имеет очень высокое значение – 2,59 это говорит о том, что на данной дистанции скорость пожарно-спасательных подразделений выше скорости транспортного потока в 2,59 раз, что можно объяснить, во-первых, небольшим массивом данных на данной дистанции – он составляет всего 5 выездов, во-вторых, картографический сервис дает запас времени на начало движения, но на такой небольшой дистанции этот запас времени существенно отразился на полученном результате. Влияние расстояния до места вызова на скорость следования достаточно велико, с ростом дистанции выезда растет и скорость следования, но расстояние влияет как на скорость оперативных пожарно-спасательных подразделений, так и на скорость транспортного потока, в связи с этим устойчивого роста преимущества с увеличением расстояния не происходит, однако влияние расстояния необходимо учитывать. В таблице 3.7 представлены данные об изменении коэффициента преимущества от расстояния, а также полученные коэффициенты влияния

расстояния. На рисунке 3.13 изображен график изменения коэффициента преимущества от расстояния до места вызова. В данном разделе не был исследован коэффициент загруженности дорог, поскольку он не зависит от расстояния до места вызова.

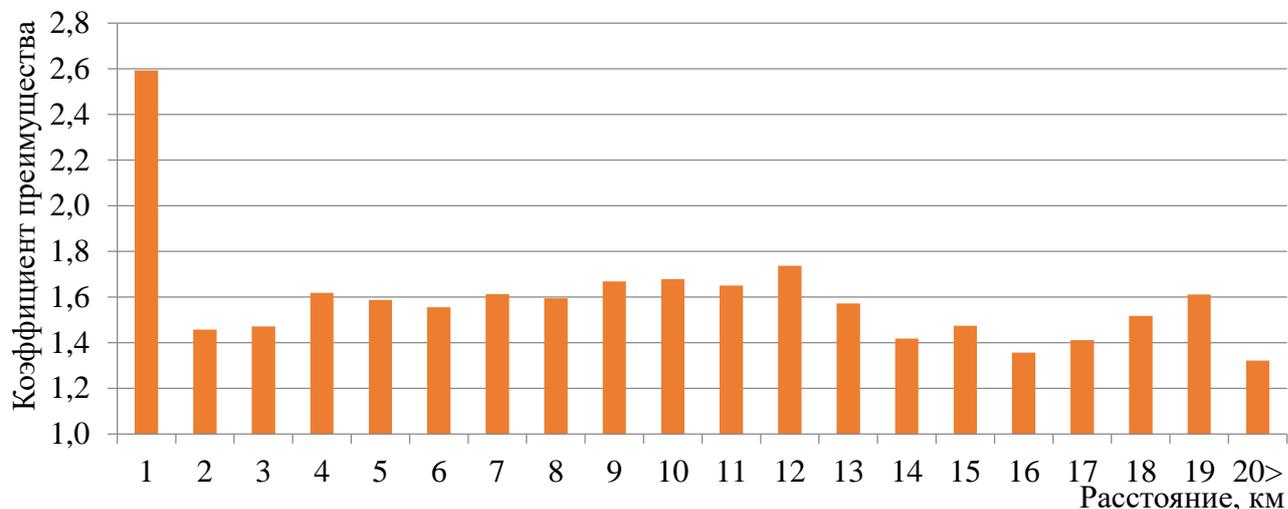


Рисунок 3.13 – Изменение коэффициента преимущества от расстояния до места вызова

Таблица 3.7 – Изменение коэффициента преимущества и коэффициента влияния от расстояния

Расстояние, км	Число выездов	Кoeffициент преимущества	Кoeffициент влияния
1	5	2,59	1,63053
2	62	1,46	0,91621
3	148	1,47	0,92565
4	211	1,62	1,01766
5	160	1,59	0,99815
6	171	1,56	0,97814
7	142	1,61	1,01464
8	89	1,59	1,00255
9	82	1,67	1,04967
10	77	1,68	1,05537
11	59	1,65	1,03809
12	35	1,74	1,09215
13	31	1,57	0,98834
14	23	1,42	0,89205
15	10	1,47	0,92723
16	10	1,36	0,85309
17	10	1,41	0,88739
18	5	1,52	0,95442
19	6	1,61	1,01306
20>	14	1,32	0,80503
Среднее		1,59	1,00000

3.5.2 Исследование коэффициента преимущества в зависимости от типа пожарно-спасательного автомобиля. Определение коэффициента влияния

Для определения коэффициента влияния для каждого типа пожарно-спасательных автомобилей было проведено исследование коэффициента преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке в зависимости от типа выезжавших пожарно-спасательных автомобилей. Данный коэффициент очень важен, поскольку используемые пожарно-спасательные автомобили могут иметь значительные отличия по своим габаритным размерам, удельной мощности, а также по специфике выполняемых задач, что может оказывать значительное влияние на скорость следования к месту вызова. В таблице 3.8 приведены полученные коэффициенты преимущества и коэффициенты влияния типа пожарно-спасательных автомобилей. На рисунке 3.14 изображена диаграмма, на которой представлены коэффициенты преимущества для каждого типа пожарно-спасательных автомобилей, принимавших участие в сборе данных. В данном разделе не изучался коэффициент загруженности дорог, так как он не зависит от типа пожарно-спасательного автомобиля, совершавшего экстренный выезд.

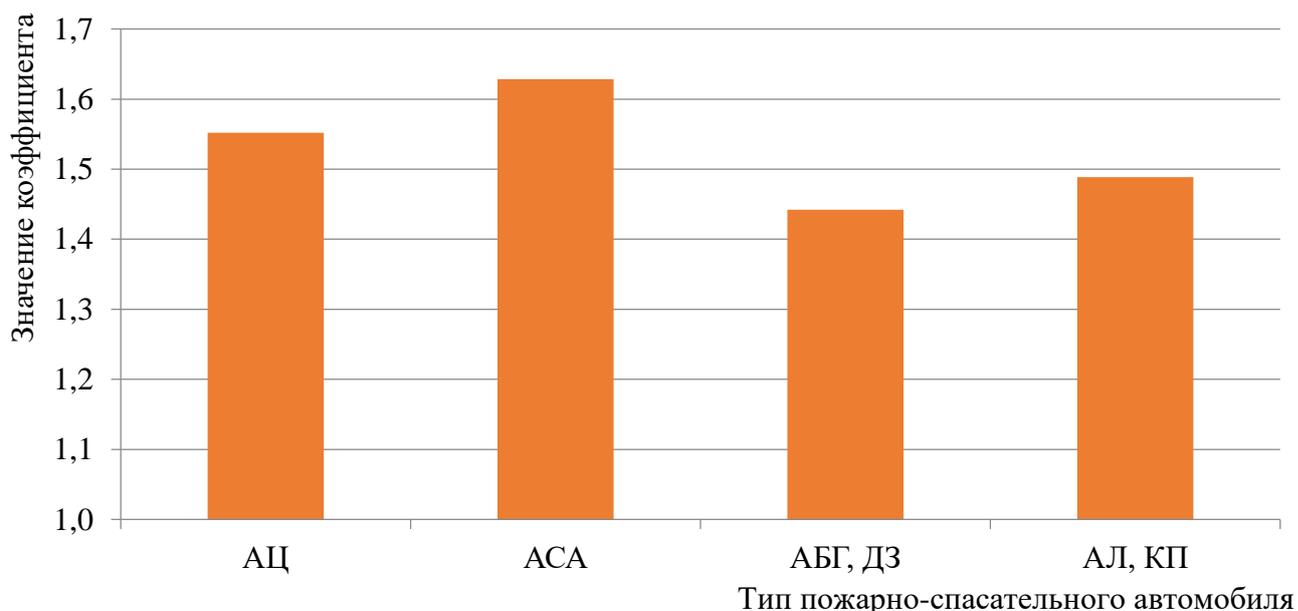


Рисунок 3.14 – Изменение коэффициента преимущества от типа ПА

Таблица 3.8 – Изменение коэффициента преимущества и коэффициента влияния от типа ПА

Тип ПА	Число выездов	Коэффициент преимущества	Коэффициент влияния
АЦ	504	1,55	1,01584
АСА	687	1,63	1,06584
АБГ, ДЗ	134	1,44	0,94406
АЛ, КП	25	1,49	0,97426
Среднее	337	1,53	1,00000

3.5.3 Исследование коэффициента преимущества

в зависимости от дня недели. Определение коэффициента влияния

В данном разделе был исследован коэффициент преимущества пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке в зависимости от дня недели, в который был совершен выезд по экстренному вызову. На основе полученных коэффициентов преимущества был определен коэффициент влияния дня недели на преимущество движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке. Также был исследован коэффициент загруженности дорог, поскольку в разные дни недели может быть разное количество участников дорожного движения, что оказывает непосредственное влияние на степень загруженности дорог. На рисунке 3.15 отражено изменение коэффициента загруженности дорог и коэффициента преимущества в зависимости от дня недели, а в таблице 3.9 представлены все полученные в результате данного исследования коэффициенты.

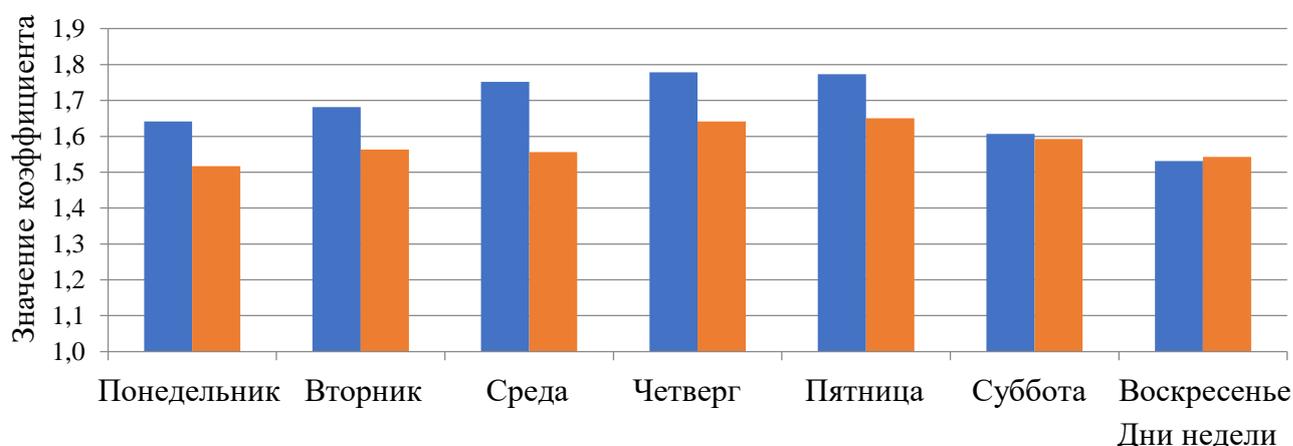


Рисунок 3.15 – Изменение коэффициента преимущества и коэффициента загруженности дорог по дням недели:

■ – коэффициент загруженности дорог; ■ – коэффициент преимущества

Таблица 3.9 – Изменение коэффициента преимущества, коэффициента загруженности дорог и коэффициента влияния по дням недели

День недели	Число выездов	Коэффициент загруженности дорог	Коэффициент преимущества	Коэффициент влияния
Понедельник	191	1,64	1,52	0,95998
Вторник	206	1,68	1,56	0,98903
Среда	211	1,75	1,56	0,98446
Четверг	187	1,78	1,64	1,03878
Пятница	207	1,77	1,65	1,04401
Суббота	189	1,61	1,59	1,00791
Воскресенье	158	1,53	1,54	0,97584
Среднее	192	1,68	1,58	1,00000

3.5.4 Зависимость коэффициента преимущества от времени суток.

Определение коэффициента влияния

Завершает исследование коэффициентов преимущества ОПСП в транспортном потоке анализ влияния времени суток в момент, когда производился выезд по экстренному вызову на соответствующие коэффициенты.

Помимо этого, было исследовано изменение коэффициента загруженности в зависимости от времени суток, поскольку так же, как и по дням недели, по времени суток меняется количество участников дорожного движения, что оказывает влияние на степень загруженности дорог. На рисунке 3.16 отражено изменение коэффициента загруженности дорог и коэффициента преимущества в зависимости от дня недели; в таблице 3.10 представлены все полученные в результате данного исследования. По данным на рисунке 3.16 видно, что в ночное время уменьшается значение как коэффициента загруженности дорог, так и коэффициента преимущества, что подтверждает результаты исследования зависимости преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке от степени загруженности дорог. В часы пик можно наблюдать обратное явление, а именно: с увеличением загруженности растет преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке.

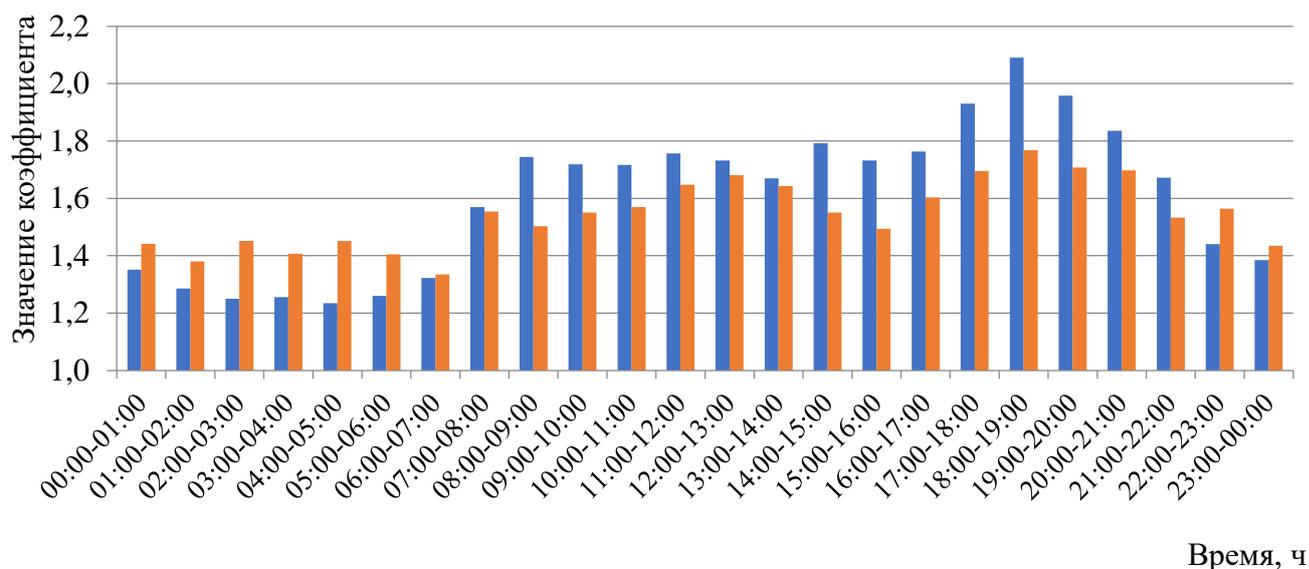


Рисунок 3.16– Изменение коэффициента преимущества и коэффициента загруженности дорог по времени суток:

■ – коэффициент загруженности дорог; ■ – коэффициент преимущества

Таблица 3.10 – Изменение коэффициента преимущества, коэффициента загруженности дорог и коэффициента влияния по времени суток

День недели	Число выездов	Коэффициент загруженности дорог	Коэффициент преимущества	Коэффициент влияния
00:00–01:00	55	1,35	1,44	0,93360
01:00–02:00	39	1,29	1,38	0,89336
02:00–03:00	38	1,25	1,45	0,93964
03:00–04:00	27	1,26	1,41	0,91133
04:00–05:00	22	1,23	1,45	0,94013
05:00–06:00	20	1,26	1,41	0,90978
06:00–07:00	19	1,32	1,34	0,86445
07:00–08:00	22	1,57	1,55	1,00611
08:00–09:00	24	1,74	1,50	0,97325
09:00–10:00	45	1,72	1,55	1,00361
10:00–11:00	63	1,72	1,57	1,01590
11:00–12:00	55	1,76	1,65	1,06645
12:00–13:00	56	1,73	1,68	1,08856
13:00–14:00	78	1,67	1,64	1,06381
14:00–15:00	68	1,79	1,55	1,00430
15:00–16:00	88	1,73	1,49	0,96745
16:00–17:00	81	1,76	1,60	1,03762
17:00–18:00	111	1,93	1,70	1,09746
18:00–19:00	91	2,09	1,77	1,14415
19:00–20:00	85	1,96	1,71	1,10583
20:00–21:00	64	1,84	1,70	1,09877
21:00–22:00	75	1,67	1,53	0,99236
22:00–23:00	66	1,44	1,56	1,01295
23:00–00:00	55	1,39	1,44	0,92922
Среднее	56	1,60	1,54	1,00000

Таким образом были определены все коэффициенты влияния внешних факторов, кроме влияния времени года – данный коэффициент не был получен по причине недостаточного массива данных, так как сбор данных осуществлялся в течение полугода с 15.07.2016 по 15.12.2016 гг. Полученные в результате проведенного исследования коэффициенты влияния внешних факторов будут использованы в мультипликативной модели определения скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений как поправочные коэффициенты для дифференциации среднего коэффициента преимущества ОПСП в транспортном потоке.

3.6 Разработка алгоритма получения коэффициента преимущества служб экстренного реагирования в транспортном потоке

В ходе проводимого исследования был произведен сбор геоинформационных данных, после чего они были обработаны и проанализированы. По результатам анализа был определен средний коэффициент преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке, а также коэффициенты влияния внешних факторов:

- расстояние до места вызова;
- тип ПА;
- день недели;
- время суток.

Полученные переменные легли в основу мультипликативной модели. На основе проведенного исследование был разработан алгоритм определения коэффициента преимущества движения оперативных подразделений в транспортном потоке для различных дорожных условий и экстренных служб. Принципиальная схема определения скоростных характеристик движения оперативных подразделений экстренных служб представлена на рисунке 3.17.

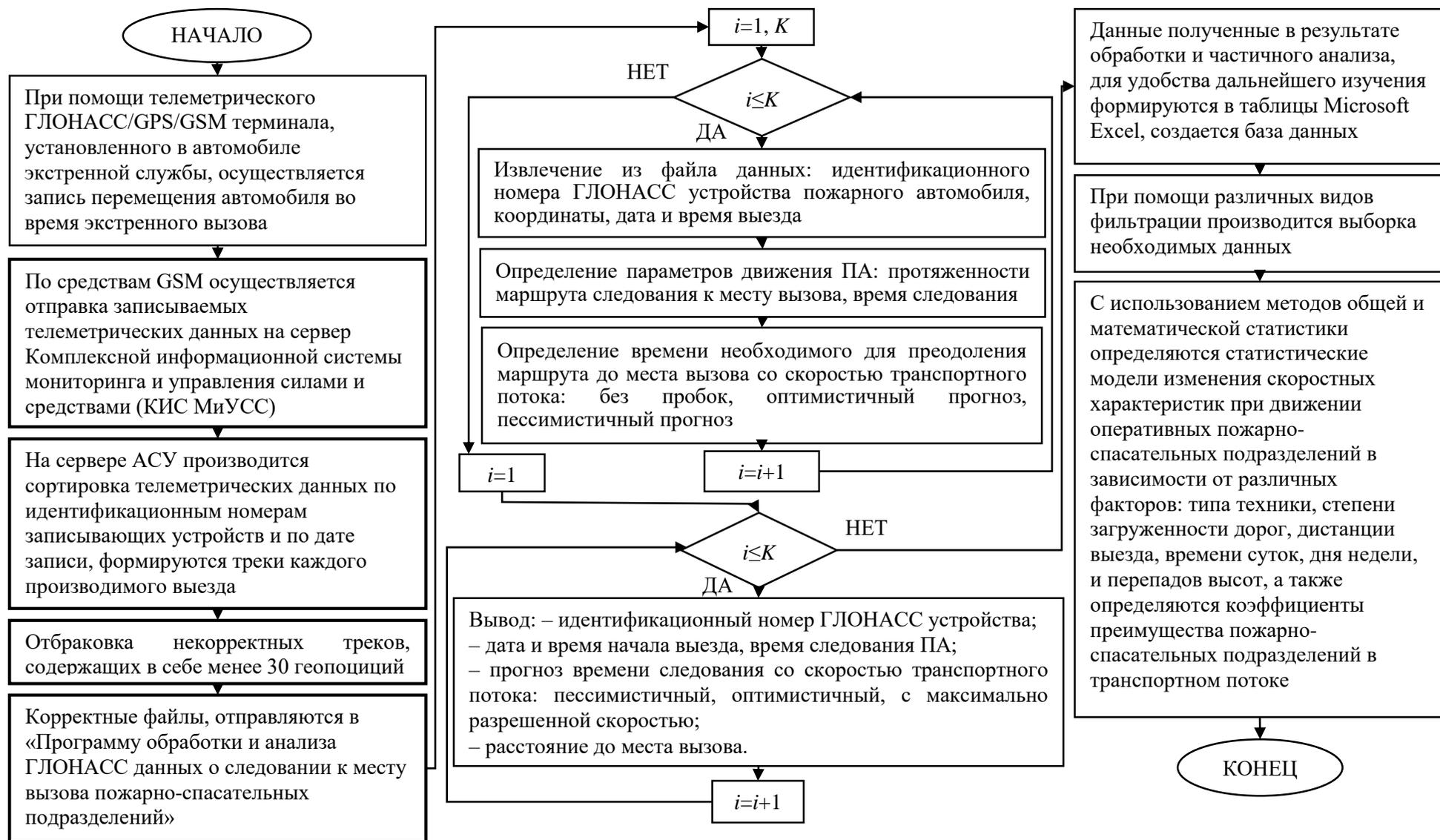


Рисунок 3.18 – Алгоритм определения преимущества экстренных служб в транспортном потоке:
 i – счетчик; K – количество треков (файлов GPX)

3.7 Рекомендации по совершенствованию оперативного и стратегического управления оперативными пожарно-спасательными подразделениями

Результаты проведенного исследования можно применить для информационно-аналитической поддержки как оперативного, так и стратегического управления пожарно-спасательными подразделениями.

Под оперативным управлением пожарно-спасательными подразделениями подразумевается работа автоматизированных систем управления. Полученная в результате проведенного исследования мультипликативная модель и коэффициенты, применяемые в данной модели, позволяют: во-первых, более точно прогнозировать время следования оперативных пожарно-спасательных подразделений до места вызова с учетом внешних факторов; во-вторых, модифицировать процесс построения маршрутов следования оперативных пожарно-спасательных подразделений до места вызова. Повышенная точность прогноза времени следования и модифицированный маршрут следования дают возможность принимать аргументированные решения о высылке сил и средств к месту вызова, а также повысит качество подготовки документов предварительного планирования действий оперативных пожарно-спасательных подразделений.

Под стратегическим управлением пожарно-спасательными подразделениями подразумевается использование математических моделей, применяемых для определения численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений. Применение в данных моделях, полученных по результатам исследования скоростных характеристик реагирования пожарно-спасательных подразделений по экстренному вызову в различных условиях, повысят точность моделирования и, соответственно, адекватность определения численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений в городских условиях, учитывая реальную сложившуюся обстановку.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют усовершенствовать систему управления оперативными пожарно-спасательными

подразделениями в целом. Схема системы управления пожарно-спасательными подразделениями [112] с внедренными результатами проведенного исследования представлена на рисунке 3.19.

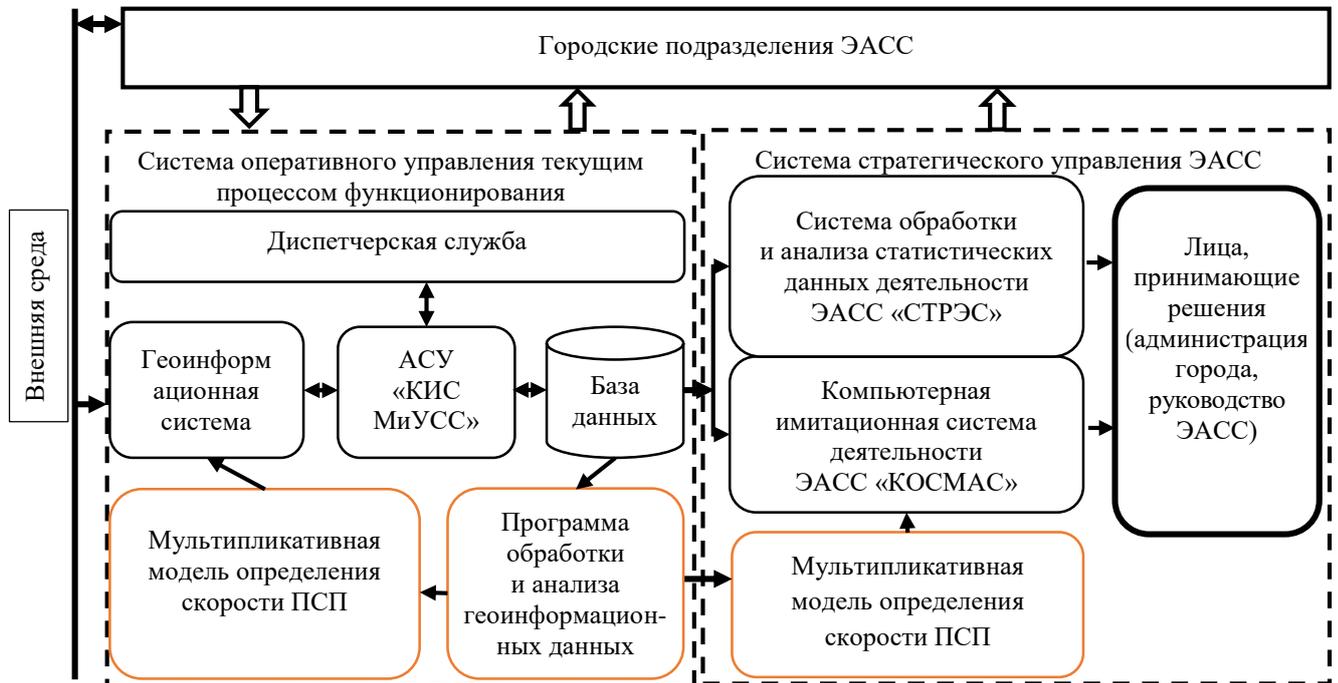


Рисунок 3.19 – Схема системы управления экстренных и аварийно-спасательных служб (ЭАСС)

В качестве основного критерия при определении численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений принимается время реагирования подразделений на различные деструктивные события, а оно, в свою очередь, зависит от скорости оперативных пожарно-спасательных подразделений: чем выше скорость следования, тем меньше требуется подразделений для обеспечения на заданной территории необходимого времени реагирования. На рисунке 3.20 представлены графики зависимости численности пожарных депо от расчетного среднего времени следования для различных средних скоростей следования оперативных пожарно-спасательных подразделений (на примере города Москвы 2013 года). Из рисунка видно, что если определять численность пожарных депо, опираясь на скорость транспортного потока (20–22 км/час), то в среднем потребуется в 2 раза больше пожарных депо, чем при скорости 35 км/ч, которую, как было показано в исследовании, имеют пожарно-спасательные подразделения.

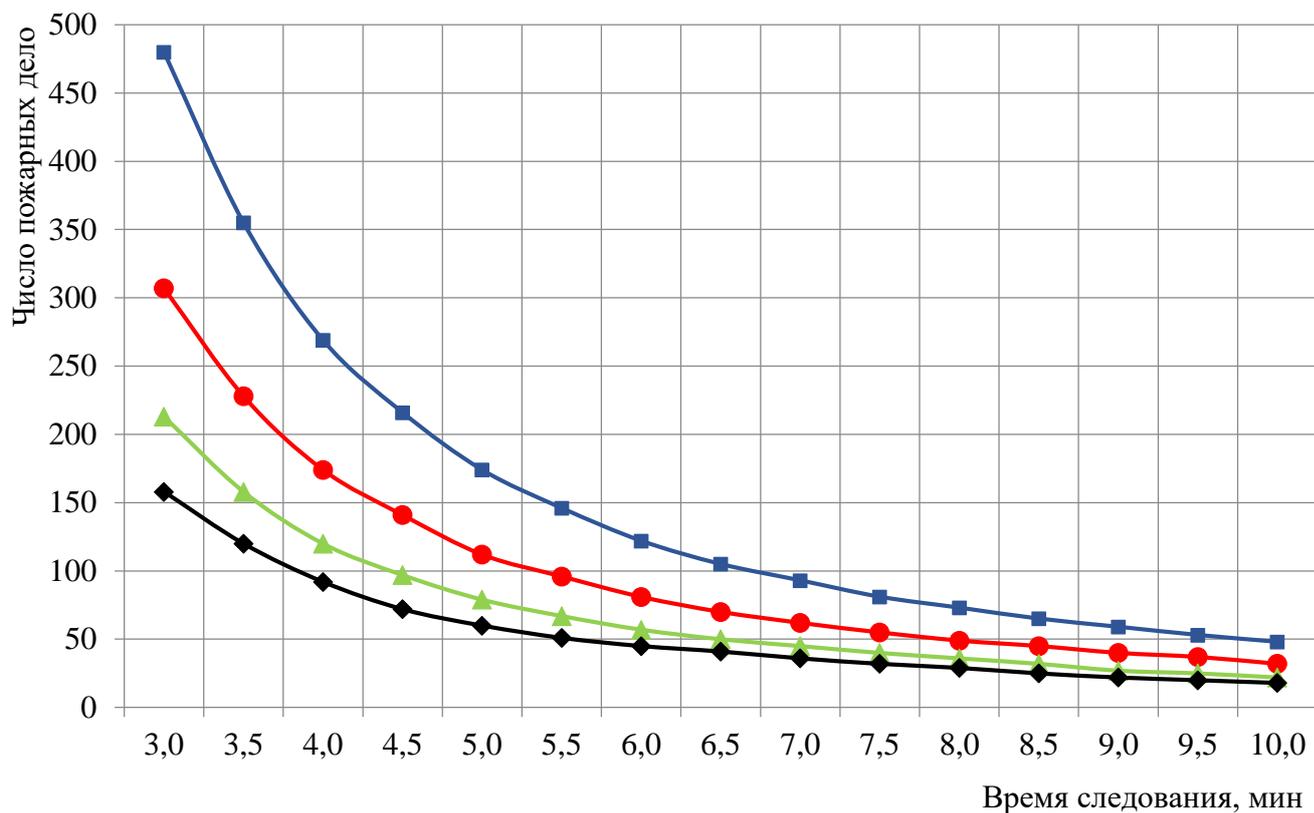


Рисунок 3.20 – Зависимость численности пожарных депо от среднего времени следования при различных средних скоростях движения оперативных пожарно-спасательных подразделений:

■ – 20 км/ч; ■ – 25 км/ч;
 ■ – 30 км/ч; ■ – 35 км/ч

Таким образом, знание реальных скоростей движения оперативных пожарно-спасательных подразделений может существенно сэкономить ресурсы службы и общества в целом.

3.8 Выводы по третьей главе

В третьей главе был проведен сравнительный анализ скоростных характеристик оперативных пожарно-спасательных подразделений и транспортного потока. По результатам данного анализа было установлено преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке и был определен средний коэффициент преимущества. Коэффициент преимущества является дифференцируемым, поскольку преимущество оперативных пожарно-спасательных подразделений меняется в зависимости от степени влияния внешних факторов, в связи с этим были выведены коэффициенты влияния внешних факторов таких, как:

- расстояние до места вызова;
- тип ПА;
- день недели;
- время суток.

Так же была подтверждена гипотеза о зависимости преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке от загруженности транспортной сети.

Поскольку принципиальных отличий в системе реагирования различных экстренных служб нет, был предложен алгоритм определения скоростных характеристик реагирующих подразделений и получения коэффициентов их преимущества в транспортном потоке [113].

По результатам проведенного исследования были разработаны рекомендации по совершенствованию стратегического и оперативного управления пожарно-спасательными подразделениями.

Заключение

1. Проведен анализ существующих автоматизированных систем управления экстренными службами, в результате которого:

– установлено, что КИС МиУСС, предназначенная для управления и координации действий всех экстренных служб города Москвы, в полном объеме работает только в подразделениях МЧС России;

– определено, что в ряде крупных и крупнейших городов зарубежных стран все экстренные службы пользуются единой автоматизированной системой управления, что позволяет повысить уровень межведомственного взаимодействия и увеличить скорость обмена данными;

– обоснована необходимость определения скоростных характеристик пожарно-спасательных подразделений во время экстренного выезда при помощи геоинформационных технологий;

– обоснована необходимость выведения коэффициента преимущества оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке, что позволит повысить эффективность работы КИС МиУСС и усовершенствовать математические модели, используемые для определения численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений.

2. Проведен сбор и анализ геоинформационных данных о выездах оперативных пожарно-спасательных подразделений:

– сбор геоинформационных данных производился при помощи ГЛОНАСС устройств, установленных в пожарно-спасательных автомобилях Московского территориального пожарно-спасательного гарнизона.

3. Разработан метод ретроспективного сравнения геоинформационных данных движения спецтехники с движением транспортного потока, позволяющий определить преимущество спецтехники в транспортном потоке;

4. Разработана компьютерная программа для обработки и анализа геоинформационных данных, при помощи которой:

– была произведена обработка собранного массива данных о реагировании на экстренные вызовы оперативных пожарно-спасательных подразделений г. Москвы;

– определена скорость транспортного потока на маршруте следования оперативных пожарно-спасательных подразделений во время экстренного вызова.

5. Проведен анализ статистических данных, характеризующих скоростные характеристики оперативных пожарно-спасательных подразделений во время следования по экстренному вызову в городских условиях и определены их статистические модели:

– определены скоростные характеристики оперативных пожарно-спасательных подразделений во время следования по экстренному вызову;

– выявлены зависимости изменения скорости движения оперативных пожарно-спасательных подразделений от внешних факторов;

6. Разработана мультипликативная модель определения скорости следования ОПСП с учетом и влияния внешних факторов, а также определены входящие в нее коэффициент преимущества движения оперативных пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке и коэффициенты влияния внешних факторов. Данная модель может применяться:

– в автоматизированных системах управления пожарно-спасательными подразделениями для повышения точности прогноза времени следования к месту вызова;

– для совершенствования математических моделей, используемых для определения численности и мест дислокации пожарно-спасательных подразделений.

7. Разработанный алгоритм определения коэффициента преимущества движения оперативных подразделений в транспортном потоке во время следования по экстренному вызову для различных дорожных условий и экстренных служб позволяет:

– осуществлять сбор необходимых статистических данных;

– определять преимущество движения в транспортном потоке различных экстренных служб.

Список литературы

1. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]: СП 42.13330.201: актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*; Введ. 20.05.2011. – М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. – 110 с.
2. Шичкин, И.А. Миграция населения как фактор выравнивания социально-экономической дифференциации регионов России [Текст] / И.А. Шичкин // Уровень жизни населения регионов России. – 2015. – № 4. – С. 97–105.
3. Мусаева, Л.З. Анализ тенденций урбанизации РФ [Электронный ресурс] / Л.З. Мусаева, С.Р. Шамилев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9658> (дата обращения: 10.02.2018).
4. Федюнина, Т.В. Экономические потери от пожара [Текст] / Т.В. Федюнина, Е.Ю. Федюнина // Сборник статей Международной научно-практической конференции, 27 июня 2014 г. Наука и современность. – 2014. – С. 93–94.
5. Тужиков, Е.Н. К вопросу оценивания общего ущерба от пожаров [Текст] / Е.Н. Тужиков, А.Н. Тырсин // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2013. – № 4. – С. 95–104.
6. Чебуханов, М.А. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник [Текст] / М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, Ю.А. Матюшин, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, Т.А. Чечетина; под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2017. – 124 с.
7. Автостат: аналитическое агентство [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru> (дата обращения 02.05.2016).
8. Брушлинский, Н.Н. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 9. – С. 42–48.

9. Об утверждении Концепции комплексной безопасности города Москвы [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Москвы от 16 апреля 2010 г. № 707-РП // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2015. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

10. Рейтинг стран мира по уровню автомобилизации. Гуманитарная энциклопедия [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2016 (последняя редакция: 30.10.2016). URL: <http://gtmarket.ru/ratings/passenger-cars-per-inhabitants/info> // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

11. Фалалеев, Д. Город без движения // Harvard Business Review Россия [Электронный ресурс]. URL: <http://hbr-russia.ru>. – 2008. – № 38/109 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

12. Соколов, Л.И. Экспертиза проекта актуализированного Генерального плана города Москвы на период до 2025 года [Электронный ресурс] // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 4 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

13. Мароховская, Г.Н. Основные направления развития инженерной инфраструктуры Москвы до 2025 года [Текст] / Г.Н. Мароховская // Архитектура и строительство Москвы. – 2009. – Т. 543. – № 1. – С. 29–33.

14. Генеральный план города Москвы до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: http://genplanmos.ru/project/generalnyy_plan_goroda_moskvy_do_2025_goda // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

15. TOMTOM traffic index measuring congestion worldwide [Электронный ресурс]. URL: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list?citySize=LARGE&continent=ALL&country=ALL // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

16. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов по специальностям «Автомобильные дороги» и «Мосты и тоннели». Ч. 1 [Текст] / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. – М.: Транспорт, 1979. – 367 с.

17. Киитиро, Х. Сравнительный анализ Токийского и Московского опыта по улучшению ситуации с дорожными пробками в Москве: взгляд из Москвы и Токио [Электронный ресурс] / Х. Киитиро // Сравнительная политика. – 2011. – № 1 (3) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

18. Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи [Электронный ресурс]: приказ Министерства здравоохранения РФ от 20 июня 2013 г. № 388н // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

19. Об организации комплексного использования сил и средств органов внутренних дел российской федерации по обеспечению правопорядка в общественных местах [Электронный ресурс]: Приказ МВД РФ от 29.01.2008 № 81: (зарегистрировано в Минюсте РФ 03.05.2008 № 11290) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

20. О мерах по совершенствованию деятельности государственной инспекции безопасности дорожного движения и укреплению доверия к ней со стороны участников дорожного движения [Электронный ресурс]: приказ МВД РФ от 2 июля 2002 г. № 627: (зарегистрировано в Минюсте РФ 03.07.2012 № 24785) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

21. ПБ 12-529–03 Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления [Электронный ресурс]: постановление Госгортехнадзора России от 18.03.2003 № 9, зарегистрировано Минюстом РФ 04.04.2003, рег. № 4376 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

22. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: (в ред. от 10 июля 2012 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

23. Брушлинский, Н.Н. Оценка стоимости реализации некоторых позиций «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Н.Л. Присяжнюк, В.И. Морозов, // Сборник статей по вопросам технического регулирования в области пожарной безопасности. – М.: АНО «МАПБ». – 2010. // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

24. Брушлинский, Н.Н. Математическая модель оперативной деятельности пожарной охраны город [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Стационарные и передвижные средства борьбы с пожарами: сб. науч. тр. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. – С. 63–76.

25. Брушлинский, Н.Н. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: учебник [Текст] / Н. Н. Брушлинский, С.В. Соколов // М.: Академия ГПС МЧС России. – 2011. С. 133–135

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

27. Брушлинский, Н.Н. Математическая модель расчета радиуса выезда оперативных отделений пожарной охраны по вызовам [Текст] / Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Пожарная техника и пожаротушение на объектах народного хозяйства: сб. науч. тр. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1986. – С. 58–66.

28. Брушлинский, Н.Н. Оценка эффективности различных вариантов распределения оперативных отделений по городским пожарным частям [Текст] /

Н.Н. Брушлинский, Н.Н. Соболев // Стационарные и передвижные средства борьбы с пожарами: сб. науч. тр. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. – С. 77–83.

29. Брушлинский, Н.Н. Безопасность городов: имитационное моделирование городских процессов и систем [Текст]: учеб. пособие / Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов, П.М. Вагнер. – М.: ФАЗИС, 2004. – 172 с.

30. Брушлинский, Н.Н. Научно-практические основы организации территориальных подразделений противопожарной службы в России [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С. В. Соколов, Е. М. Алёхин, Ю. Н. Коломиец. – М.: АГПС МЧС России, 2007. – 58 с.

31. Брушлинский, Н.Н. Отчет о научно-исследовательской работе «Моделирование оперативной обстановки и проблемы дислокации пожарных частей в городах» [Электронный ресурс] / Н.Н. Брушлинский, А.Н. Воинов, Б.М. Пранов. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1976. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

32. Брушлинский, Н.Н. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства [Текст]: / Н.Н. Брушлинский, В.В. Кафидов, В.И. Козлачков; под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 418 с.

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

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

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

36. Брушлинский, Н.Н. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: учебник [Текст]/

Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 173 с.

37. Брушлинский, Н.Н. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е. М. Алёхин, Ю. И. Коломиец, П. Вагнер // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 8. – С. 6–16.

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

39. Брушлинский, Н.Н. Компьютерные технологии для экспертизы пожарной безопасности объектов [Текст] / Н. Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко, В.Б. Коробко, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17. – № 4. – С. 53–58.

40. Соколов, С.В. Нормирование времени прибытия подразделений ГПС Санкт-Петербурга по зонам городской застройки [Текст] / С.В. Соколов, А.Н. Солодов // Материалы XIV всероссийской научно-практической конференции. – М., 1997. – С. 67–69.

41. Challands, N. The relationships between fire service response time and fire outcomes [Текст] /N. Challands. Fire technology. – 2010. – Т. 46. – № 3. – С. 665–676.

42. Campbell, J.F. Selecting routes to minimize urban travel time [Текст] / J.F. Campbell // Transportation Research Part B: Methodological. – 1992. – Т. 26. – № 4. – С. 261–274.

43. Kolesar, P. Determining the relation between fire engine travel times and travel distances in New York City [Текст] / P. Kolesar, W. Walker, J. Hausner // Operations Research. – 1975. – Т. 23. – № 4. – С. 614–627.

44. Kolesar, P. An algorithm for the dynamic relocation of fire companies [Текст] / P. Kolesar, W.E. Walker // Operations Research. – 1974. – Т. 22. – № 2. – С. 249–274.

45. Kolesar, P. Square root laws for fire engine response distances [Текст] / P. Kolesar, E.H. Blum // *Management Science*. – 1973. – Т. 19. – № 12. – С. 1368–1378.
46. Kolesar, P. Determining the relation between fire engine travel times and travel distances in New York City [Текст] / P. Kolesar, W.E. Walker, J. Hausner // *Operations Research*. – 1975. – Т. 23. – № 4. – С. 614–627.
47. Challands, N. The relationships between fire service response time and fire outcomes [Текст] / N. Challands // *Fire technology*. – 2010. – Т. 46. – № 3. – С. 665–676.
48. Frank, K. Uncertainty in estimating the fire control effectiveness of sprinklers from New Zealand fire incident reports [Текст] / K. Frank, M. Spearpoint, N. Challands // *Fire technology*. – 2014. – Т. 50. – № 3. – С. 611–632.
49. Минаев, С.Н. Некоторые вопросы организации пожарной охраны за рубежом [Текст] / С.Н. Минаев, В.Г. Ситников, В.Л. Семиков // *Зарубежная пожарная техника*. – М.: ВНИИПО, 1972. – С. 67–74.
50. Прус, Ю.В. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах [Электронный ресурс] / Ю.В. Прус, И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, В.М. Климовцов // *Технологии техносферной безопасности*. – 2008. – № 4. URL: academygps.ru/2056/ (дата обращения 05.10.2017).
51. Топольский, Н.Г. Декомпозиционный метод оптимального управления мобильными транспортными группами [Текст] / Н.Г. Топольский, Ф.А. Исайкин // *Материалы международной конференции «Информатизация правоохранительных систем»*. – М.: Академия МВД РФ, 1995. – С. 250.
52. Исайкин, Ф.А. Разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений о привлечении пожарных подразделений на пожары в крупном городе [Текст]: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук : 05.13.06 / Исайкин Федор Андреевич – М., 1999. – 26 с.
53. Васьков, В.Т. Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению оперативными подразделениями

пожарной охраны [Текст] / В.Т. Васьков, И.Г. Малыгин, Ю.А. Плотников // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2011. – № 1 (17). – С. 58–67.

54. Пряничников, В.А. Концепция модели обеспечения нормативного времени прибытия аварийных служб в условиях мегаполиса [Текст] / В.А. Пряничников, М.В. Сибиряков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2015. – № 3 (15). – С. 37–39.

55. Об утверждении Соглашения между Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Правительством Москвы о передаче друг другу осуществления части своих полномочий в решении вопросов защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и ликвидации их последствий, организации и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при чрезвычайных ситуациях межмуниципального и регионального характера, организации тушения пожаров силами Государственной противопожарной службы, организации осуществления на межмуниципальном и региональном уровне мероприятий по гражданской обороне, осуществления поиска и спасания людей на водных объектах [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 10 ноября 2011 года № 1977-р // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

56. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

57. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года [Электронный ресурс]: указ Президента Рос. Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

58. Мараков, Г.И. История компании Яндекс нв с 2003 по 2013 [Текст] / Г.И. Мараков // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 117-1. – С. 104–106.

59. Кузьмин, Ю. Геоинформационные системы нового поколения - подход корпорации Intergraph [Электронный ресурс]. URL: <http://loi.sscs.ru/gis/intergraph/newgis.html> (дата обращения: 10.09.2016). // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

60. Intergraph technology enables New York Fire optimize their ability to respond to emergencies [Электронный ресурс] // digitalsecuritymagazine.com: цифровой журнал безопасности. URL: <http://www.digitalsecuritymagazine.com/en/2015/02/13> (дата обращения: 10.09.2016). // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

61. Edmonton Fire Rescue Services Speeds Emergency Routing with Municipal GIS Data [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hexagonsafetyinfrastructure.com/public-safety-and-security/fire-and-rescue>. (дата обращения: 12.09.2016) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

62. Optimize deployment and improve performance with enhanced real-time emergency services decision support [Электронный ресурс]. URL: <https://www.intermedix.com/solutions/deployment-optimization>. (дата обращения: 12.09.2016) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

63. Бершадская, Е.Г. Обзор перспективных сервисов в навигационных системах применительно к задаче позиционирования пользователей мобильных устройств [Текст] / Е.Г. Бершадская, В.А. Володин, Д.И. Маркин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 3. – С. 119–122.

64. Роечко, В.В. Выбор маршрута и прогнозирование времени следования пожарных автомобилей к месту вызова [Текст] / В.В. Роечко, В.А. Пряничников, Ю.М. Кислых // Тактика и процессы пожаротушения: сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1989. – С. 34–45.

65. Роечко, В.В. Оценка дорожных условий маршрутов следования пожарных автомобилей [Электронный ресурс] / В.В. Роечко, В.А. Пряничников, Д.Р. Бокарев // Совершенствование конструкций и повышение эксплуатационных свойств автомобиля: сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1987 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

66. Роечко, В.В. Критерий выбора маршрутов следования пожарных автомобилей [Текст] / В.В. Роечко, В.А. Пряничников // Организация работ по профилактике и тушению пожаров: сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО МВД СССР, 1988. – С. 89–92.

67. Роечко, В.В. Структура и алгоритм подсистемы «Маршрут» для ПЭВМ [Текст] / В.В. Роечко, В.А. Пряничников // Пожарная безопасность – 97: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – С. 125–127.

68. Денисов, А.Н. Определение времени следования пожарного автомобиля к месту вызова [Текст] / А.Н. Денисов, В.В. Роечко, Ю.М. Сверчков // Системы безопасности – 99: материалы VIII науч.-техн. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1999. – С. 235–236.

69. Денисов, А.Н. Моделирование оперативно-тактической деятельности пожарных подразделений [Текст] // Системы безопасности – 2000: материалы IX науч.-техн. конф. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – С. 50–51.

70. Емельяненко, С.А. Оценка времени следования пожарно-спасательных подразделений к месту пожара (на примере г. Львова) [Электронный ресурс] / С.А. Емельяненко, А.Д. Кузык // Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – № 1. // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

71. Беликов, А. С. Принятие оптимальных решений при минимизации потерь времени в пути следования к объектам ЧС [Текст] / А.С. Беликов, В.А. Шаломов, В.А. Голендер, А.С. Чаплыгин, Ю.Г. Шаранова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Т. 6. – № 13. – С. 102–108.

72. Сибирко, В.И. О некоторых аспектах оперативного реагирования подразделений пожарной охраны. Актуальные проблемы пожарной безопасности [Текст] / В.И. Сибирко // Тезисы докладов XXI Международной научно-практической конференции. Ч. 2. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – С. 251–253.

73. Абаев, А.В. Об оценке временных характеристик функционирования пожарных подразделений [Электронный ресурс] / А. В. Абаев, С.А. Шнейгельбергер // Технологии техносферной безопасности (<http://ipb.mos.ru/ttb>). – 2013. – № 2. – С. 48. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

74. Herweg, H. Schnell wie die Feuerwehr [Электронный ресурс] / H. Herweg, P. Wagner // VFDB, Heft 4. – November 2013. – Pp. 194–204. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

75. Брушлинский, Н.Н. Пожарная охрана крупнейших городов мира [Текст] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожарное дело. – 1995. – № 2. – С. 39–41.

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

77. Алёхин, Е.М. О проверке адекватности математических моделей процесса функционирования аварийно-спасательных служб [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов //

Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – Вып. 10. – 1997. – С. 47–54.

78. Алёхин, Е.М. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов [Текст] / Е. М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов // Вестник РАЕН. – 2012. – № 3. – С. 27–34.

79. Алёхин, Е.М. Методологические, теоретические и прикладные аспекты проблем проектирования противопожарных служб в городах [Электронный ресурс] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Сб. трудов ВНИИПО МВД РФ. – М., 1997. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

80. Алёхин, Е.М. Компьютерные имитационные системы для деятельности экстренных служб города [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Программные продукты и системы. – 1994. – № 4. – С. 27–32.

81. Алёхин, Е.М. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов // Вестник РАЕН. – 2012. – № 3. – С. 27–34.

82. Лобода, А.В. Анализ расположения подразделений пожарной охраны в городах (на примере г. Воронежа) [Электронный ресурс]: / А.В. Лобода, И.А. Муконина // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – № 4 (9) Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

83. Пранов, Б.М. Математическое моделирование в задачах оптимального размещения ресурсов [Текст] / Б.М. Пранов // Вопросы кибернетики. Модели и методы больших систем. – М.: АН СССР, 1990. – С. 85–96.

84. Пранов, Б.М. Об одном классе задач оптимального размещения ресурсов [Текст] / Б.М. Пранов // Пожарная безопасность – 97: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – С. 148.

85. Пранов, Б.М. Оценка сложности задачи оптимального размещения ресурсов [Текст] / Б.М. Пранов // Пожарная безопасность – 97: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1997. – С. 162.

86. Пранов, Б.М. О моделях оптимального размещения ресурсов пожарной охраны [Текст] / Б.М. Пранов // Опасные факторы пожара и противопожарная защита. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1989. – С. 197–200.

87. Абдурагимов, Г.И. К оптимизации районов выезда пожарных частей г. Москвы [Текст] / Г.И. Абдурагимов // Противопожарная защита жилого комплекса города Москвы: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – С. 90–91.

88. Абдурагимов, Г.И. О методе оценки вероятностных характеристик прибытия подразделений пожарной охраны [Текст] / Г.И. Абдурагимов // Современные проблемы тушения пожаров: материалы науч.-практ. конф. – М.: МИПБ МВД России, 1999. – С. 45–48.

89. Абдурагимов, Г.И. О проблеме оптимизации границ районов выездов пожарных подразделений города [Текст] / Г.И. Абдурагимов // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. – № 1. – С. 3–6.

90. Абдурагимов, Г.М. Разработка методов оптимизации границ районов выезда пожарных частей гарнизона [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Георгий Иосифович Адурагимов. – М., 1995. – 18 с.

91. Порошин, А.А. Методология проектирования гарнизонов пожарной охраны [Текст]: автореф. дисс. ... докт. тех. наук / Александр Алексеевич Порошин. – М., 2009. – 26 с.

92. Матюшин, Ю. А. Методические основы проектирования гарнизонов пожарной охраны городских и сельских поселений [Текст]: автореф. дисс. ... канд. тех. наук / Юрий Александрович Матюшин. – М., 2009. – 24 с.

93. О правилах дорожного движения [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации, от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 24.03.2017) // Рос. газ. – 2017. – 28 мар. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

94. О совершенствовании деятельности по формированию электронных баз данных учета пожаров (загораний) и их последствий [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 26.12.2014 г. № 727 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

95. Богданов, А.В. Исторический аспект организации статистики учета пожаров в России [Текст] / А.В. Богданов, В.Е. Иванов, С.Ю. Попова, В.С. Евдокимов // Материалы IV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук МФ Юдина. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. Ч. IV. – 300 с. – 2016. – С. 156.

96. Клыков, П.Н. Технологии современных геоинформационных систем – средство повышения эффективности автоматизированных систем управления транспортом в условиях чрезвычайных ситуаций [Текст] / П.Н. Клыков, А.К. Черных // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2014. – № 3. – С. 20–24.

97. ГОСТ Р 53247–2009. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения. Москва [Электронный ресурс]: государственный стандарт // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

98. Гамаюнов, Е.Г. Повышение качества информационно-навигационного обеспечения систем управления рисками. Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD 2008) [Текст] / Е.Г. Гамаюнов // Материалы Второй международной конференции (1–3 октября 2008, Москва, Россия). –

М.: Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2008. – С. 89–90 (том II).

99. Гамаюнов, Е.Г. Совершенствование системы информационной поддержки аварийно-спасательных подразделений МЧС России с использованием информационных технологий спутниковой навигации [Электронный ресурс]: Материалы XVII научно-технической конференции «Системы безопасности – 2008» Международного форума информатизации, (Москва, 30 октября 2008 г.) 2008. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

100. Пицык, В.В. Задача обоснования требований к точности навигационных измерений для управления транспортными средствами МЧС [Текст] / В.В. Пицык, С.М. Беляев, Е.Г. Гамаюнов // Вестник Академии государственной противопожарной службы. – 2006. – № 6. – С. 39–49.

101. Пицык, В.В. Навигационное определение координат управляемых транспортных средств МЧС с компенсацией систематических погрешностей измерений и эфемерид [Электронный ресурс] / В.В. Пицык, Е.Г. Гамаюнов // Технологии техносферной безопасности. – 2007. – № 6. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

102. Григорюк, А.П. Опыт веб-картографирования на основе сервиса Google maps [Электронный ресурс] / А.П. Григорюк, Л.П. Брагинская // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2008. – Т. 3. – № 2. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

103. API Карт Google // Сайт компании Google Inc. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.ru/maps/> Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

104. Потапов, Г.В. Использование API веб-картографических сервисов для доступа к геоданным [Текст] / Г.В. Потапов, М.Ю. Потанин // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2009. – № 3. – С. 7–13.

105. Описание обработки и анализа геоинформационных данных GPSLog Labs [Электронный ресурс]. URL: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=ru&prev=search&rurl=translate.google.ru&sl=en&sp=nmt4&u=http://gpsloglabs.com/help_concepts.html&usg=ALkJrhgFDrvaWasjh77h13QLr5aHevLzag Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

106. Алёхин, Е.М. О распределении Эрланга и некоторых его приложениях [Текст] / Е.М. Алёхин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 6. – С. 11–17.

107. Алиев, Т.И. Аппроксимация вероятностных распределений в моделях массового обслуживания [Электронный ресурс] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2 (84). Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

108. Наумова, Н.А. Определение параметров распределения обобщенного закона Эрланга по экспериментальным данным при изучении транспортных потоков [Электронный ресурс] / Н.А. Наумова, Л.М. Данович, Ю.И. Данович // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5 Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

109. Сибиряков, М.В. Анализ геоинформационных данных о следовании пожарно-спасательных подразделений к местам экстренных вызовов [Электронный ресурс] / М.В. Сибиряков // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 6. – С. 214–221. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

110. Пряничников, В.А. Требования к шасси пожарного автомобиля первой помощи [Текст]: автореф. дисс. ... канд. тех. наук. – М., 1989. – 24 с.

111. Брушлинский, Н.Н. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России [Текст]: монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия МЧС России – С. 140.

112. Соколов, С.В. Определение преимущества движения пожарно-спасательных подразделений в транспортном потоке [Электронный ресурс] / С.В. Соколов, М.В. Сибиряков // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 1. – С. 126–133. Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

113. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ: (в ред. от 30 дек. 2012 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

114. Белозеров, В.В. О применении закона больших чисел при статистическом анализе пожаров [Электронный ресурс] / В.В. Белозеров // Технологии техносферной безопасности. – 2010. – № 2. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-2/08-02-10.ttb.pdf> (дата обращения 27.01.2018).

115. Соколов С.В., Судаков Е.А. Анализ и оценка времени прибытия пожарных подразделений к местам вызовов в Санкт-Петербурге в 2006–2015 гг. [Электронный ресурс] / С.В. Соколов, Е.А. Судаков // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2. – С. 86–93. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-2/34-02-16.ttb.pdf> (дата обращения 27.01.2018).

ПРИЛОЖЕНИЯ

**Графики зависимости скорости от расстояния
до места вызова для различных типов
пожарно-спасательных автомобилей**

1. Для АЦ массив данных составил 504 выездов

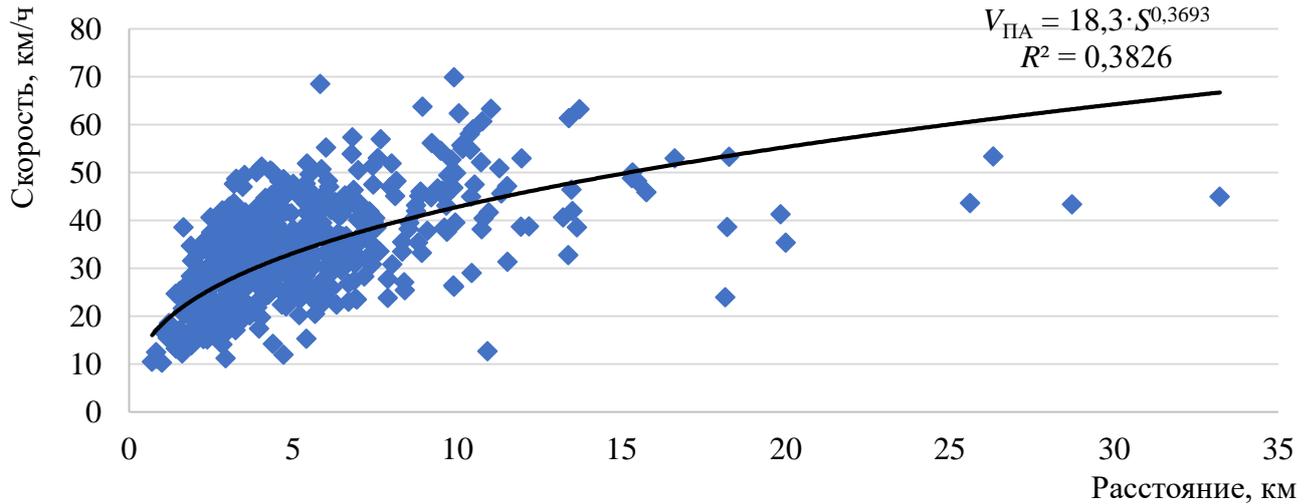


Рисунок 1п – Зависимость средней скорости следования АЦ от расстояния до места вызова

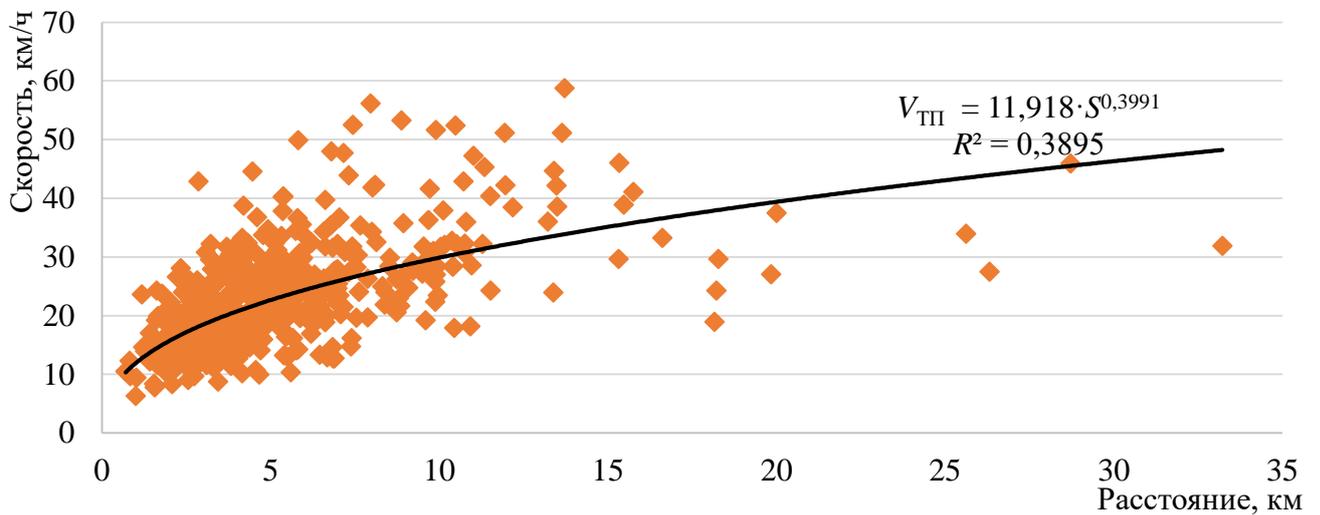
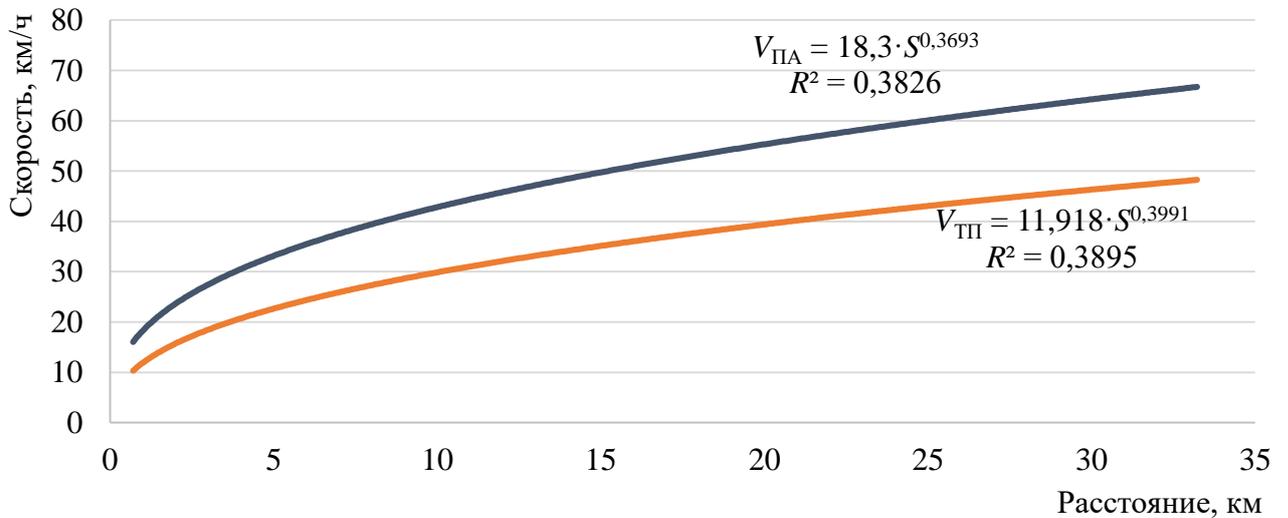


Рисунок 2п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова

Рисунок 3п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АЦ и средней скорости транспортного потока по всему массиву данных:
■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

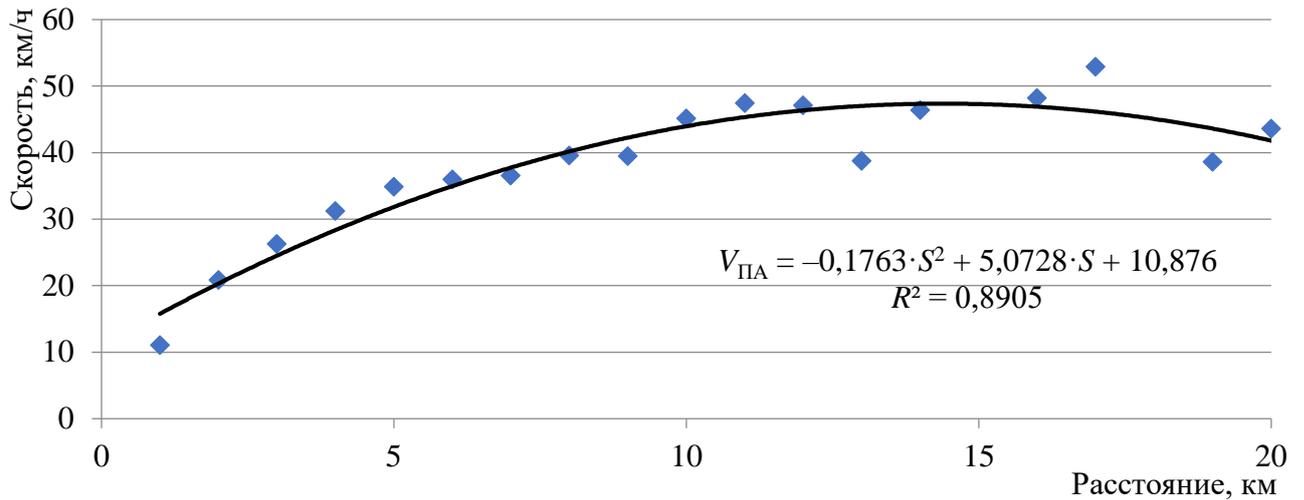


Рисунок 4п – Зависимость средней скорости следования АЦ от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

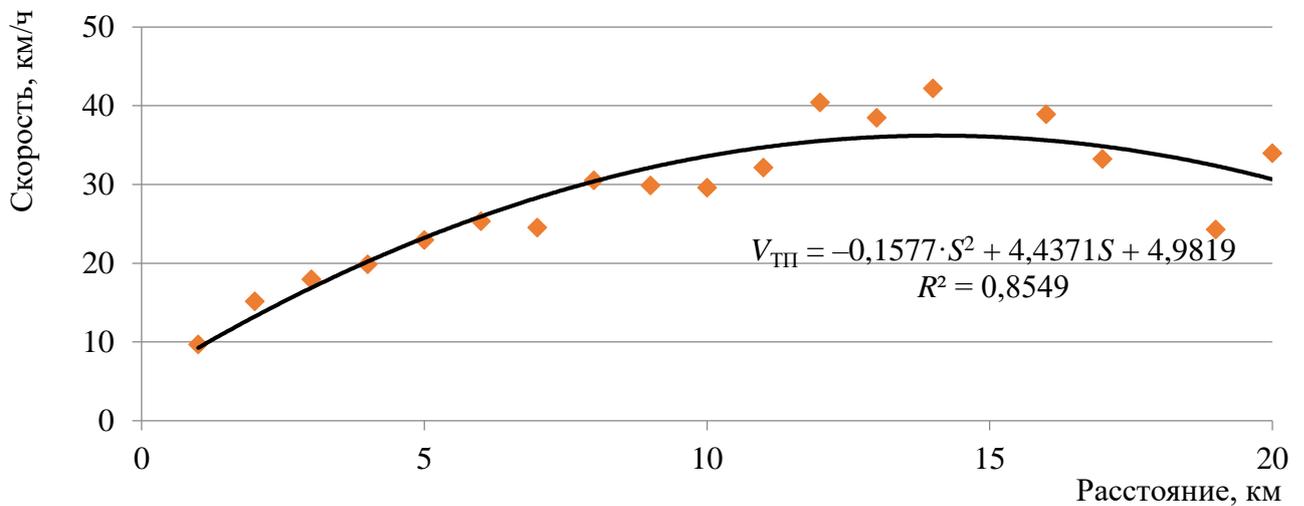


Рисунок 5п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

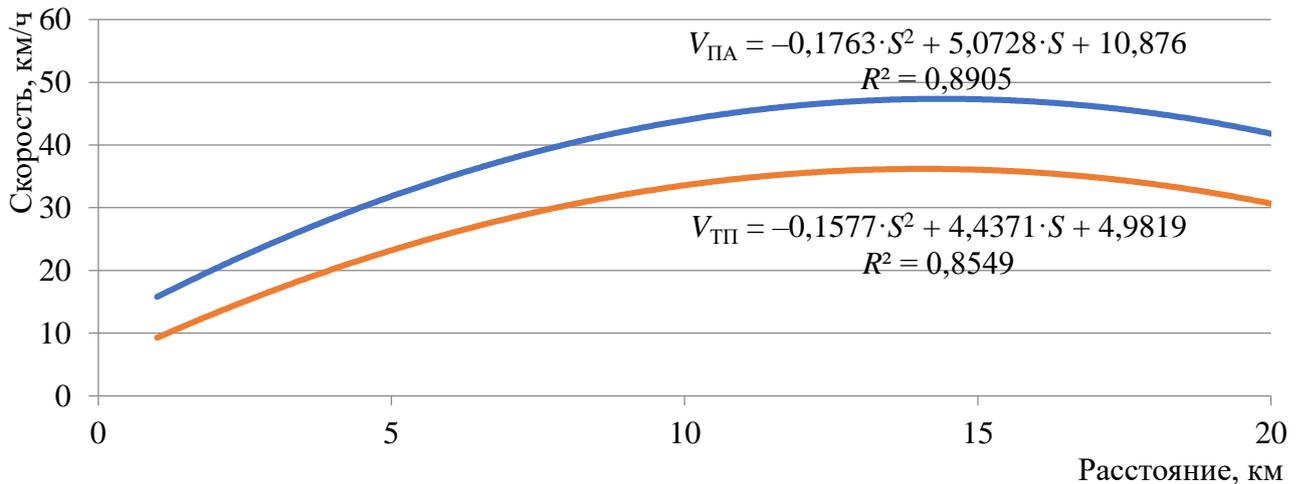


Рисунок 6п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АЦ и скорости транспортного потока в зависимости от расстояния по средним значениям на каждый километр:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

2. Для АСА массив данных составил 687 выездов.

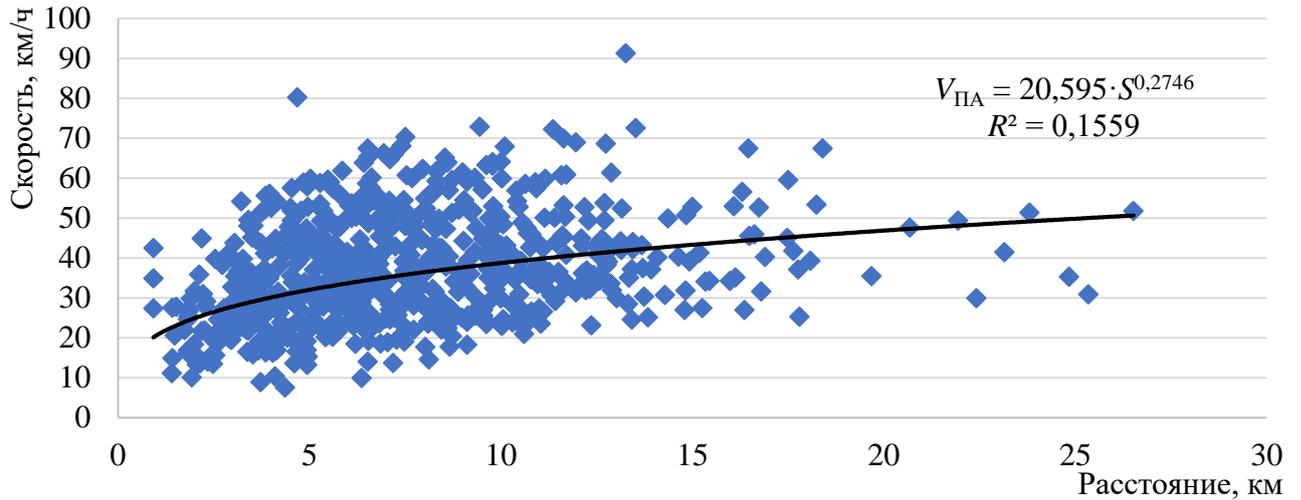


Рисунок 7п – Зависимость средней скорости следования АСА от расстояния до места вызова

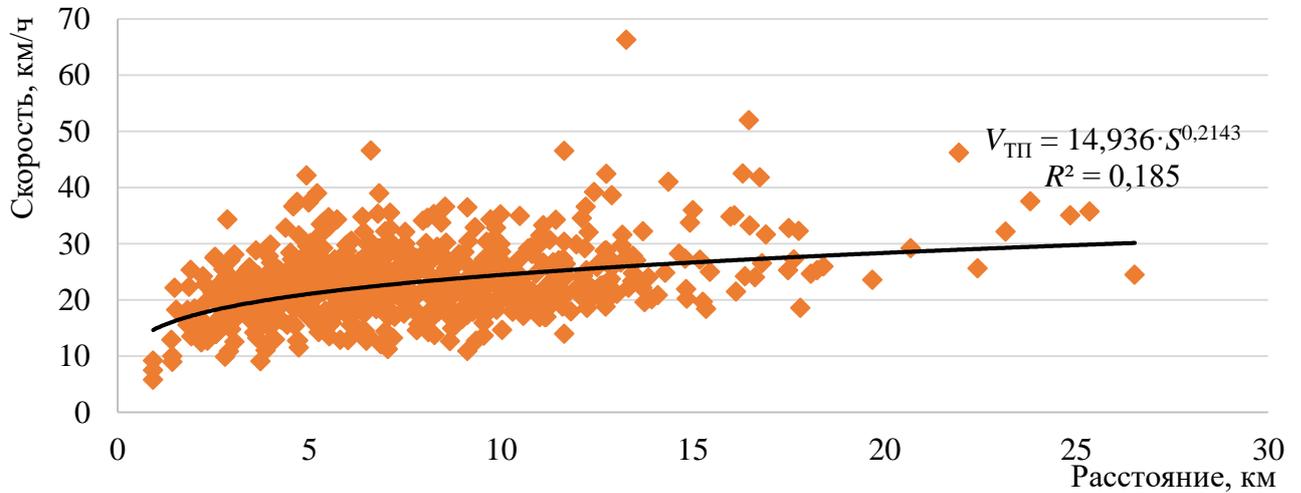


Рисунок 8п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова

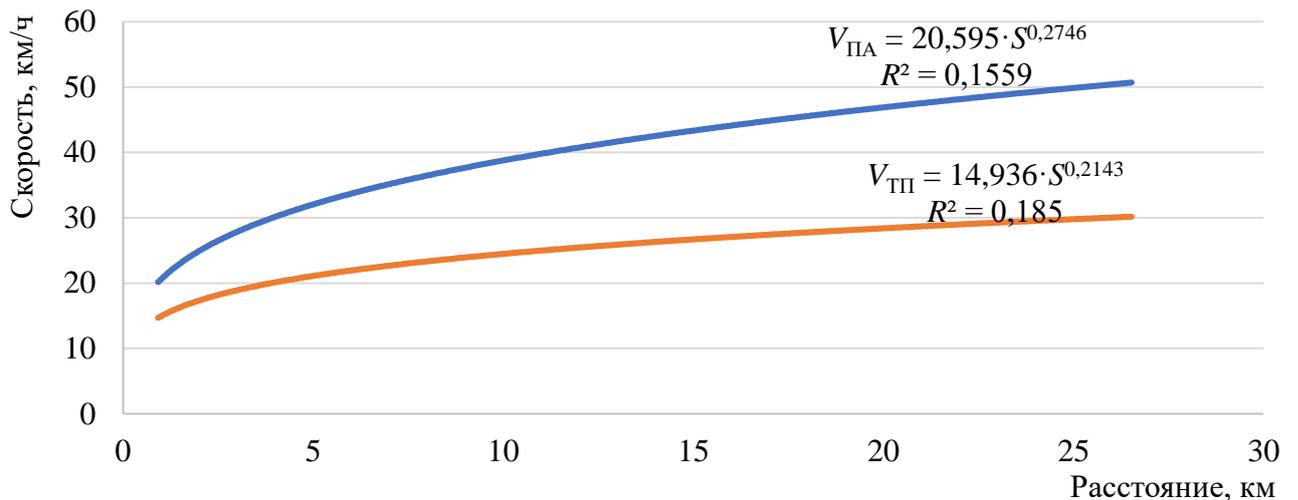


Рисунок 9п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АСА и средней скорости транспортного потока по всему массиву данных:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

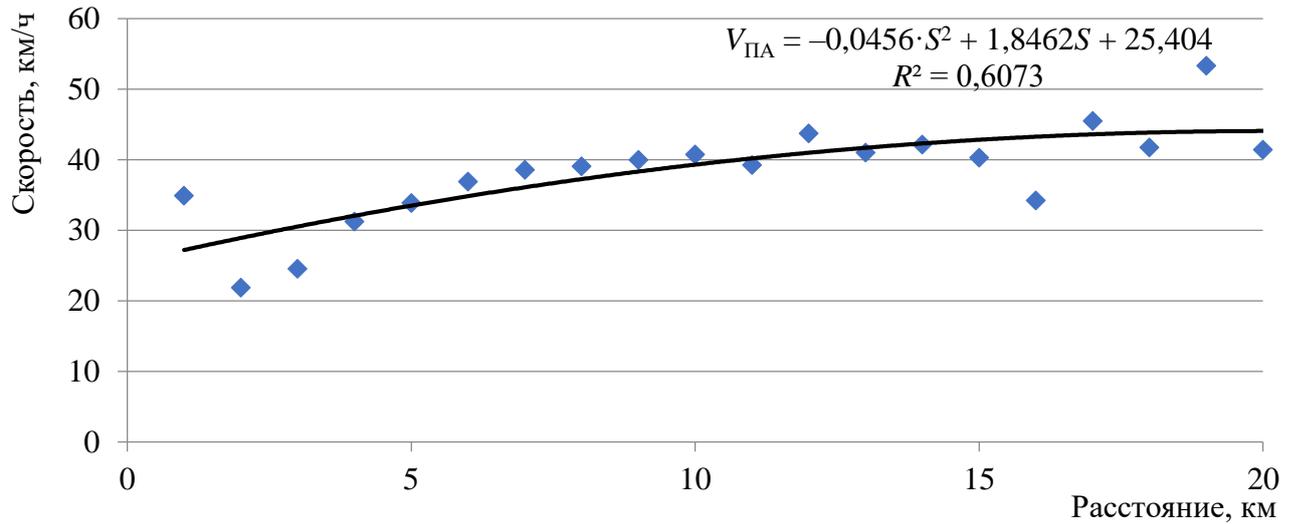


Рисунок 10п – Зависимость средней скорости следования АСА от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

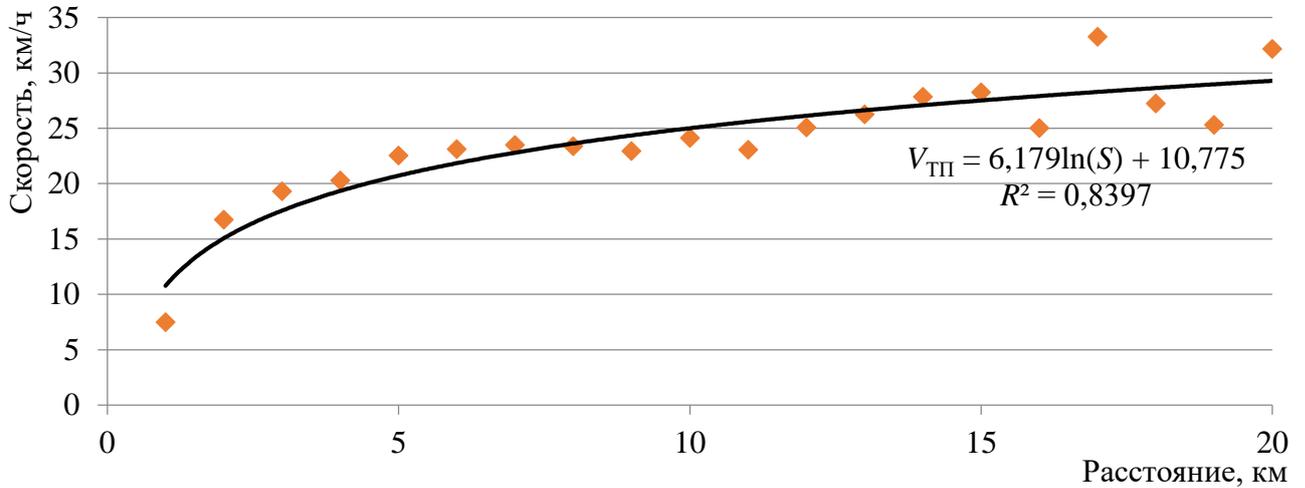


Рисунок 11п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

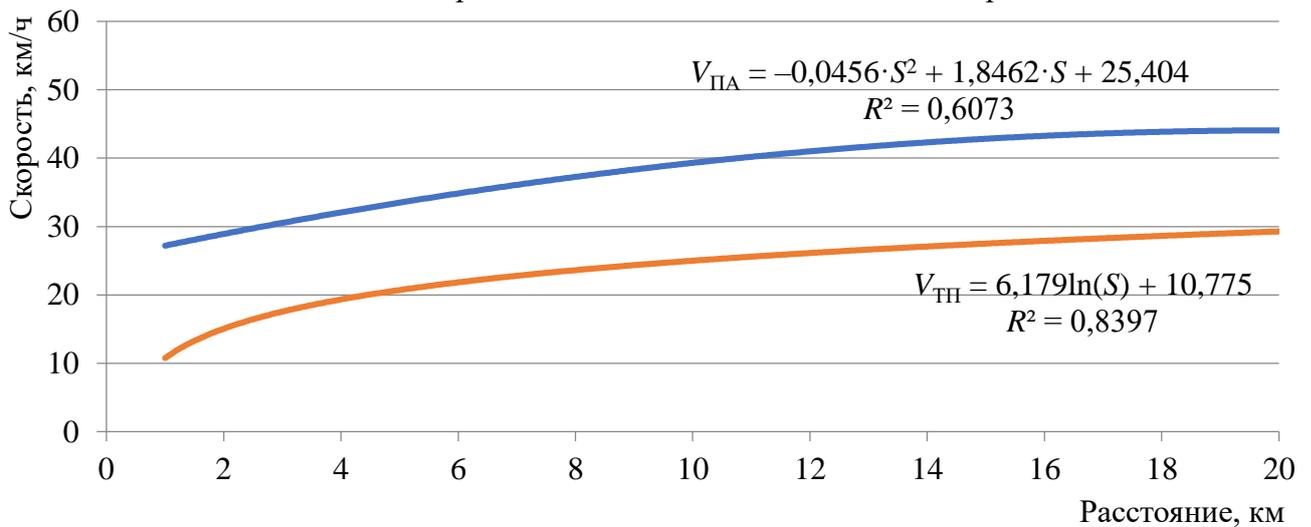


Рисунок 12п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АСА и средней скорости транспортного потока в зависимости от расстояния по средним значениям на каждый километр:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

3. Для АПК и АЛ массив данных составил 134 выезда.

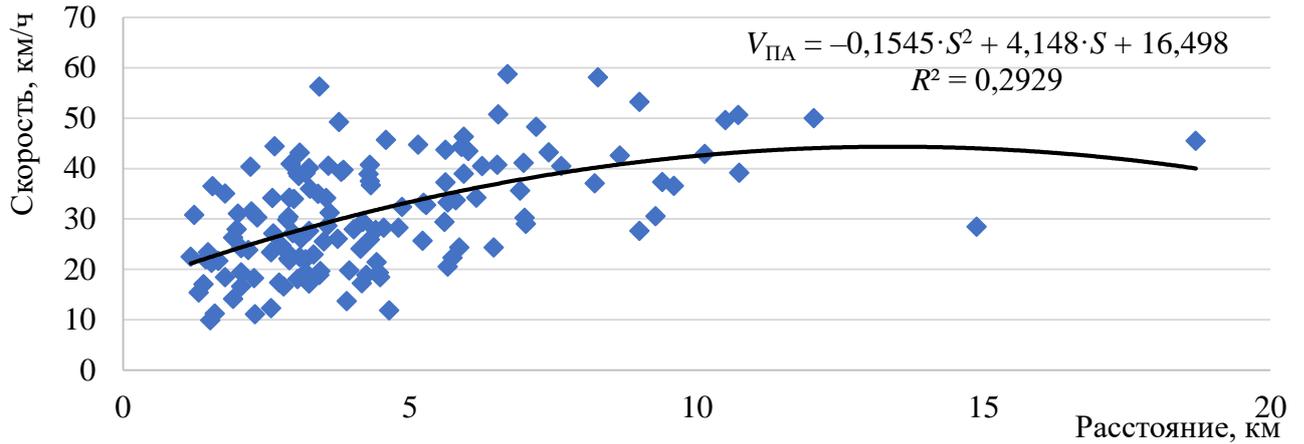


Рисунок 13п – Зависимость средней скорости следования АПК и АЛ от расстояния до места вызова

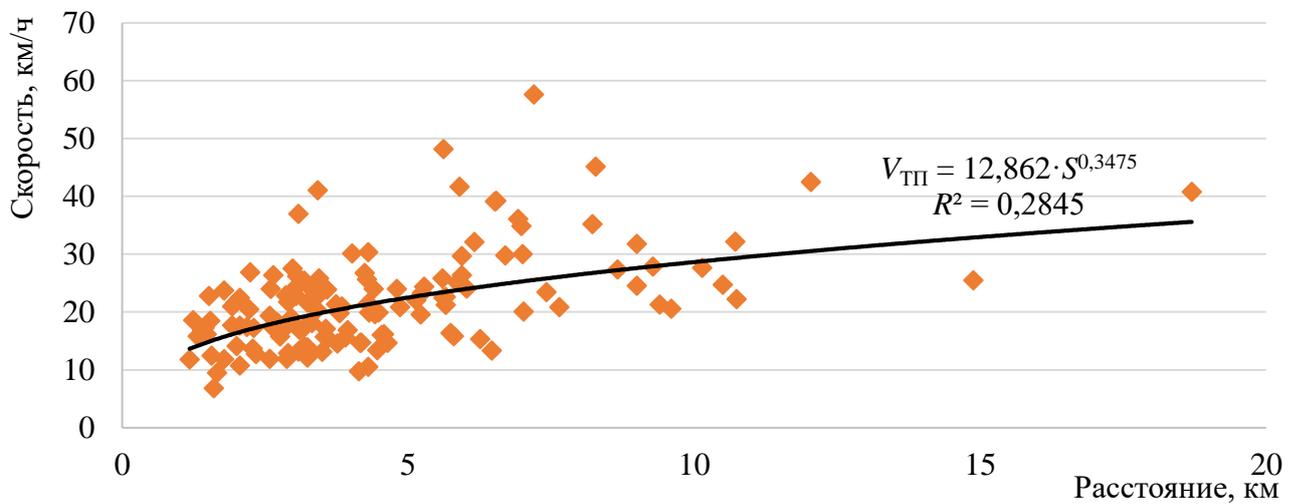


Рисунок 14п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова

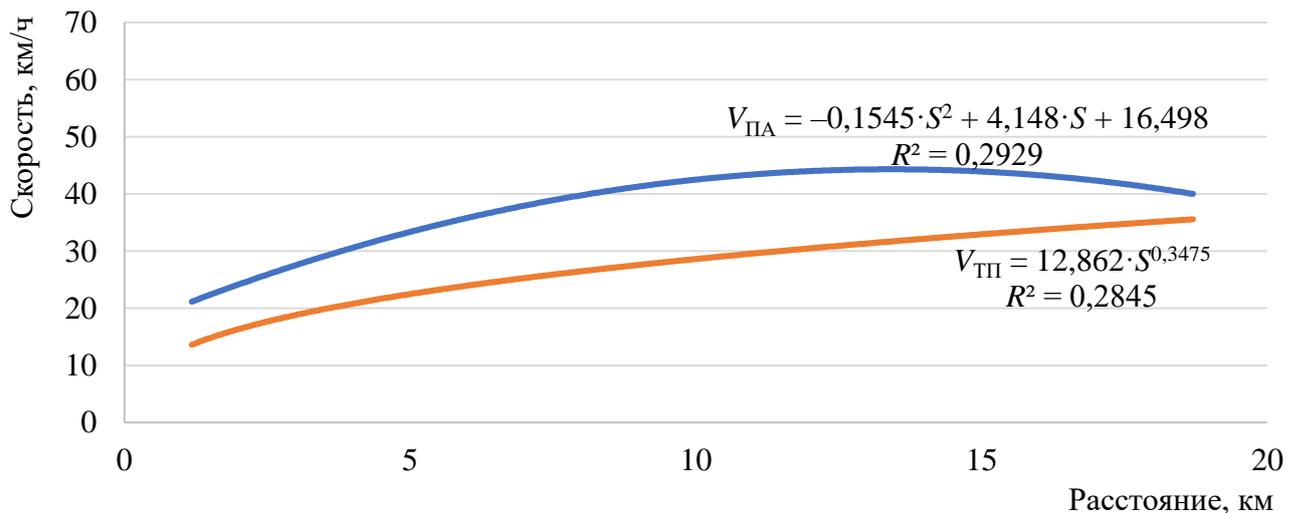


Рисунок 15п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости АПК и АЛ со средней скоростью транспортного потока по всему массиву данных

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

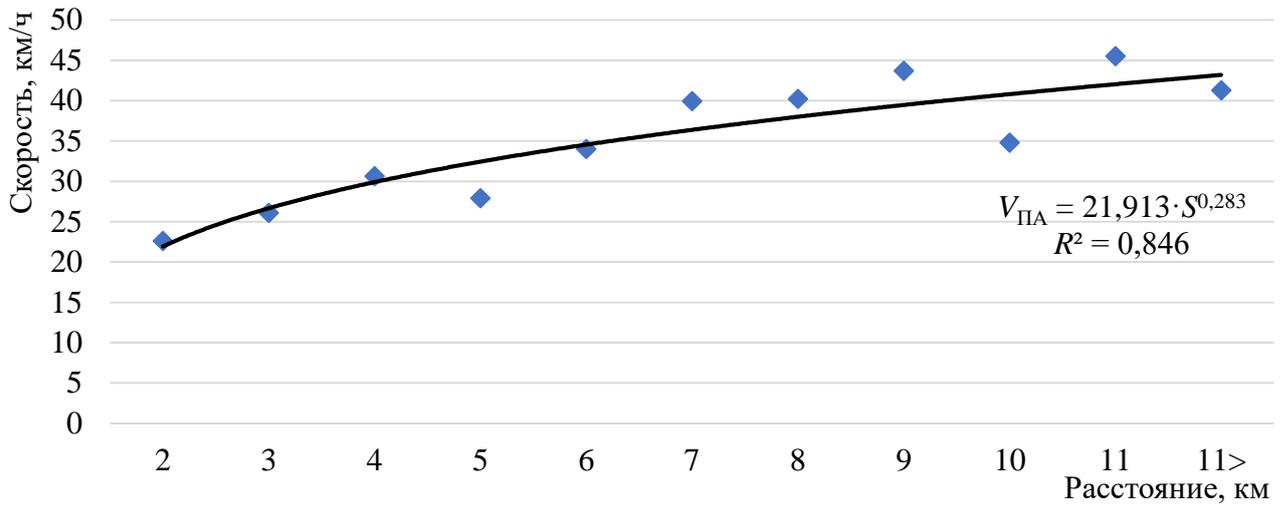


Рисунок 16п – Зависимость средней скорости следования АПК и АЛ от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

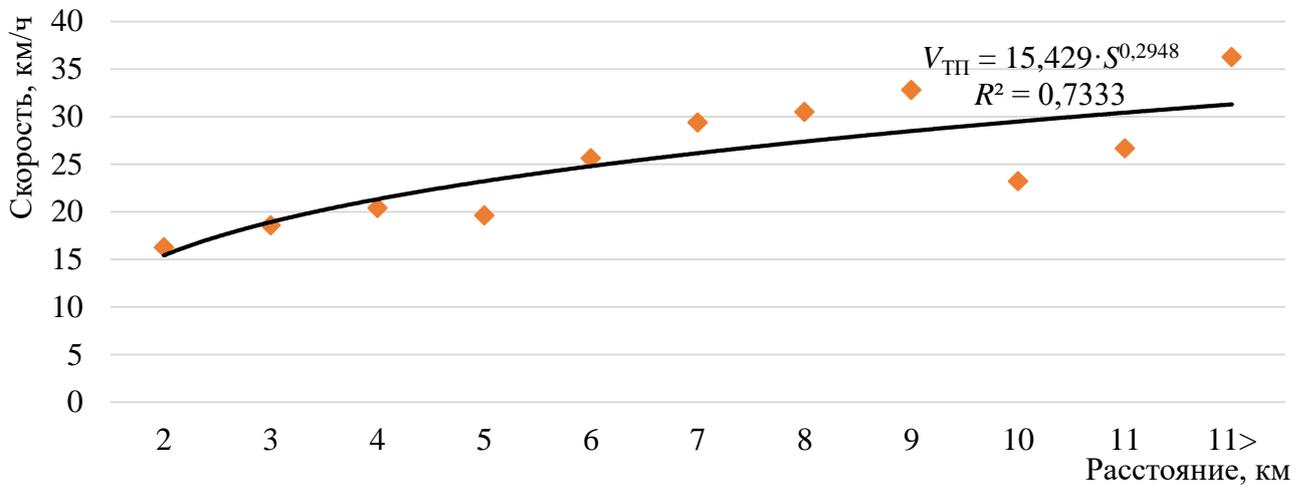


Рисунок 17п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

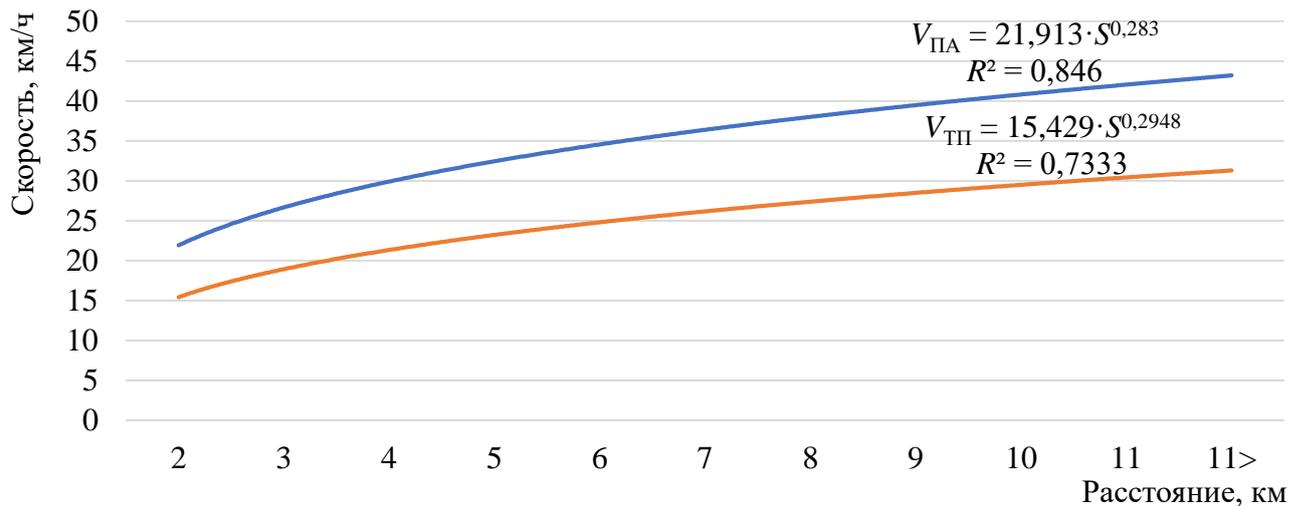


Рисунок 18п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АПК, АЛ и средней скорости транспортного потока в зависимости от расстояния (по средним значениям на каждый километр)

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

4. Для АБГ массив данных составил 25 выездов.

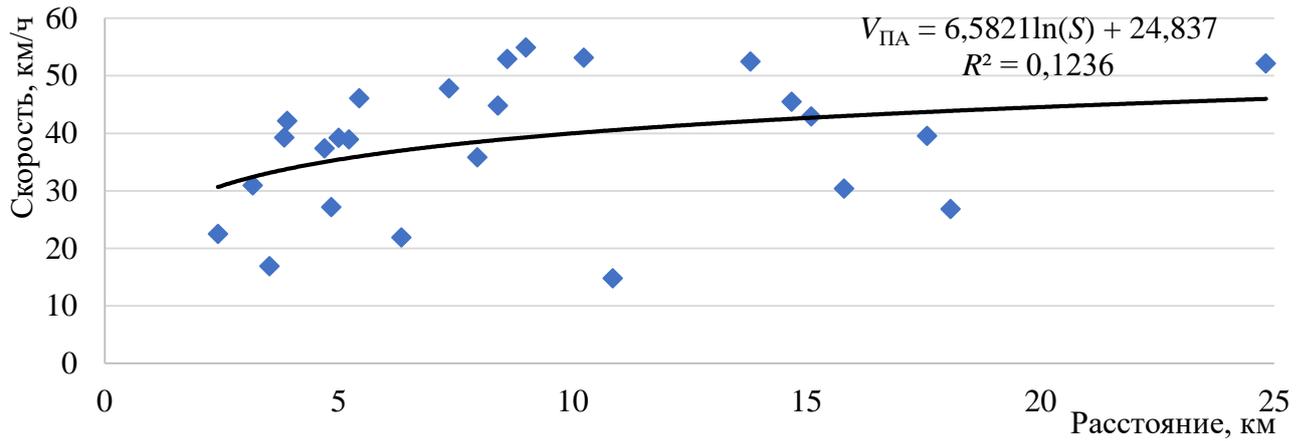


Рисунок 19п – Зависимость средней скорости АБГ от расстояния до места вызова

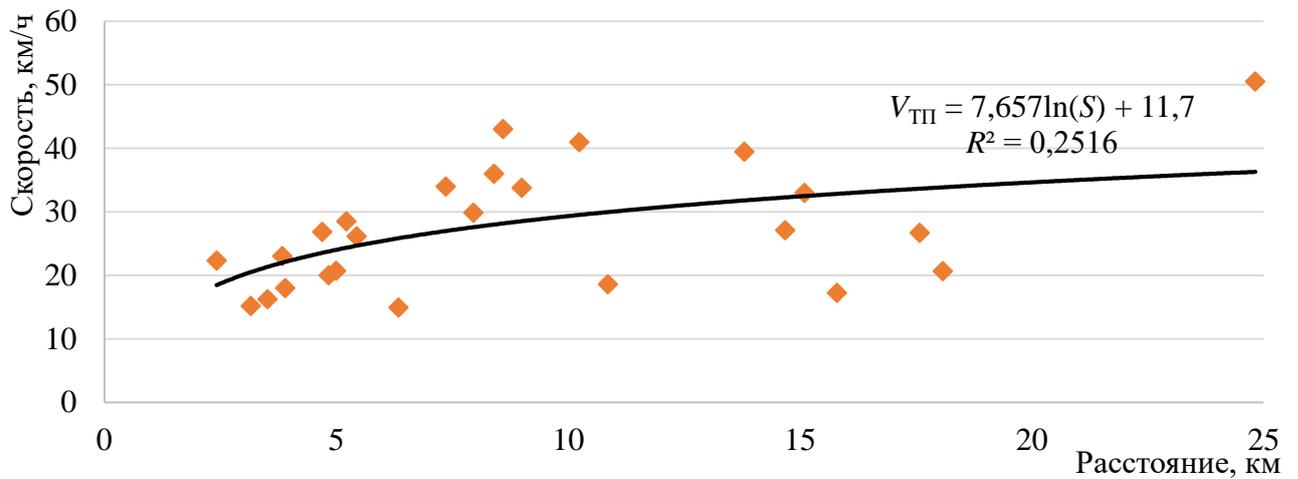


Рисунок 20п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова

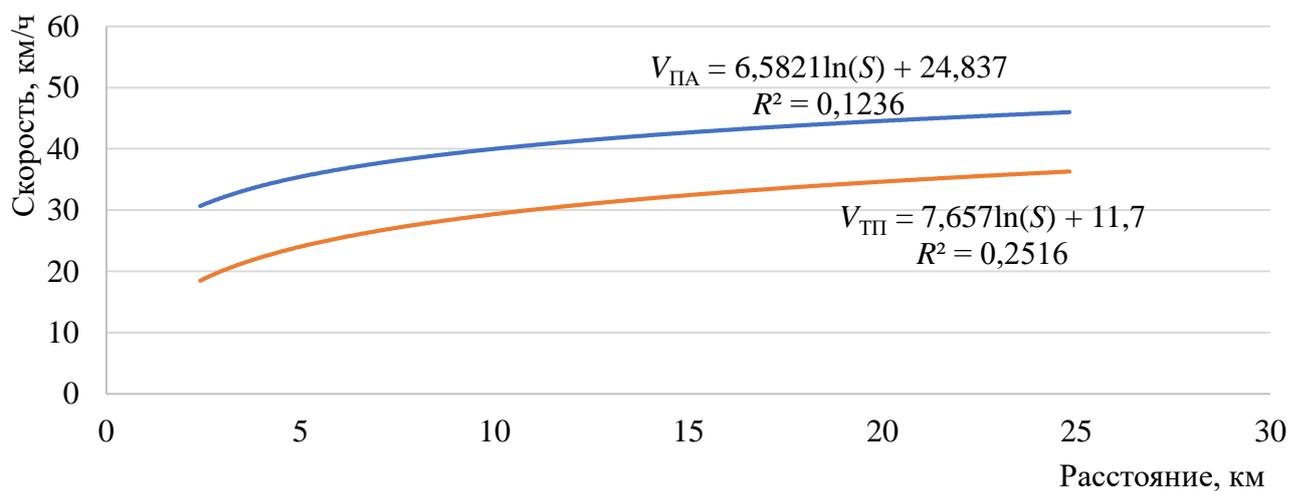


Рисунок 21п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АБГ и средней скорости транспортного потока по всему массиву данных:

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

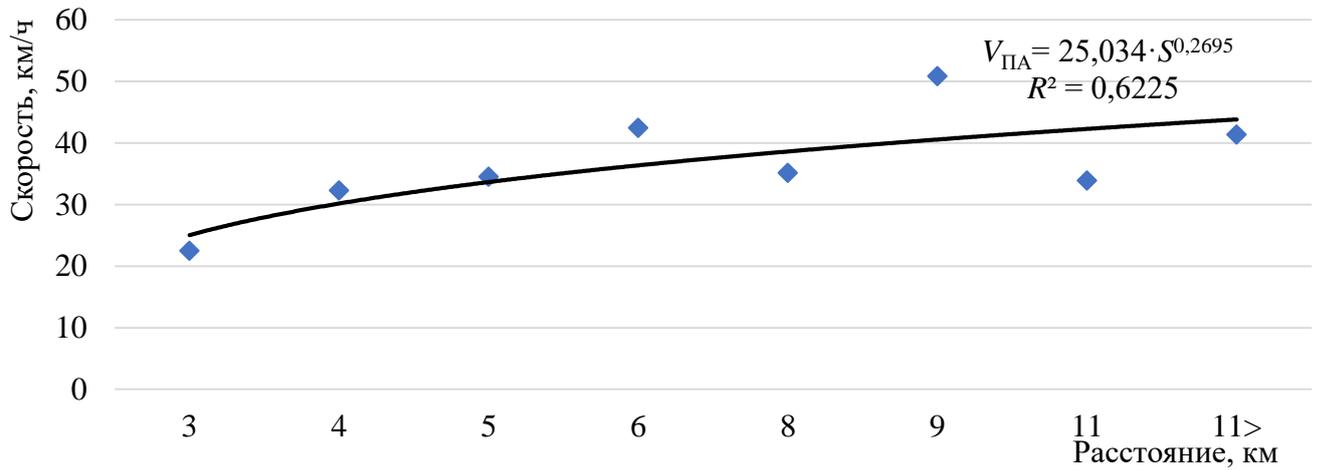


Рисунок 22п – Зависимость средней скорости следования пожарно-спасательных подразделений АБГ от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

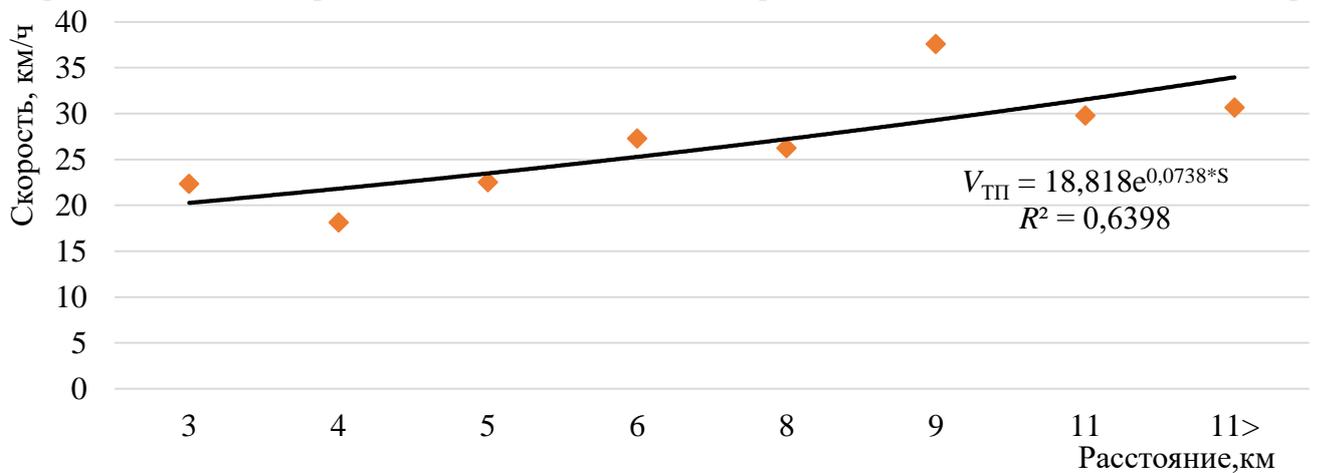


Рисунок 23п – Зависимость средней скорости транспортного потока от расстояния до места вызова по средним значениям на каждый километр

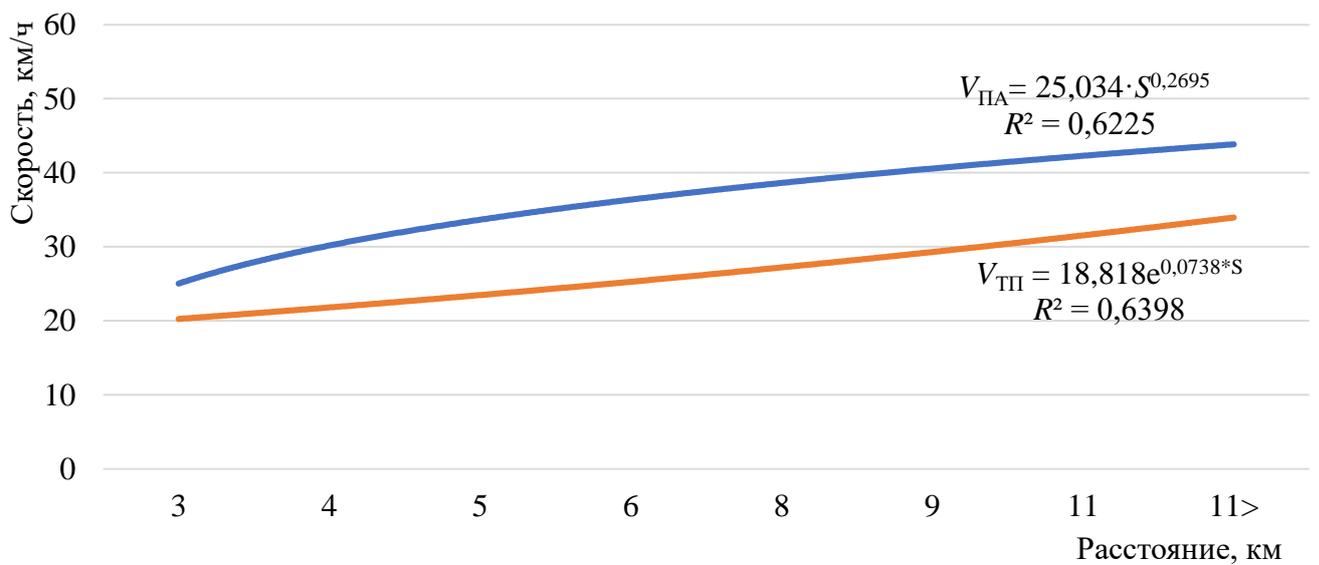


Рисунок 24п – Сравнение кривых аппроксимации средней скорости следования АБГ и скорости транспортного потока в зависимости от расстояния по средним значениям на каждый километр

■ – скорость следования ПА, км/ч; ■ – скорость следования ТП, км/ч

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника Академии
ГПС МЧС России по учебной работе
кандидат военных наук

«» М.В. Бедило
2017 г.



АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России, капитана внутренней службы Сибирякова Максима Владимировича на тему:
«Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями» в учебном процессе
Академии ГПС МЧС России

Комиссия в составе: профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н., профессора Брушлинского Николая Николаевича, профессора кафедры УиЭ ГПС, д.т.н., профессора Соколова Сергея Викторовича, ведущего научного сотрудника кафедры УиЭ ГПС, к.т.н., Алехина Евгения Михайловича подтверждает, что результаты диссертационного исследования Сибирякова Максима Владимировича применяются в компьютерной имитационной системе «КОСМАС» при моделировании скоростных характеристик оперативных подразделений экстренных служб для повышения точности определения времени сосредоточения сил и средств по экстренному вызову.

Комиссия:

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

Н.Н. Брушлинский

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

С.В. Соколов

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

Е.М. Алёхин

УТВЕРЖДАЮ
 Заместитель начальника Академии
 ГПС МЧС России по учебной работе
 кандидат военных наук

М.В. Бедило
 2017 г.



АКТ

внедрения результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук адъюнкта факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии ГПС МЧС России, капитана внутренней службы Сибирякова Максима Владимировича на тему:
 «Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями» в учебном процессе
 Академии ГПС МЧС России

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

Комиссия:

Начальник кафедры УиЭ ГПС
 к.т.н., доцент
 полковник внутренней службы

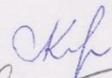
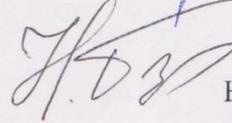
Е.А. Клепко

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

Н.Н. Брушлинский

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

Е.С. Кузнецова


УТВЕРЖДАЮ
 Начальник ФКУ «ЦУКС ГУ
 МЧС России по г. Москве»
 полковник внутренней службы
 А.А. Алпатов



_____ 2017 г.

АКТ

О внедрении результатов диссертационной работы Сибирякова Максима Владимировича на тему: «Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10.- «Управление в социальных и экономических системах»

Комиссия в составе: председателя – подполковника внутренней службы Антохина И.Н. и членов комиссии – полковника внутренней службы Жуковского Ю.А.; подполковника внутренней службы Пастухова В.В.; Никольской Т.В. составили настоящий акт, который подтверждает, что результаты диссертационной работы Сибирякова М.В. связанные с поддержкой оперативного и стратегического управления пожарно-спасательными подразделениями на основе разработанных статистических моделей скоростных характеристик движения пожарно-спасательных подразделений по экстренным вызовам, используются для повышения точности прогноза времени сосредоточения сил и средств по экстренному вызову, анализа ранее совершённых выездов, при подготовке документов предварительного планирования действий пожарно-спасательных подразделений, а также при проведении занятий по профессиональной подготовке с оперативно-должностными лицами территориального пожарно-спасательного гарнизона г. Москвы.

Председатель комиссии:
 Первый заместитель начальника
 ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по г. Москве»
 подполковник внутренней службы

И.Н. Антохин

Члены комиссии:
 Заместитель начальника центра – начальник СПТ
 ФПС ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по г. Москве»
 полковник внутренней службы

Ю.А. Жуковский

Заместитель начальника центра по телекоммуникации
 и АСУ – начальник Управления телекоммуникации и АСУ
 подполковник внутренней службы

В.В. Пастухов

Начальник группы по эксплуатации АСУ
 Управления связи, оповещения и АСУ
 ДГОЧСиПБ Москвы

Т.В. Никольская

УТВЕРЖДАЮ
 Начальник ФГБУ ВНИИПО
 МЧС России
 полковник внутренней службы
 Д.М. Гордиенко



« » _____ 2017 г.

АКТ

О внедрении результатов диссертационного исследования Сибирякова Максима Владимировича на тему: «Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10.- «Управление в социальных и экономических системах»

Настоящий Акт составлен в том, что результаты диссертационного исследования Сибирякова М.В. по теме: «Информационно-аналитическая поддержка управления пожарно-спасательными подразделениями», а именно, геоинформационные данные по прибытию к месту вызову пожарных автомобилей были использованы в научно-исследовательской работе ФГБУ ВНИИПО МЧС России часть I «Нормативно-аналитическая поддержка деятельности по оценке эксплуатации пожарных автомобилей, средств индивидуальной защиты, пожарно-технического вооружения и пожарных рукавов» за 2016 г.

Председатель комиссии:

Главный научный сотрудник
 доктор технических наук

А.И. Логинов

Члены комиссии:

Старший научный сотрудник
 кандидат технических наук

Ю.С. Кузнецов

Старший научный сотрудник
 майор внутренней службы

В.И. Старцев

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017613626

«Программа обработки и анализа ГЛОНАСС данных о следовании к месту вызова пожарно-спасательных подразделений»

Правообладатель: **Сибиряков Максим Владимирович (RU)**

Автор: **Сибиряков Максим Владимирович (RU)**

Заявка № **2017611189**

Дата поступления **06 февраля 2017 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **23 марта 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**



Список используемых сокращений

ПА – пожарный автомобиль

ОПСП – оперативное пожарно-спасательное подразделение

АЦ – пожарная автоцистерна

АСА – пожарный аварийно-спасательный автомобиль

АЛ – пожарная автолестница

АПК – пожарный коленчатый автоподъемник

АБГ – пожарный автомобиль-база газодымозащитной службы

АСУ – автоматизированная система управления

ТП – транспортный поток

ППС – патрульно-постовая служба

ДПС – дорожно-постовая служба

ПДД – правила дорожного движения

АДС – аварийно-диспетчерская служба

КИС МиУСС – комплексная информационная система мониторинга и управления силами и средствами

ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система

СКО – среднеквадратичное отклонение

CAD – Computer Aided Dispatch – автоматизированная система диспетчеризации

GPS – Global Positioning System – глобальная система позиционирования

GSM – Global System for Mobile – глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи

GPX – GPS eXchange Format – формат обмена GPS

CSV – Comma-Separated Values – формат обмена GPS

HML – eXtensible Markup Language – формат обмена GPS

HTML – HyperText Markup Language – формат обмена GPS

PHP – Personal Home Page Tools – инструменты для создания персональных веб-страниц