

УДК 614.842: 004.428

## Расчётное определение области нормативного обслуживания пожарных частей на территории города Красноярска

## Settlement definition of area of normative service of fire departments in the territory of the city of Krasnoyars

*А.А. Мельник,  
канд. тех. наук, доцент;*

*А.В. Антонов,  
канд. тех. наук;*

*Н.В. Мартинович;*

*О.С. Малутин*

*ФГБОУ ВО Сибирская  
пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России*

*A. A. Melnik,  
Ph.D. of Engineering Sciences,  
Docent;*

*A. V. Antonov,  
Ph.D. of Engineering Sciences;*

*N. V. Martinovich;*

*O. S. Malyutin*

*FSBEE HE Siberian Fire  
and Rescue Academy  
EMERCOM of Russia*

### Аннотация:

В статье описывается разработка информационной системы расчета областей нормативного обслуживания пожарными подразделениями. Дается описание методики расчета. Приводится база нормативной и руководящей документации в данной области. Перечисляются основные этапы проведения расчетов, которые в дальнейшем переносятся на алгоритм работы с информационной системой. Описывается выбор картографической основы и размещения пожарных подразделений, порядок и особенности определения граничных скоростей следования пожарных подразделений. Приводятся основные результаты работы. В заключении перечисляются основные направления применения полученной информационной системы. Сделаны выводы о том, что полученные результаты могут представлять интерес для органов управления пожарными подразделениями и необходимости дальнейшего развития описываемой системы.

**Ключевые слова:** пожарная охрана, управление, пожарная техника, пожарное депо, район выезда.

### Abstract:

The article describes the process of creating an information system for calculating the areas of normative service time of fire departments. A description of the calculation method is given. The base of normative and guiding documentation in this area is given. The main stages of calculations which are further transferred to the algorithm of work with the information system are listed. The article describes the choice of cartographic basis and placement of fire units, the order and features of determining the boundary speeds of fire units. The main results of the work are given. In conclusion, the main directions of application of the information system are listed. It is concluded that the results may be of interest to the management of fire departments and the need for further development of the described system.

**Keywords:** fire service, management, fire technic, firehouse, ride area.

### Введение

Отдаленность пожарных подразделений от охраняемых объектов приводит к значительному увеличению времени оперативного реагирования и прибытия их к месту возникновения чрезвычайных ситуаций, тем самым, увеличивая риск наступления тяжелых последствий. В связи с уменьшением плотности размещения пожарных подразделе-

ний за счет ликвидации ведомственных пожарных частей, увеличилось время прибытия пожарных подразделений к месту вызова, что в свою очередь негативно повлияло на уровень противопожарной защиты города Красноярска. Этому способствует и увеличение транспортной загрузки основных автомобильных дорог в черте города. В целях подготовки и формирования генерального плана городского округа города Красноярска и определения перспективных мест дислокации подразделений пожарной охраны сотрудниками ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России была проведена работа по определению области нормативного обслуживания подразделений ФГКУ «30 отряд ФПС по Красноярскому краю» с учетом транспортной сети г. Красноярска и статистических данных о времени прибытия первого подразделения.

#### **Методика определения фактического времени прибытия подразделений пожарной охраны**

Согласно действующих в Российской Федерации норм технического регулирования места дислокации подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов определяются исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова не должно превышать 10 минут [1]

Непосредственно определение мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах, в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений, осуществляется в соответствии с рекомендациями МЧС России, утверждёнными Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору Г.Н. Кирилловым от 30 декабря 2009 г. № 2-60-14-18 (далее - Рекомендации) [2].

Рекомендации предназначены для использования при разработке планов строительства сил и средств пожарной охраны в городских поселениях, в городских округах и в сельских поселениях, а также для определения мест размещения дополнительных подразделений пожарной охраны в городских населенных пунктах и сельских районах, в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений.

Методика, изложенная в рекомендациях, предусматривает следующие этапы определения зоны фактического времени прибытия подразделений:

1 этап – выбор картографической основы.

На данном этапе выбирается карта городского поселения (городского округа), сельского района

с нанесенными на ней соответствующими топологическими символами (транспортная сеть, водные преграды, лесные массивы, здания, сооружения и т.д.), определяется граница рассматриваемого населенного пункта или сельского района.

2 этап – указание мест дислокации подразделений.

На данном этапе на карте определяются места дислокации каждой действующей пожарной части.

3 этап – определение граничных значений скорости пожарных автомобилей.

На данном этапе на основе статистической информации о выездах или на основе экспериментальных данных для каждого отрезка дорог определяется граничное значение скорости пожарного автомобиля.

4 этап – определение зоны обслуживания.

На заключительном этапе, основываясь на полученных данных, производится расчет максимальной протяженности пути, который способны преодолеть пожарные автомобили. Затем на карте, в масштабе, указываются зоны, где соблюдаются нормативные значения времени прибытия подразделений пожарной охраны.

Результатом выполнения вышеуказанных этапов является карта населенного пункта с указанием области нормативного (10-и минутного прибытия) обслуживания каждого из рассматриваемых подразделений. Совокупность областей нормативного обслуживания, построенных вокруг каждого пожарного депо, определяет область нормативного обслуживания всего населенного пункта.

Для работы, в качестве источника картографических данных исследуемого населённого пункта, был выбран свободный веб-картографический сервис OpenStreetMap (дословно - «открытая карта улиц») [3].

OpenStreetMap — некоммерческий веб-картографический проект по созданию силами сообщества участников — пользователей Интернета подробной свободной и бесплатной географической карты мира.

Данные этого сервиса используются во многих навигационных приложениях и ресурсах. OpenStreetMap используют такие сайты и организации как Организация Объединённых Наций, Википедия, Microsoft Bing Maps, Федеральное космическое агентство России (на геопортале), MapQuest, Викимапия, Оксфордский университет, сайт президента США, французская газета «Libération», американские спасательные службы, а также Космоснимки, Monopoly City Streets и другие ресурсы.

Официально, на возможность использования карт в своих продуктах, указывают навигационные компании Garmin, ПРОГОРОД, Автоспутник и PocketGIS.

Для создания карт используются данные с персональных GPS-трекеров, аэрофотографии, видеозаписи, спутниковые снимки и панорамы улиц, предоставленные некоторыми компаниями, а также собственные знания человека, формирующего карту. Любой пользователь имеет возможность внесения изменений и дополнений в картографические данные, что позволяет самостоятельно вносить сведения об объектах реального мира в случае их отсутствия или наличия неточностей в их указании.

Данные проекта распространяются на условиях лицензии Open Database License, что подразумевает их свободное использование в любой форме, при условии упоминания источника. На официальном сайте OpenStreetMap нет рекламы. Проект поддерживается некоммерческой организацией OpenStreetMap Foundation, существующей за счёт пожертвований.

Места дислокации подразделений ФГКУ «30 отряд ФПС по Красноярскому краю» определены на основе предоставленных данных.

В состав ФГКУ «30 отряд ФПС по Красноярскому краю» входят 11 пожарных частей: ПСЧ-1; ПСЧ-2; ПСЧ-3; ПСЧ-4; ПСЧ-8; ПСЧ-10; ПСЧ-17; ПСЧ-19; ПСЧ-20; ОП ПСЧ-20 (мкр. Пашенный); СПЧ. Дополнительно рассмотрено подразделение ГУ МЧС России по Красноярскому краю, дислоцирующееся на территории г. Красноярска – ФГКУ «Специализированная пожарная часть ФПС по Красноярскому краю». Всего в данной работе рассмотрены 12 подразделений ФПС МЧС России, дислоцирующиеся на территории г. Красноярска:

**Пожарно-спасательная часть № 1** (по охране Центрального района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Ленина, 59;

**Пожарно-спасательная часть № 2** (по охране Ленинского района).

Адрес: г. Красноярск, Пр. им. газеты Красноярский Рабочий, 17;

**Пожарно-спасательная часть № 3** (по охране Октябрьского района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Калинина, 90 «а»;

**Пожарно-спасательная часть № 8** (по охране Кировского района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Западная, 8;

**Пожарно-спасательная часть № 17** (по охране Советского района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Космонавтов, 8;

**Пожарно-спасательная часть № 4** (по охране Советского района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Шахтеров, 2 «в»;

**Пожарно-спасательная часть № 19** (по охране Железнодорожного района).

Адрес: г. Красноярск, ул. Ленина, 216;

**Пожарно-спасательная часть № 20** (по охране Свердловского района)

Адрес: г. Красноярск, ул. Лесопильщиков, 163/1;

**ОП ПСЧ-20** (мкр. Пашенный) ФГКУ «30 отряд ФПС по Красноярскому краю». Адрес отдельного поста: г. Красноярск, ул. Карамзина, 15;

**Пожарно-спасательная часть № 10** (по охране Свердловского района). Адрес: г. Красноярск, ул. 60 лет Октября, 2;

**Специализированная пожарная часть по тушению крупных пожаров.**

Адрес: г. Красноярск, ул. Лесная, 2а;

**Специализированная пожарная часть ФПС по Красноярскому краю.**

Адрес: г. Красноярск, ул. 40 лет Победы, 15.

В соответствии с Рекомендациями данные о скорости движения пожарных автомобилей возможно получить:

- путем анализа статистической информации по выездам подразделений пожарной охраны на вызовы;
- экспериментальным методом, путем измерения скорости движения автомобилей по транспортной сети населенного пункта или района.

На этапе определения граничных значений скорости пожарного автомобиля, в соответствии с Рекомендациями, использовались статистические данные, предоставленные ФГКУ «30 отряд ФПС по Красноярскому краю», о 784 реальных выездах на пожары и происшествия, из них:

- 25 % в зимний период с декабря 2018 по февраль 2019 года;
- 25 % в весенний период с марта 2019 по май 2019;
- 25 % в летний период с июня 2019 по июль 2019, август 2018;
- 25 % в осенний период с сентября 2018 по ноябрь 2018.

В соответствии с п. 2.5 Рекомендаций были определены средние значения ( $\mu$ ) и среднеквадратичные отклонения ( $\sigma$ ) скорости движения пожарных автомобилей. Граничное значение скорости пожарного автомобиля определено по формуле:

$$v_{гр} = \mu - \sigma.$$

**Таблица. Определение граничных значений скоростей**

№, п/п	Подразделение пожарной охраны	Медианная скорости ( $\mu$ )	Средн. квад. отклонение ( $\sigma$ )	Граничное значение скорости, км/ч $v_{гр} = \mu - \sigma$
1.	Пожарно-спасательная часть № 1 (по охране Центрального района)	30	10,5	<b>19,5</b>
2.	Пожарно-спасательная часть № 2 (по охране Ленинского района)	35	8,8	<b>26,2</b>
3.	Пожарно-спасательная часть № 3 (по охране Октябрьского района)	39,1	7,6	<b>31,5</b>
4.	Пожарно-спасательная часть № 8 (по охране Кировского района)	31,5	9,3	<b>22,2</b>
5.	Пожарно-спасательная часть № 17 (по охране Советского района)	28,3	6,2	<b>22,1</b>
6.	Пожарно-спасательная часть № 4 (по охране Советского района)	28,3	6,2	<b>22,1</b>
7.	Пожарно-спасательная часть № 19 (по охране Железнодорожного района)	30,7	11,1	<b>19,6</b>
8.	Пожарно-спасательная часть № 20 (по охране Свердловского района)	36,7	9,6	<b>27,1</b>
9.	Отдельный пост ПСЧ-20 (мкр. Пашенный) (по охране Свердловского района)	21,6	8,9	<b>12,7</b>
10.	Пожарно-спасательная часть № 10 (по охране Свердловского района)	30	11,6	<b>18,4</b>
11.	Специализированная пожарная часть по тушению крупных пожаров по г. Красноярск	39,1	7,6	<b>31,5</b>
12.	Специализированная пожарная часть ФПС по Красноярскому краю	28,3	6,2	<b>22,1</b>

В основе системы расчета оптимальных маршрутов пожарных подразделений была положена прикладная реализация задачи построения дерева маршрутов в ориентированных графах. В качестве графа рассматривается городская дорожная сеть (Рисунок 1). Вершинами графа являются перекрестки дорог, тупики или же места, в которых изменяются параметры движения. Например, вводится скоростное ограничение или изменяется дорожное покрытие. Ребрами графа являются, собственно,

проезжие части дорог. Решение задачи построения дерева кратчайших маршрутов сводится к рекурсивному перебору последовательно всех маршрутов, начиная от единой точки старта и определению наименьшего времени следования к каждой из вершин.



*Рис. 1. Наглядное представление фрагмента графа дорожной сети на карте города*

В случае с задачей оптимизации маршрутов следования пожарных подразделений расчет производится для нескольких точек старта. Если в какой-либо из вершин сходится несколько маршрутов, выбирается маршрут от подразделения с наименьшим временем следования.

В качестве основы программной реализации была использована свободно распространяемая библиотека Itinero для приложений .NET. Библиотека позволяет решать различные оптимизационные задачи, связанные с ориентированными графами дорожной сети. Среди прочего Itinero обладает необходимыми для решения рассматриваемой задачи инструментами поиска оптимального маршрута и построения дерева кратчайших маршрутов из единой точки старта.

Источником пространственной информации для построения графа дорожной сети является картографический сервис OpenStreetMap (далее – OSM). Данные OSM предоставляются в формате XML. В рамках данного формата все объекты местности, включая дороги, имеют набор данных, определяющих их пространственное положение и форму, а также набор метаданных, описывающих их характеристики. При работе с объектами «дороги», на основе указанных характеристик оценивается скоростной режим передвижения по ним, а также наличие скоростных ограничений. В случае следования пожарных автомобилей на пожар последний фактор не учитывался.

При расчете были использованы следующие настройки режима движения пожарных автомобилей:

- пожарные автомобили могут перемещаться сверх установленных скоростных ограничений;
- пожарные автомобили могут останавливаться на участках дорог, где это запрещено;
- пожарные автомобили могут разворачиваться на участках дорог, где это запрещено, а также выполнять повороты в любом направлении не смотря на ограничения;
- пожарные автомобили не имеют штрафов при передвижении по участкам дорог оборудованным светофорами;
- пожарные автомобили могут перемещаться по любым типам дорог, даже в том случае, если обычным транспортным средствам это запрещено, также они могут использовать в качестве маршрута следования служебные территории (например, парковки торговых центров).

Расчет зон досягаемости был выполнен при помощи программного обеспечения, разработанного в среде Visual studio 2017 в виде аналитического модуля с консольным интерфейсом управления.

Визуализация результатов расчета была осуществлена в виде статического вебсайта с картографической подложкой, получаемой в режиме онлайн из открытых картографических сервисов, построенных на базе карт OSM.

В качестве представления результатов расчета была выбрана «тепловая» карта, наложенная на карту города. Данный вид диаграмм позволяет отражать полученные расчетным методом значения при помощи цветовых градиентов.

За отображение «тепловой» карты отвечает специальная библиотека свободно распространяемая библиотека `heatmap.js` написанная на языке программирования `Java script`. Данная библиотека работает с массивом данных вида:

- географические координаты;
- вес.

Параметр «географические координаты» отвечает за размещение точек «тепловой» карты. Параметр «вес» обозначает то, насколько сильное влияние на цвет «тепловой» карты оказывает данная точка. В рамках данной работы параметр «вес» соответствует времени прибытия пожарных подразделений.

Картографическая подложка отображается при помощи `Java script` библиотеки `leaflet.js`, отвечающей за отображение картографических данных OSM.

Для работы с электронной интерактивной картой необходим персональный компьютер с установ-

ленной операционной системой: Windows, Mac и веб-браузером с доступом к сети INTERNET.

В архиве с приложением имеется ряд файлов и папок. Стартовым файлом приложения является `index.html`. При его запуске в окне браузера пользователю будет представлена карта города Красноярска (Рисунок 2).



Рис. 2. Общий вид карты города Красноярска при запуске приложения

Поверх картографической основы наложены слои, представляющие «тепловую» карту достижимости районов города пожарными подразделениями, размещение пожарных депо, маршрутов следования подразделений и точек, указывающих места реальных выездов и времени следования до них.

«Тепловая карта» – слой содержит «тепловую» карту достижимости районов города пожарными подразделениями. Цвета карты имеют градиент зеленый-желтый-красный, где зеленый цвет соответствует максимально быстрому прибытию, красный прибытию за 10 минут. Зоны, не закрытые «тепловой» картой, отражают районы города куда прибытие в течение 10 минут, согласно расчету с учетом использованных значений скорости движения - невозможно. Точное соответствие цветов градиента отражено на шкале в нижней левой части экрана (Рисунок 3).

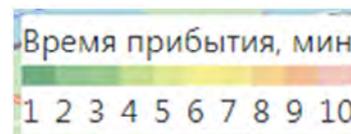


Рис. 3. Цветовая шкала «тепловой» карты прибытия

Подразделения – данный слой содержит маркеры расположения пожарных частей, использованных при расчете. Маркеры представляют собой красный флажок. При клике на нем появляется всплывающая подсказка с названием подразделения (Рисунок 4).

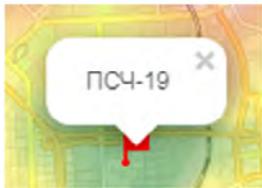


Рис. 4. Маркер подразделения с всплывающей подсказкой

Группа слоев «Зона ПСЧ» - однотипные слои, содержащие маршруты следования подразделений в пределах расчетной зоны достижимости, наложенную на дорожную сеть. Для каждого из подразделений создан собственный слой. Маршруты следования каждого подразделения имеет свой цвет.

При нажатии левой кнопки «мыши» по произвольному маршруту отображается всплывающая подсказка (Рисунок 5), содержащая сведения о подразделении и расчетном времени следования по данному фрагменту дорожной сети. В расчет берется конечная точка фрагмента.



Рис. 5. Слои зон достижимости подразделений с всплывающей подсказкой

### Заключение

Разработанный инструмент позволил расчетным методом обосновать наиболее оптимальное распределение границ районов выезда пожарных подразделений, а также выявить районы города Красноярска время следования до которых превышает требования федерального законодательства. Результаты расчета были наглядно визуализированы.

Выработанный подход к определению оптимальных маршрутов следования может быть эффективно использован в следующих случаях:

- при определении мест, наименее прикрытых пожарными подразделениями - для строительства новых пожарных депо;
- при определении границ районов выезда пожарных подразделений;
- при составлении документов предварительного планирования действий по тушению пожаров;
- в оперативной деятельности центральных пунктов пожарной связи при высылке подразделений на пожары с учетом текущей дорожной обстановки (наличия пробок и перекрытия проездов).

Таким образом результаты работы могут представлять ценность для руководящего состава главных управлений МЧС России - как инструмент объективной оценки ожидаемого времени прибытия первого пожарного подразделения.

### Литература:

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. «Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений», утв. Г.Н. Кирилловым 30 декабря 2009 г. № 2-60-14-18.
3. Официальный сайт проекта OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.openstreetmap.org> – (20.09.2019).