

доктор техн. наук **МАТЮШИН А.В. / MATYUSHIN A.V.**<sup>1</sup>  
доктор техн. наук **ПОРОШИН А.А. / POROSHIN A.A.**<sup>1</sup>  
канд. техн. наук **МАТЮШИН Ю.А./MATYUSHIN Y.A.**<sup>1</sup>  
канд. биол. наук **БОБРИНЕВ Е.В./BOBRINEV E.V.**<sup>1</sup>  
канд. физ.-мат. наук **КОНДАШОВ А.А./KONDASHOV A.A.**<sup>1</sup>

**Принята/Accepted:** 14.06.2013; **Рецензирована/Reviewed:** 19.08.2013; **Опубликована/Published:** 30.09.2013

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ<sup>2\*</sup>

### Designing of Fire Service Divisions Location in Settlements Using GIS Technologies

#### Содержание

В статье описана математическая модель определения необходимого числа оперативных подразделений пожарной охраны для защиты населенных пунктов от пожаров. Представлены результаты разработки автоматизированной геоинформационной системы проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов. Описаны её структура и функциональные возможности.

#### Summary

The mathematical model to determine the required number of operational fire departments to protect settlements from fires was described. The authors of the study describe the results of automated GIS design, which is aimed at planning of activities and resource equipment for operational fire departments in settlements. The structure and functionality of the system were presented.

**Ключевые слова:** пожарная охрана, цели выезда на пожар, максимально допустимое расстояние от пожарной части до объекта пожара, геоинформационные системы (ГИС), автоматизированная система;

**Keywords:** fire service, fire response targets, maximum distance from the fire station to the object of fire, GIS technologies, automated system;

**Вид статьи:** исследования случая – анализ реальных случаев;

**Type of article:** case study – analysis of actual events;

#### 1. Введение

Защита населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций является одной из важ-

ных задач, решение которой возложено на подразделения пожарной охраны. Поэтому задача по созданию оптимальной по функциональности и стоимости пожарной охраны населенного пункта является одной из актуальных научных задач, решение которой ищут ученые и специалисты разных стран мира [1-2]. При этом требуется обосновать минимально необходимое количество оперативных подразделений пожарной

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» Почтовый адрес: мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха, Московская область, 143903; электронная почта: vniipo@mail.ru; / Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Mail

address: mkr. VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, Russia, 143903; e-mail address: kvniipo@mail.ru;

<sup>2</sup> Все авторы внесли одинаковый вклад в статью /All authors contributed equally to this work;

\* Artykuł wyróżniony przez Komitet Redakcyjny/The article honoured by Editorial Committee

охраны (пожарных частей) с соответствующим набором сил и средств для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций.

## 2. Научно-методический подход к обоснованию необходимого числа пожарных подразделений населенных пунктов

Во ВНИИПО разработан научно-методический подход к обоснованию необходимого числа пожарных частей для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций [3-4]. Суть данного подхода состоит в следующем.

Для определения минимально необходимого количества пожарных частей в населенном пункте требуется знать максимально допустимую площадь обслуживания одного пожарного депо. Тогда необходимое количество пожарных частей для защиты населенного пункта от пожаров можно рассчитать по упрощённой формуле

$$N = \frac{S}{S_{\text{обс}}} = \frac{S \cdot k^2}{2,6 \cdot l^2}, \quad (1)$$

где  $N$  – общее количество подразделений пожарной охраны;  $S$  – общая площадь населённого пункта, км;  $S_{\text{обс}}$  – площадь обслуживания одной пожарной части, км;  $l$  – максимально допустимое расстояние по дорогам от места размещения пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км;  $k$  – безразмерный коэффициент извилистости уличной сети дорог.

Для определения необходимого количества пожарных депо в населенном пункте необходимо и достаточно определить максимально допустимое расстояние по транспортной сети населённого пункта от пожарного депо до объекта предполагаемого пожара – ( $l$ ). Практика оперативной работы пожарных подразделений показывает, что расстояние можно определить путем задания цели, которую ставят перед собой пожарные подразделения при обслуживании вызовов: цель №1- ликвидация пожара до того, как его площадь превысит площадь, которую может потушить один караул; цель №2- ликвидация пожара до того, как наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара; цель №3- ликвидация пожара до того, как опасные факторы пожара достигнут критических для жизни людей значений.

На основе формализованной модели боевых действий на пожаре были получены формулы для определения  $l_i$  ( $i$ -номер цели выезда на пожар) для различных вариантов развития пожара

[5-7]. Например, для случая кругового распространения пламени по твердым веществам и материалам получены формулы:

$$l_1 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

$$l_2 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot \left[ \sqrt{T_3 \cdot \left( \tau_{\text{но}} + \frac{T_3}{4} - T_0 \right)} - \left( T_1 + \frac{T_3}{2} \right) \right] \text{ при } \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пом}}} < 1 \quad (3)$$

$$l_2 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot [\tau_{\text{но}} - (T_1 + T_T)] \text{ при } \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пом}}} \geq 1 \quad (4)$$

$$l_3 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot \left[ \sqrt{T_3 \cdot \left( \tau_{\text{но}} + \frac{T_3}{4} - T_0 \right)} - \left( T_1 + \frac{T_3}{2} \right) \right] \quad (5)$$

где  $l_i$  – максимально допустимое расстояние от пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км;  $\vartheta_{\text{сл}}$  – средняя скорость следования дежурного караула на пожар, км/ч;  $\tau_T$  – интервал времени от момента подачи огнетушащего средства в очаг пожара до момента его ликвидации (время тушения), мин;  $\tau_{\text{но}}$  – интервал времени от момента возникновения пожара до момента наступления предела огнестойкости строительных конструкций, мин;  $\tau_{\text{но}}$  – необходимое время эвакуации людей из помещения (здания, сооружения) при пожаре, мин;  $S_{\text{пож}}$  – площадь возможного пожара на момент подачи огнетушащего средства, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{пом}}$  – площадь помещения пожара, м<sup>2</sup>;  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  – характерное время, мин;  $T_T$  – время тушения пожара на площади равной площади помещения, мин.

По данным формулам определяется максимально допустимое расстояние по дорогам населенного пункта от места размещения пожарного подразделения (пожарного депо) до здания (сооружения) дислоцированного в населенном пункте. При этом учитываются конструктивные особенности зданий (сооружений), их пожарная опасность и реализованные меры противопожарной защиты, а также особенности транспортной сети населенного пункта и тактические возможности выезжающего на пожар дежурного караула. В дальнейшем, с учетом всех полученных максимально допустимых расстояний для каждого здания (сооружения) определяются области пересечения пространственных зон размещения пожарных депо на территории населенного пункта, тем самым определяются число и места дислокации пожарных подразделений в населенных пунктах. Методика данного размещения описана в нормативном документе [7].

### 3. Автоматизированная геоинформационная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов

На основе описанного выше подхода к определению необходимого числа пожарных частей для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций была разработана автоматизированная геоинформационная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов (далее – ГИС АСОП-ПО) [8-9].

ГИС АСОП-ПО позволяет: создавать цифровой образ населенного пункта; проводить оценку эффективности организации деятельности действующих гарнизонов пожарной охраны; обосновывать необходимость строительства новых пожарных депо на территории населенных пунктов, с определением их конкретного места дислокации; определять границы зон обслуживания пожарных частей на территории населенных пунктов; проводить имитацию действий оперативных подразделений пожарной охраны; обосновывать требования к расписанию выездов на пожар в зависимости от особенностей пожарной опасности зданий (сооружений) и др.

Разработка ГИС АСОП-ПО осуществлена с использованием функциональных возможностей платформы ESRI ArcGIS.

В общем виде ГИС АСОП-ПО состоит из следующих программных модулей (см. рис. 1):

- управляющий модуль (предназначен для предоставления пользователю интерфейса доступа к функциям расчетных и имитационных задач системы);
- модуль работы с геоинформационными базами данных (предназначен для организации взаимодействия элементов системы с геоинформационными данными для формирования цифровой послойной электронной карты населенного пункта и отражения на ней результатов решения расчетных и имитационных задач);
- модуль работы с реляционной базой данных (предназначен для выполнения функций ввода, хранения и редактирования общетехнических данных о зданиях (сооружениях) населенного пункта, характеристик их пожарной опасности и параметров противопожарной защиты, а также данных по силам и средствам пожарной охраны);
- модуль “цель – расстояние” (предназначен для решения расчетной задачи определения макси-

мально допустимого расстояния от здания (сооружения) предполагаемого пожара до места дислокации оперативного подразделения пожарной охраны (пожарных депо) при различных целях выезда оперативных подразделений пожарной охраны и схем пожаров в зданиях (сооружениях) населенного пункта);

- модуль “дислокация” (предназначен для определения мест дислокаций оперативных подразделений пожарной охраны (пожарных депо) на территории населенного пункта);
- модуль “зоны обслуживания” (предназначен для осуществления процедуры разбиения территории населенного пункта на зоны обслуживания, закрепленные за оперативными подразделениями пожарной охраны);
- модуль “маршрут следования” (предназначен для решения задачи определения оптимального маршрута следования к месту вызова);
- модуль “имитация действий оперативных подразделений” (предназначен для проведения имитационных экспериментов и расчетов на средствах вычислительной техники с целью отражения процессов свойственные оперативной деятельности пожарной охраны).



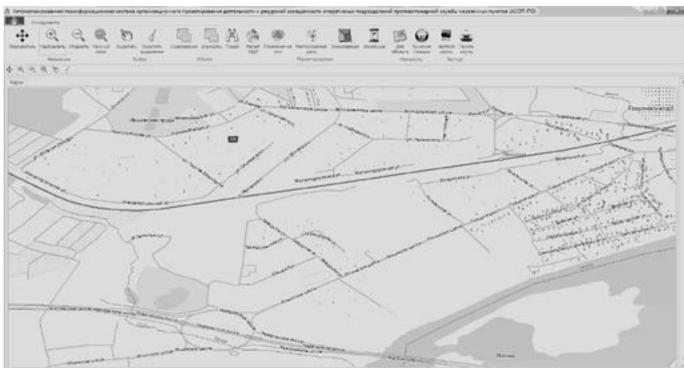
Рис. 1. Общая структура управления

и взаимодействия модулей ГИС АСОП-ПО

Fig. 1. The overall structure of administration and interaction between modules of Geographic Information System aimed at planning of activities and resource equipment for operational fire departments in settlements

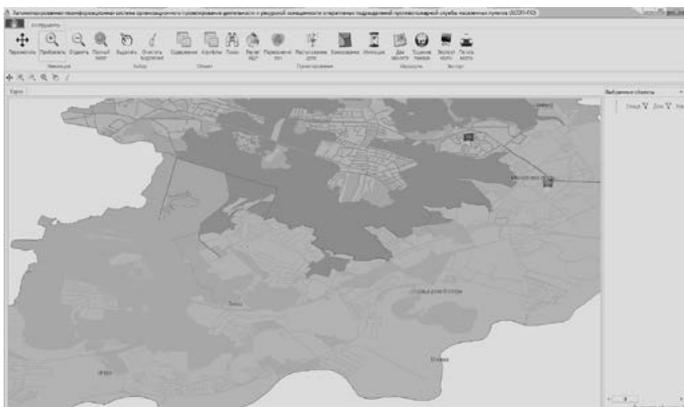
Общий вид основного окна ГИС АСОП-ПО представлен на рис. 2.

Цифровой образ населенного пункта формируется посредством задания множества параметров зданий (сооружений) населенного пункта, элементов системы противопожарной защиты (автоматические системы сигнализации и пожаротушения, огнестойкость строительных конструкций, наличие сухотрубов и т.д.), его транспортной сети и др. Также при описании объектов населенного пункта используются параметры сил и средств пожарной охраны (типы и характеристики зданий пожарных депо с соответствующим количеством выездов, типаж и характеристики пожарных автомобилей основного и специального назначения др.).



**Рис. 2.** Общий вид основного окна ГИС АСОП-ПО  
**Fig. 2.** The general view of the Geographic Information System application main window

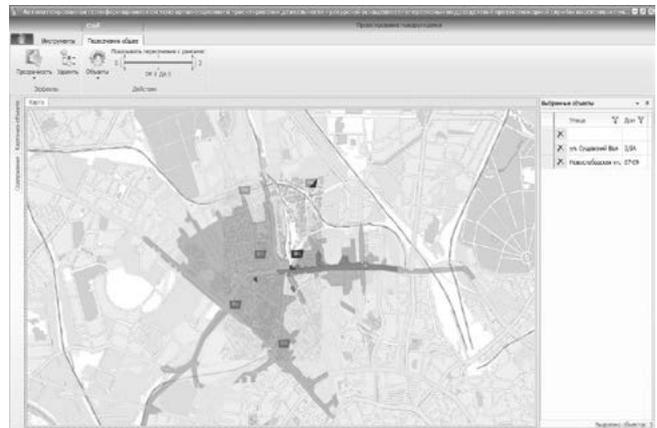
Программный модуль “Цель – расстояние” обеспечивает отображение на электронной карте населенного пункта зону возможного расположения пожарного депо для анализируемого здания (рис. 3). Данная зона представляется в виде неправильного полигона, рассчитанного на основе транспортной сети населенного пункта.



**Рис. 3.** Расчетная зона расположения пожарного депо для выбранного здания  
**Fig. 3.** Calculated area of location of fire departments for a particular building

Программный модуль “Дислокация” предназначен для определения мест дислокации опе-

ративных подразделений пожарной охраны на территории населенного пункта исходя из совокупности максимально допустимых расстояний от зданий (сооружений) предполагаемого пожара до места дислокации оперативного подразделения пожарной охраны. Входной информацией для данного модуля является набор анализируемых зданий (сооружений), для которых рассчитаны максимально допустимые расстояния. Выходной информацией данного модуля являются пространственные области на территории населенного пункта, в которых следует разместить оперативные подразделения пожарной охраны (здания пожарных депо). Полученные пространственные области описывают варианты размещения оперативных подразделений пожарной охраны на территории населенного пункта (рис. 4).



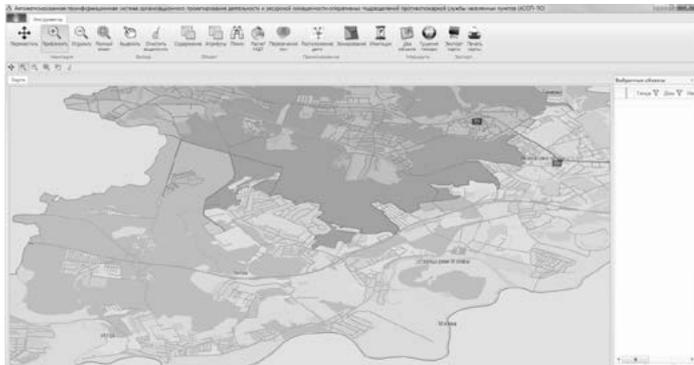
**Рис. 4.** Пересечения зон покрытия объектов  
**Fig. 4.** Intersections of the areas served by fire departments

Программный модуль “Дислокация” обеспечивает отображение на электронной карте населенного пункта варианты размещения оперативных подразделений пожарной охраны (зданий пожарных депо).

При определении количества и размещении пожарных депо учитывается территориальное распределение зданий с различными характеристиками по пожарной опасности, а также конфигурация и параметры транспортной сети, которые накладывают ограничения на время проезда от депо к местам возникновения пожара.

Программный модуль “Зоны обслуживания” обеспечивает разбиение территории населенного пункта на зоны обслуживания, закрепленные за оперативными подразделениями (рис. 5). Под зоной обслуживания понимается участок территории населенного пункта, с соответствующим набором зданий (сооружений), закрепленный за оперативным подразделением пожарной охраны в качестве зоны первоочередного обслуживания вызовов о пожаре. При этом в каждой зоне обслуживания отражается месторасположение пожарной части (здания пожарного депо).

Зона обслуживания депо может быть представлена как в виде полигональной оболочки, охватывающей депо и отнесенные к нему здания, так и в виде множества элементов полигональной сетки (регулярной или квартальной), включающих названные элементы.



**Рис. 5.** Результат определения зон обслуживания пожарных депо

**Fig. 5.** The outcome of determining which areas are served by fire departments

#### 4. Заключение

С использованием положений модели обоснования необходимого числа пожарных подразделений для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций разработана автоматизированная геоинформационная система ГИС АСОП-ПО. Данная система позволяет проводить экспертизу эффективности организации деятельности оперативных подразделений пожарной охраны, формировать требования к расписанию выездов на пожар в зависимости от особенностей пожарной опасности зданий (сооружений), обосновывать необходимость строительства пожарных депо в населенных пунктах, определять границы зон обслуживания пожарных частей на территории населенных пунктов, определять необходимый состав сил и средств пожарной охраны населенного пункта.

#### Литература

1. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Зарубежный опыт обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность. – 2005. - №2. – с.74-82.
2. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Отечественный опыт расчетного обоснования ресурсов оперативных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации в населенных пунктах // Пожарная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 61-74.
3. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Методологические основы определения необходимого числа оперативных подразделений пожарной охраны для защиты городских и сельских поселений от пожаров (новый взгляд на старую проблему) // Пожарная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 45-52
4. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Проблемы и пути решения задачи обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: Материалы XIX науч.-практ. конф. – Ч.2. – М.: ВНИИПО, 2005. С. 271-275
5. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Научные основы методологии дислокации подразделений пожарной охраны // Обеспечение пожарной безопасности на территории Российской Федерации: Методическое пособие / С.П. Амельчугов, И.А. Болодьян, Г.В. Боков и др.; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. - С. 330-339..
6. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А., Кондашов А.А. Методология определения максимально допустимого расстояния между пожарным депо и объектом предполагаемого пожара // Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX Международной науч.-практ. Конф., посвященной 70-летию создания института. – секция 3. – М.: ВНИИПО, 2007. – С. 59-66
7. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения. Свод правил. СП 11.13130.2009. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
8. А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин, Е.В. Бобринев, А.В. Терехов Автоматизированная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны // Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России/под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – С. 523-542.
9. А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин, А.В. Терехов Современные геоинформационные технологии в проектировании гарнизонов пожарной охраны // Пожарная безопасность – 2012.- №3.– С. 107.-119.

**Порошин Александр Алексеевич**, полковник внутренней службы, д-р технических наук, академик НАНПБ, начальник научно-исследовательского Центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Область научных интересов: разработка методов и математических моделей вариантного проектирования систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, разработка моделей обоснования ресурсной обеспеченности, мест дислокации пожарной охраны в населенных пунктах и на объектах промышленности. Автор (соавтор) более 180 научных публикаций.

**Матюшин Юрий Александрович**, майор внутренней службы, кандидат технических наук, начальник сектора отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области обоснования ресурсного обеспечения пожарной охраны. Автор более 30 научных статей. Член совета молодых ученых и специалистов ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

**Бобринёв Евгений Васильевич**, полковник внутренней службы, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области разработки математических моделей ресурсного обеспечения пожарной охраны, проблем кадрового и психологического обеспечения деятельности личного состава МЧС России. Автор более 80 научных статей.

**Кондашов Андрей Александрович**, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области ресурсного обеспечения пожарной охраны. Занимается созданием математических моделей и программных продуктов для разработки автоматизированных систем расчета ресурсной обеспеченности пожарной охраны. Автор более 60 научных статей.