

Фроленков Сергей Викторович

**Информационно-аналитическая поддержка  
управления оперативно-тактическими  
действиями пожарных подразделений  
на этапе следования**

Направление подготовки: 09.07.01  
«Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) подготовки: 05.13.10  
«Управление в социальных и экономических системах»  
(технические науки)

Научный руководитель:  
Профессор кафедры ПС и ГП  
кандидат технических наук, доцент

В.В. Терехнев

Москва 2018

**Цель исследования** – повышение оперативности управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений

**Объект исследования** – пожарно-спасательные подразделения

**Предмет исследования** – модель поддержки управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений

**Задачи исследования:**

1. провести исследование особенностей методов и моделей формирования маршрутов следования до мест ЧС и пожаров;
2. разработать модели, синтезирующие существующие алгоритмы выбора оптимального маршрута с учетом влияния различных внешних факторов на скорость следования к месту вызова;
3. выработать новые подходы к обработке потоковых данных загруженности маршрутов при определении оптимальных путей доставки сил и средств в мегаполисах;
4. обосновать модель и алгоритмы принятия решений при формировании оптимальных вариантов маршрутов для доставки сил и средств к местам ЧС и пожаров в мегаполисах.

# Список опубликованных научных работ

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем с.	Соавторы
1.	Управление оперативно-тактическими действиями подразделений на этапе следования на пожар с помощью теории графов	печатная (тезисы доклада)	Материалы VI Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» – М. : Академия ГПС МЧС России, 2018.	3	-
2.	Проблемы исследований оперативно-тактических действий пожарных подразделений	печатная (тезисы доклада)	Материалы VI Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» – М. : Академия ГПС МЧС России, 2018.	3	Теребнев В.В.
3.	Повышение эффективности функционирования оперативно-тактических действий противопожарных подразделений на стадии тушения «пожар	печатная (статья)	Вестник Кокшетауского технического института . – 2018. – № 1(29). - С. 38-44	6	Теребнев В.В. Шарипханов С.Д. Кусаинов А.Н.

# Список опубликованных научных работ

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем с.	Соавторы
4.	Использование методов математической статистики в исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений	печатная (тезис)	Материалы двадцать пятой международной научно-технической конф. «Системы безопасности – 2016». М.: АГПС МЧС России, 2016. С. 195-198	3	В.В. Теребнев М.В. Черкинский
5.	Сравнение данных двух независимых групп при исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений	печатная (тезис)	Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно- спасательные и специальные работы. Материалы Международной научно-практической конференции. 17 марта 2017 г. – Кокшетау, РГУ «КТИ КЧС МВД Республики Казахстан». – 2017. С. 276-280	4	В.В. Теребнев М.В. Черкинский
6.	Алгоритм выбора статистического критерия при исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений	печатная (тезис)	Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017 с. 632-636	4	В.В. Теребнев М.В. Черкинский

# Список опубликованных научных работ

5

№ п\п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем с.	Соавторы
7.	Проблемные вопросы развертывания рабочих рукавных линий малого диаметра при тушении пожаров в жилых многоквартирных домах	печатная (тезис)	Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017 с. 636-641	5	В.В. Тербнев М.В. Черкинский

## План-проспект диссертации

### ВВЕДЕНИЕ

### ГЛАВА 1. АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИМИ ДЕЙСТВИЯМИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

1.1. Понятие об оперативно-тактических действиях пожарных подразделений

1.2. Анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих оперативно-тактические действия пожарных подразделений

1.3. Управление оперативно-тактическими действиями подразделений на этапе следования

1.4. Проблематика управления подразделений в процессе следования в условиях мегаполиса.

Выводы по первой главе

### ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ СЛЕДОВАНИЯ К МЕСТАМ ЧС И ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

2.1. Выбор оптимального маршрута следования до мест оперативной дислокации

## План-проспект диссертации

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

2.4. Реализация элемента системы маршрутизации на основе теории графов

Выводы по второй главе

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА, АНАЛИЗ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА И ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ДВИЖЕНИЯ В УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА

3.1. ...

3.2. ...

3.3. ...

Выводы по третьей главе

## План-проспект диссертации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Содержание работы изложено на \_\_ страницах текста, включает в себя \_\_\_ рисунков, \_\_ таблиц, список литературы из \_\_\_ наименований, приложения на \_\_ страницах.



# Введение

# Приказ Министерства образования и науки РФ от 10 ноября 2017 г. № 1093 “Об утверждении Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук”

30. Диссертация оформляется в виде рукописи и имеет следующую структуру:

- а) титульный лист;
- б) оглавление;
- в) текст диссертации, включающий в себя введение, основную часть, заключение, список литературы.

Текст диссертации также может включать список сокращений и условных обозначений, словарь терминов, список иллюстративного материала, приложения.

Введение к диссертации включает в себя актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробацию результатов.

В основной части текст диссертации подразделяется на главы и параграфы или разделы и подразделы, которые нумеруются арабскими цифрами.

В заключении диссертации излагаются итоги выполненного исследования, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы.

## Введение

**Актуальность темы исследования.** Оперативно-тактические действия пожарных подразделений – это организованное применение сил и средств пожарной охраны для выполнения задач по тушению пожара и аварийно-спасательным работам.

Действия подразделений по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, начинаются с момента получения сообщения о пожаре и заканчиваются в момент их возвращения к месту постоянной дислокации и постановки в расчет.

Согласно Боевого устава пожарной охраны, выезд и следование к месту вызова совершается в максимально короткое время. Это может быть достигнуто: сбором и выездом пожарного расчета в течение времени, не превышающего нормативное; следованием по кратчайшему маршруту с использованием специальных световых и звуковых сигналов (с учетом обеспечения безопасности движения), а так же знанием особенностей района выезда.

В современных реалиях, особенно в больших городах, кратчайший маршрут следования к месту вызова не всегда может являться оптимальным. Практика показывает, что необходимо так же учитывать такие параметры, как загруженность дорог, размеры проезжей части, время суток, время года, характеристику пожарного автомобиля (габариты, массу, скорость движения), состояние дорожного покрытия, уклон местности.

До настоящего времени в работах, касающихся изучения скоростных характеристик реагирования оперативных подразделений экстренных служб на вызовы, не использовались технологии, позволяющие с высокой точностью определить оптимальные маршруты следования.

Настоящая диссертационная работа посвящена изучению оптимальных маршрутов следования оперативных пожарно-спасательных подразделений во время экстренного выезда. 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, С.В. Соколов, В.В. Терехнев, Б.М. Пранов, Е.М. Алёхин, Н.Г. Топольский, Г.И. Абдурагимов, В.В. Роевко, В.А. Пряничников, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин, Ф.А. Исайкин, А.Н. Денисов, Р. Wagner и многие другие.

В этих работах рассмотрены вопросы оперативно-тактического управления подразделениями пожарно-спасательной службы. Однако оптимальные маршруты следования пожарных подразделений на вызов ранее не изучались

**Цели и задачи.** Целью исследования повышение оперативности управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

- провести исследование особенностей методов и моделей формирования маршрутов следования до мест ЧС и пожаров;
- разработать модели, синтезирующие существующие алгоритмы выбора оптимального маршрута с учетом влияния различных внешних факторов на скорость следования к месту вызова;
- выработать новые подходы к обработке потоковых данных загруженности маршрутов при определении оптимальных путей доставки сил и средств в мегаполисах;
- обосновать модель и алгоритмы принятия решений при формировании оптимальных вариантов маршрутов для доставки сил и средств к местам ЧС и пожаров в мегаполисах.

**Объект исследования:** пожарно-спасательные подразделения.

**Предмет исследования:** модель поддержки управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений.

**Научная новизна** заключается в том, что разработаны и научно обоснованы модель и алгоритмы принятия решений при формировании

рациональных вариантов маршрутов для доставки сил и средств к местам ЧС и пожаров в мегаполисах.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в следующем:

*Научная значимость* - формирование модели, синтезирующей алгоритмы Дейкстры, Флойда и Уоршелла для определения оптимального маршрута с учетом коэффициентов загруженности и исходных данных информационных систем.

*Практическая ценность* - исследования позволили выработать, новые подходы к обработке потоковых данных загруженности маршрутов при определении путей доставки сил и средств пожарной охраны.

**Методология и методы исследования.** В ходе проведения исследования были применены методы системного анализа, методы теории графов, 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:**

- результаты исследований особенностей методов и моделей формирования маршрутов доставки до мест ЧС и пожаров в мегаполисах (на примере Москвы);
- модель и программная разработка, синтезирующие существующие алгоритмы выбора рационального маршрута с учетом коэффициентов загруженности.

**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, 2018 г.)
- международной научно-технической конференции «Системы безопасности» (Москва, 2016 г.);
- всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов» (Москва, 2017 г.).

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 7 работ, из них \_ в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 работы опубликованы в единоличном авторстве.

**Материалы диссертационной работы реализованы в:**

- учебном процессе Академии ГПС МЧС России при изучении дисциплины «Основы научных исследований оперативно-тактических действий пожарных подразделений»

Реализация результатов исследования подтверждена соответствующими актами.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка используемых сокращений, списка литературы и \_ приложений. Общий объем диссертационной работы – \_ страниц. Работа иллюстрирована \_ рисунками и содержит \_ таблиц. Библиографический список включает в себя \_ наименований.

**Статья в издании, рецензируемом ВАК**



Информация  
о журнале



Авторам



Контакты



Архив  
номеров



Анонс



Подписка



Ссылки



English



## Тематика журнала и рубрики

История журнала

Положение о журнале

Редсовет и редколлегия

Региональные редсоветы

Тематика и рубрики



Этика научных публикаций

Выходные данные

Индекс цитирования

Сотрудничество

Ссылки

Журнал публикует статьи и заметки, содержащие новые научные результаты в области теоретических и прикладных проблем управления, по следующим разделам:

- Системный анализ;
- Математические проблемы управления;
- Анализ и синтез систем управления;
- Информационные технологии в управлении;
- **Управление в социально-экономических системах;**
- управление в медико-биологических системах;
- Управление техническими системами и технологическими процессами;
- Управление подвижными объектами;
- Обзоры, прогнозы;
- Философские вопросы управления;
- Краткие сообщения;
- Письма в редакцию\*;
- Хроника.

\* С 2014 года материалы рубрики "Письма в редакцию" публикуются только на сайте журнала (см. главную страницу, верхнее меню).

Публикуются также обзоры, характеризующие современное состояние основных проблем, сообщения о наиболее интересных научных конференциях, материалы научных дискуссий, рецензии на новые книги.

**Журнал рекомендован экспертным советом ВАК по управлению, вычислительной технике и информатике и экспертным советом ВАК по экономике (для кандидатских и докторских диссертаций).**

## Правила оформления статей для публикации в журнале «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

*Редакция оставляет за собой право не рассматривать статьи, оформленные с существенным нарушением настоящих правил.*

Авторы, предоставляющие свои работы для опубликования в журнале «Проблемы управления», гарантируют, что статьи являются оригинальными (не публиковались ранее в других изданиях в их нынешней или близкой по содержанию форме), не находятся на рассмотрении в редакциях других изданий, и все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемых статей, урегулированы. Авторы подтверждают, что их публикация не нарушает ни одно из существующих авторских прав и гарантируют издателю возмещение убытков в случае выявления подобных нарушений. Для удобства распространения и для обеспечения реализации политики использования материалов авторы передают издателю исключительное право собственности на рукопись, если не предусмотрено иное.

**Структура статьи:** Введение (дать краткий обзор рассматриваемой в статье темы, сославшись на зарубежные и отечественные источники), параграфы 1, 2, ... (знак § не ставить, параграфы должны быть озаглавлены и могут состоять из пунктов, тоже озаглавленных и пронумерованных, например, 1.1, 1.2 ..., 2.1, 2.2 и т. д.), Заключение, Список цитированной литературы. Перед заголовком статьи указать индекс УДК, после заголовка перечислить всех авторов (сначала инициалы, затем фамилия), дать аннотацию (см. ниже Приложение) и ключевые слова на русском языке. К статье приложить перевод на английский язык заголовка, фамилий авторов, аннотации и ключевых слов. На каждого автора заполнить анкету:

Фамилия, имя, отчество (полностью)

Полное название организации (не более двух аффилиций) – места работы (учебы), ее почтовый адрес, сайт

Ученая степень, занимаемая должность,

Номера контактных телефонов (с указанием кода города)

E-mail

Сайт (если имеется)

Укажите, пожалуйста, с кем из авторов (если авторов несколько) вести переписку или переговоры и по какому адресу или телефону

Каким образом Вы узнали о нас

Ваша организация выписывает наш журнал?

Вы являетесь подписчиком нашего журнала?

Объем оригинальной статьи не должен превышать 18, обзорной – 30, краткого сообщения – 8 страниц текста (большие объемы следует согласовывать с редакцией). Текст печатается через полтора интервала во всю ширину страницы (на колонки не разбивается), формат страницы А4, ориентация книжная, страницы нумеруются. Текст должен быть набран в редакторе MS Word версии не ниже Word 97 шрифтом Times New Roman 12 пунктов. Поля: левое 2,5 см, правое 1,5 см, верхнее и нижнее 2 см.

Рисунки присылаются в редакцию в отдельных файлах, имеющих расширение, совместимое с MS Word (рисунок MS Word (толщина линий не менее 3 пкс) или же расширение, соответствующее программе, в которой выполнен рисунок. Фотографии должны быть четкими, с разрешением не менее 300 dpi (цветовая кодировка CMYK). **Внимание!** В журнале черно-белая печать, поэтому цветные рисунки при печати должны быть четкими и достаточно контрастными. Особое внимание следует обратить на кривые и графики зависимостей. Они должны отличаться друг от друга. Для этого их следует выполнять либо линиями разной толщины, либо штриховыми или пунктирными линиями, либо снабжать маркерами, либо пронумеровывать, дав соответствующие пояснения в подрисуночном тексте. **Цветные рисунки**, если необходимо, публикуются на третьей полосе обложки, они должны занимать всю страницу формата А4. Большой объем цветных рисунков согласовывается с редакцией.

Все буквенные обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисуночном текстах. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны. В головке и (или) боковике таблицы следует дать обозначения или названия величин, значения которых размещены в ячейках таблицы. Единицы измерения указать в системе СИ.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе MathType Equation или MS Equation. **Внимание:** греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция «Style/Text»), латинские – курсивом (опция «Style/Math»). Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста (а не как объекты формульного редактора). Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте. Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная. Громоздкие доказательства теорем выносятся в Приложение.

Список литературы составляется в порядке цитирования и оформляется в соответствии с ГОСТ. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках.

Статья должна быть написана на русском языке и представляется в редакцию по электронной почте [pu@ipu.ru](mailto:pu@ipu.ru). Если файлов несколько, то их лучше выслать одним архивом.

В конце статьи после списка литературы указать сведения о каждом авторе в формате:

**Сидоров Иван Петрович** – д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва; профессор, Московский авиационный институт, [sidorov@mail.ru](mailto:sidorov@mail.ru).  
**Васильева Нина Александровна** – канд. экон. наук, ст. науч. сотрудник, Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН, [nina\\_vas05@yandex.ru](mailto:nina_vas05@yandex.ru).

### ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ССЫЛОК НА ЛИТЕРАТУРУ

На книгу

1. *Цыганов В.В., Бородин В.А., Шишкин Г.Б.* Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью. – М.: Университетская книга, 2004. – 770 с.

На статью из журнала

2. *Кузнецов Л.А.* Системное представление финансово-хозяйственной деятельности предприятия // Проблемы управления. – 2003. – № 3. – С. 39–48.  
3. *Akers S.B.* Binary decision diagrams // IEEE Trans. on Computers. – 1978. – Vol. C-27, N 6. – P. 509–516.

На статью из сборника

4. *Абаишвили Е.О.* Рынок труда и уровень жизни населения России: нелинейные методы анализа и прогнозирования // Информация и экономика: теория, модели, технологии: сб. науч. тр. – Барнаул, 2002. – С. 80–111.

На доклад из сборника трудов конференции

5. *Рыков А.С., Давош В.В., Матвиенко М.Ю.* Система конструирования и исследования алгоритмов деформируемых конфигураций // Тр. междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO'2000/ИПУ РАН. – М., 2000. – С. 5–9.  
6. *Hu B., Mann G., Gosling R.* How to evaluate fuzzy PID controllers without using process information // Proc. of the 14-th World Congress IFAC. – Beijing, 1999. – P. 177–182.  
7. *Нижнегородцев Р.М.* Импульсное моделирование миграционных процессов // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы IX междунар. конф. – М., 2001. – С. 150–155.

На автореферат диссертации

8. *Венков А.Г.* Построение и идентификация нечетких математических моделей технологических процессов в условиях неопределенности: автореф. дис... канд. техн. наук. – Липецк: ЛГТУ, 2002. – 20 с. или автореф. дис... д-ра экон. наук.

На книгу под редакцией

9. *Справочник по теории автоматического управления* / под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.

На авторские свидетельства и патенты

10. *А. с. 1007970 СССР* Устройство для захвата деталей / В.С. Ваулин, В.Г. Кемайкин // Бюл. – 1981. – № 12. – С. 136.

УДК 614.8+519.2

## СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИМИ ДЕЙСТВИЯМИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

С.В. Фроленков

Академик Государственной противопожарной службы МЧС России

Рассмотрено применение математического аппарата теории графов для разработки методики минимизации срока прибытия пожарных подразделений к месту возникновения чрезвычайной ситуации.

Представлены аспекты практической реализации поиска оптимального маршрута, в том числе, информационную базу и программное обеспечение.

Ключевые слова: оптимизация маршрута следования, теория графов, компьютерная система, программное обеспечение, пожарные подразделения, оперативно-тактические действия.

## Введение.

Современные системы управления, в том числе и информационно-аналитические системы прогнозирования, мониторинга и обеспечения реагирования на чрезвычайные ситуации, могут быть эффективными только при условии, что для обработки информации используется компьютерная техника. Для обеспечения оперативного управления силами и средствами аварийно-спасательных служб в составе таких компьютеризированных информационно-аналитических систем должны существовать так называемые автоматизируемые подсистемы связи и оперативного управления (АПЗУ) [1].

Одной из важнейших функций АПЗУ является формирование приказа на проведение работ по ликвидации чрезвычайной ситуации, в состав которого обязательно входит маршрут следования аварийно-спасательной техники к заданному объекту. При этом возникает необходимость решения проблемы сохранения срока прибытия техники на объект.

## 1. Формулирование целей исследования.

Целью работы является решение комплексной задачи минимизации срока прибытия аварийно-спасательной техники на объект. Анализ показывает, что надлежащий результат может быть достигнут за счет трех факторов:

- выбор оптимального маршрута следования аварийно-спасательной техники по минимуму затраченного времени прибытия к объекту;
- создание программного обеспечения, которое использует при оптимизации маршрута следования быстродействующие алгоритмы;
- построение управления программным обеспечением таким образом, чтобы нужные входные данные могли быть введены оператором в кратчайшие сроки.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать аппарат теории графов для выбора подходящего алгоритма поиска оптимального по быстродействию маршруту следования;
- проанализировать деятельность оператора для определения эксплуатационных характеристик программного обеспечения, которое обеспечивало бы его эффективную работу в момент получения сообщения о чрезвычайной ситуации;
- проанализировать факторы, влияющие на продолжительность выезда и срок прибытия аварийно-спасательного подразделения на объект, в том числе состояние дорог, интенсивность уличного движения, наличие поворотов и тому подобное;

- определить величины средних скоростей аварийно-спасательной техники во время движения транспортными магистралями города

- разработать программное обеспечение для автоматического поиска оптимального маршрута следования техники местоположении пожарной части до объекта с учетом требований к деятельности оператора.

## 2. Анализ публикаций, на которые опирается автор.

Математические модели, с помощью которых могут быть представлены маршруты следования, в основном построены на использовании теории графов [2]. Известны также и некоторые алгоритмы построения оптимальных по различным критериям маршрутов на графах [3]. Но все это может быть применено только за основу, поскольку, как сами модели, так и соответствующие алгоритмы оптимизации, предусматривают равноправие ребер графа. Для реальных же ситуаций такое предположение является неприемлемым.

3. Выбор маршрута следования при управлении оперативно-тактическими действиями.

Минимизация срока прибытия аварийно-спасательной техники к объекту осуществляется путем поиска оптимального маршрута следования на базе примененных методов теории графов. При этом информация о транспортных магистрали города должна быть надлежащим образом приспособлена: перекресток улиц и переулков должны быть представлены вершинами некоторого графа, а сами улицы и переулки - его ребрами.

В соответствии с этим идеальный граф математической модели города обладает следующими свойствами:

- граф не содержит изолированных вершин, в противном случае это означало бы наличие недоступных проезда перекрестков;
- граф не является полным; это означает, что каждый перекресток города непосредственно связан улицей или переулком только с небольшим количеством других соседних перекрестков;
- граф не является однородным, то есть степени его вершин могут быть разными; это значит, что от того или иного перекрестка может отходить разное количество улиц;
- граф является плоским; это означает, что при пересечении двух улиц обязательно существует соответствующий перекресток;
- граф является связным; это означает, что всегда можно проехать от одного перекрестка до любого другого, и улицы, недоступные для проезда, отсутствуют;
- граф ориентирован; это означает, что на некоторых улицах или переулках возможен только одностороннее движение.

Однако, математическая модель города в виде графа не является статичным образованием. Практический опыт подсказывает, что в этой модели должна быть предусмотрена возможность оперативного исключения или вставки заданных вершин и ребер.

Это связано с тем, что в городе периодически происходит ремонт отдельных участков дорожного покрытия транспортных магистралей, а также коммунальных. Достаточно часто движение транспортных средств на тех или иных участках улиц может быть невозможным из-за разнообразных строительных работ, стихийных бедствий или катастроф или из-за последствий боевых действий. Кроме того, движение транспорта по некоторым улицам может быть временно запрещено из-за проведения различных массовых общественных мероприятий.

Все указанные факторы приводят к тому, что по определенным участкам некоторым улиц проехать автомобильным транспортом становится временно невозможно. При таких условиях, в лучшем случае, возникает потребность в использовании обходных путей; в худшем случае, те или иные районы города становятся недоступными.



операции: указание места дислокации пожарной части, настройки печати, выбор надписей информационной базы, а также установки или снятия перекрытия улиц в соответствии с полученными данными.

Этап оперативной работы с программой реализуется при получении сообщения об адресе объекта возникновения чрезвычайной ситуации. При этом сначала осуществляется выбор соответствующего ему перекрестка. А дальше решается задача поиска лучшего пути на графе между заданными вершинами с применением алгоритма Дейкстры [2]. В результате дежурный караул в кратчайшие сроки получает путевой лист, содержащий оптимальный маршрут следования с элементами навигации.

#### Заключение

Анализ математического аппарата теории графов показал возможность его использования для разработки методики минимизации срока прибытия аварийно-спасательной техники к месту возникновения чрезвычайной ситуации. Идеальный граф математической модели транспортных магистралей города не содержит изолированных вершин, не является полным, не является однородным, является плоским, связным и ориентированным.

Поиск оптимального маршрута, который обеспечивает минимальное время перемещения между заданными перекрестками, целесообразно проводить с использованием одной и той же средней скорости движения вдоль всей улицы, а также с учетом средних значений потерь времени на поворотах.

Для реализации поиска оптимального маршрута необходимо использование таких новых понятий как комплект ребер графа (ребер, имеющих определенный общий признак), индекс ребра (для определения принадлежности ребра к тому или иному комплекту), а также дискретная функция штрафов (для определения размера штрафа при переходе с одного ребра на другое). В приспособлении к графу, который представляет собой маг магистральную модель города, в состав комплектов ребер должны входить те ребра, соответствующие одной и той же улице, индекс ребра представляет собой порядковый номер комплекта, функция штрафов может быть задана как константа, равная среднему времени, расходуется на поворот.

Практическая реализация поиска оптимального маршрута следования возможна при условии образования искусственных перекрестков в местах расположения пожарных частей, в месте расположения объекта или путем условного его переноса в ближайший перекресток, в местах разрыва непрерывной последовательности домов, в месте поворота косвенной улицы, в месте перекрытия улицы для проезда.

Разработанное программное обеспечение с точки зрения оператора имеет три основные характеристики:

- имеет оптимальный маршрут следования, для которого срок прибытия на объект является минимальным;
- при поиске оптимального маршрута использует такой алгоритм, в котором срок выполнения нужных вычислений является минимальным;
- управление работой программы предусмотрено таким, что необходимые для ее работы данные могут быть введены простым путем в кратчайшие сроки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связи в пожарной охране. - М.: Радио и связь, 1987. - 304 с.
2. Ава А., Каварофф Д., Уильям Д. Структуры данных и алгоритмы. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. - 384 с.
3. Носиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. - СПб.: Питер, 2003.

†роленков Сергей Викторович – адъюнт, Академик Государственной противопожарной службы МЧС России, [fv33@mail.ru](mailto:fv33@mail.ru).

#### SYSTEM OF OPTIMIZATION OF THE SELECTION OF THE ROUTE TRACK IN MANAGEMENT OF OPERATIONAL-TACTICAL ACTIONS OF FIRE DIVISIONS

S.V. Froleskov

Academy of the State Fire Service EMERCOM of Russia

The application of the mathematical apparatus of graph theory is considered to develop a methodology for minimizing the time of arrival of fire units to the place of occurrence of an emergency situation.

The aspects of practical realization of the search for the optimal route are presented, including information base and software.

Key words: optimization, route, graph theory, computer system, software