

*На правах рукописи*



СТЕПАНОВ ОЛЕГ ИГОРЕВИЧ

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ  
ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ**

Специальность: 05.13.10 –  
управление в социальных и экономических системах  
(технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2019

Работа выполнена на кафедре пожарной тактики и службы (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения) ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России».

Научный руководитель: **Денисов Алексей Николаевич**,  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры пожарной тактики и службы  
(в составе учебно-научного комплекса пожаротушения)  
Академии ГПС МЧС России

Официальные оппоненты: **Порошин Александр Алексеевич**,  
доктор технических наук, с.н.с.,  
начальник НИЦ ОУП пожарной безопасности  
ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета»  
научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны» МЧС России

**Тужиков Евгений Николаевич**,  
кандидат технических наук,  
начальник кафедры специальной подготовки  
факультета профессиональной подготовки  
ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты  
МЧС России»

Защита диссертации состоится « 5 » июня 2019 года в 12.00 ч. на заседании диссертационного совета Д.205.002.01 при Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, зал Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии Государственной противопожарной службы МЧС России и на сайте <https://academygps.ru/upload/iblock/e1a/e1a304deadae9932d47d1270577bc73b.pdf>

Автореферат разослан «10» апреля 2019 г.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить в Академию Государственной противопожарной службы МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



Р.Ш. Хабибулин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Доля пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости (здания низкой устойчивости при пожаре) составляет более 50 % от общего количества пожаров в жилом секторе. Пожары в данном сегменте объектов носят масштабный характер и осложняются высокой интенсивностью нарастания опасных факторов пожара, в том числе в начальном периоде их развития.

Принятие управленческих решений руководителем тушения пожара (РТП) в отношении оперативных отделений пожарных подразделений (ПП), входящих в систему управления, при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре, осуществляется в короткий, в оперативном масштабе, промежуток времени, при скоротечном изменении уровня значимости источников информации. Ограниченность источников информации об объекте пожара и о тенденциях обстановки на пожаре, а также особенности их использования оставляют процесс формирования управленческого решения РТП без ориентации на потенциальные состояния системы управления и их соотношение с обстановкой на пожаре. РТП при этом полагается на свой управленческий опыт, интерполированный на текущую обстановку.

Предложено совершенствовать систему управления подразделениями, используя новую систему информационно-аналитического обеспечения управления, основанную на модели организации системы управления, результатах моделирования параметров развития пожаров с использованием апробированных программных продуктов и экспериментальных данных о параметрах функционирования позиций по ведению оперативно-тактических действий, представляющих управляемую подсистему системы управления.

**Степень разработанности темы исследования.** Научные концепции автора основаны на научных подходах к разработке и рассмотрению систем управления в целом, а также систем управления ПП на различных уровнях и стадиях их функционирования, изложенных в трудах Брушлинского Н.Н., Бутузова С.Ю., Денисова А.Н., Коробко В.Б., Матюшина А.В., Мешалкина Е.А., Овсяника А.И., Порошина А.А., Пранова Б.М., Пруса Ю.В., Соколова С.В., Тараканова Д.В., Таранцева А.А., Топольского Н.Г., Членова А.Н. и др.

При этом, на современном этапе развития систем управления подразделениями непосредственно на месте пожара, отсутствуют формализованные требования к системам информационно-аналитического обеспечения управления на отдельных классах объектов пожаров, в том числе зданиях низкой устойчивости при пожаре. Внедряемые системы являются локализованными продуктами, интегрированными в деятельность органов управления регионального уровня, что не учитывает обстановку на конкретном объекте (сегменте объектов) пожара.

**Объект исследования** – оперативно-тактическая деятельность подразделений пожарной охраны.

**Предмет исследования** – модель и алгоритмы системы управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

**Цель исследования** – совершенствование системы управления пожарными подразделениями при выполнении задач по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

Для достижения цели в работе сформулированы следующие задачи:

– провести комплексный анализ систем управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в жилых зданиях, акцентировав внимание на зданиях низкой устойчивости при пожаре, а также среды их функционирования;

– разработать модель организации системы управления пожарными подразделениями и алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления, являющиеся структурными элементами системы информационно-аналитического обеспечения управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре;

– провести экспериментальную проверку разработанной модели и алгоритмов системы управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

#### **На защиту выносятся:**

1. Модель организации системы управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

2. Алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров, включающие: алгоритм создания позиций по тушению пожара исходя из ситуационно-сценарного процесса развития пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре, алгоритм проектирования структуры системы управления пожарными подразделениями на месте пожара при различном составе ресурсов пожарной охраны, алгоритм перемещения ресурсов пожарных подразделений при выполнении задач по тушению пожара.

3. Оценка размещения позиций по ведению оперативно-тактических действий по тушению пожара.

#### **Научная новизна:**

1. Разработана и формализована модель организации системы управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре;

2. Разработаны алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров, включающие: алгоритм создания позиций по тушению пожара исходя из ситуационно-сценарного процесса развития пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре, алгоритм проектирования структуры системы управления пожарными подразделениями на месте пожара при различном составе ресурсов пожарной охраны, алгоритм перемещения ресурсов пожарных подразделений при выполнении задач по тушению пожара;

3. Формализована оценка размещения позиций по ведению оперативно-тактических действий по тушению пожара.

**Теоретическая значимость.** Сформированная модель и разработанные алгоритмы развивают методологическую основу принятия решений при управлении оперативными подразделениями пожарных подразделений на месте пожара.

**Практическая значимость** работы заключается в использовании полученных результатов на этапах предварительного планирования действий подразделений по тушению пожаров, подготовки замыслов и проведения пожарно-тактических учений и занятий по решению пожарно-тактических задач с личным составом подразделений, в процессе информационно-тактического анализа проведенных действий на пожарах, возможности использования результатов в процессе оперативного сопровождения

дения пожаротушения и при выработке норм и методов ведения оперативно-тактических действий пожарными подразделениями.

**Основными методами исследования** для решения задач стали: эксперимент, концептуальное и имитационное моделирование, методы системного анализа, алгоритмизации, методы теории управления и теории графов.

**Достоверность полученных результатов** определяется построением работы на основе официальных статистических данных социально-экономической обстановки в области пожарной безопасности, использованием апробированных математических методов, соответствием расчетных данных результатам экспериментов, широкой апробацией и внедрением результатов исследования в деятельности подразделений и органов управления в Ханты-Мансийском территориальном пожарно-спасательном гарнизоне и образовательных учреждениях МЧС России.

**Апробация работы.** Основные результаты работы были представлены в докладах на Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» (г. Москва, 2013 г.), Всероссийских научно-практических конференциях «Актуальные проблемы безопасности в Российской Федерации» (г. Екатеринбург, 2012 и 2014 гг.), Всероссийской научно-практической конференции (г. Иваново, 2010 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы» (г. Воронеж, 2016 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций» (г. Москва, 2017 г.), в рамках научно-практических конференций «Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности» (г. Екатеринбург, 2016 и 2017 гг.).

**Публикации.** Основные положения диссертационной работы опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 10 работ в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК России, получены 2 патента на изобретение и 1 свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Личный вклад автора.** Результаты работы отражены в публикациях автора, в которых изложены положения о структурах систем управления подразделениями, алгоритмах систем информационно-аналитического обеспечения управления подразделениями при тушении пожаров [2, 4]. Автором самостоятельно получены новые экспериментальные данные временных параметров функционирования позиций по тушению пожара [1, 3, 9, 10], составляющие исходные параметры алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления подразделениями [5, 6, 7, 8], на основе которых разработано универсальное программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера пожарно-спасательного гарнизона и АРМ штаба пожаротушения. Результаты диссертационного исследования вошли в разделы 2, 5 учебно-методического пособия «Оперативно-тактические действия пожарных подразделений по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости (IV–V степени) при пожаре», изданного в Академии ГПС МЧС России.

**Внедрение результатов работы.** Результаты исследования используются при подготовке личного состава подразделений ФПС Ханты-Мансийского автономного округа – Югры к тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре, проведении занятий в Уральском институте ГПС МЧС России по дисциплинам «Пожарная техника» и «Пожарная тактика» по темам «Оборудование для забора и подачи огнетушащих веществ», «Организация ведения действий при тушении пожаров в гражданских зданиях», а также в процессе курсового и дипломного проектирования, при планировании действий по тушению пожаров и проведению аварийно-

спасательных работ и исследовании произошедших пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре. Практическое применение результатов исследования подтверждается актами внедрения.

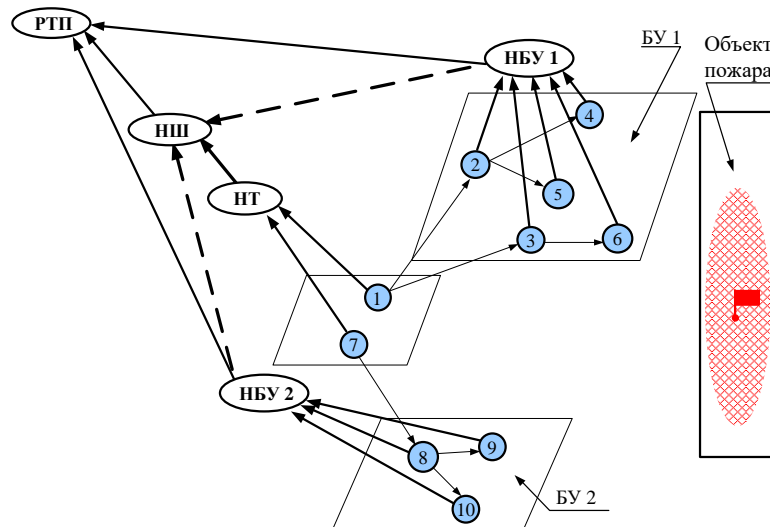
**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, перечня сокращений и приложений. Общий объем диссертации составляет 192 страницы, в том числе 75 рисунков и схем, 18 таблиц, 10 приложений и список литературы из 176 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** рассматривается текущее состояние проблемы, принятой к рассмотрению, обоснованы выбор темы диссертации, ее актуальность. Сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна и положения, выносимые на защиту, а также сведения о реализации результатов выполненного исследования.

**В главе 1** «Проблемы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре» рассмотрены проблемы построения систем управления ПП на месте пожара и подходы исследователей к решению данных проблем. Проанализированы структуры систем управления ПП, функционировавших при тушении пожаров в жилых зданиях, акцентировав внимание на зданиях низкой устойчивости при пожаре.

Участники тушения, пожарная и аварийно-спасательная техника рассматриваются в виде позиций по ведению оперативно-тактических действий (рис. 1).



где 1, 7 – забор воды; 2, 3, 8 – доставка воды к приборам подачи; 4, 5, 6, 9, 10 – подача огнетушащего вещества (ОТВ) на тушение; узлы РТП, НШ – начальник штаба, НТ – начальник тыла, НБУ 1, НБУ 2 – начальники боевых участков №1 и №2, БУ – боевой участок

Рисунок 1 – Структурная модель системы управления

Для определения путей развития системы управления ПП предложена декомпозиция ее структуры на подсистемы (управляющую и управляемую) и включающую структурообразующие элементы: звено газодымозащитной службы (ГДЗС); отделение на основном пожарном автомобиле (ОПА); отделение на специальном пожарном автомобиле (СПА) и т.д. Данные подсистемы представлены: эргатическими двухком-

понентными системами управления (пожарный автомобиль (ПА) – водитель); организационными системами управления (звено ГДЗС, оперативный штаб и т.д.).

Позиции по ведению оперативно-тактических действий по тушению пожара представлены:

1) позициями по тушению пожара (ПТ), на которых осуществляется ведение действий по спасению людей и имущества, подаче ОТВ и выполнение специальных работ (позиции 4, 5, 6, 9, 10 рис. 1);

2) позициями обеспечения действий по тушению пожара (ПД), на которых осуществляются обеспечивающие действия (позиции 1, 2, 3, 7, 8 рис. 1).

В качестве необходимых критериев принятия обоснованных управленческих решений, помимо известного тактического потенциала ( $П_B$ ), формализованы следующие критерии степени его реализации:

– для позиций по тушению пожара:  $П_B^{ПТ}$  – количественный критерий,  $П_P^{ПТ}$  – качественный критерий (критерий достаточности ресурсов);

– для позиций обеспечения действий по тушению пожара:  $П_B^{ПД}$  – количественный критерий,  $П_P^{ПД}$  – качественный критерий (критерий активности ПД).

Количественный критерий  $П_B^{ПТ}$  определяется как:

$$П_B^{ПТ} = \frac{\sum_{i=1}^I N_{ПТi}}{\sum_{j=1}^J N_{отд.j}}, \quad (1)$$

где  $N_{ПТ}$  – позиция ПТ;  $N_{отд.}$  – отделение на ОПА;  $I$  – число созданных ПТ;  $J$  – число отделений на ОПА, привлеченных к тушению пожара.

$П_P^{ПТ}$  определяется из возможности ПТ обеспечить необходимые условия локализации пожара. Параметрами при этом могут выступать площадь тушения ( $S_T$ ), объем тушения ( $V_T$ ), требуемый расход ОТВ ( $Q_{туш.}^{треб.}$ ):

$$П_P^{ПТ} = \frac{S_{туш.}^{факт.}}{S_T} = \frac{V_{туш.}^{факт.}}{V_T} = \frac{Q_{туш.}^{факт.}}{Q_{туш.}^{треб.}}, \quad (2)$$

где  $S_{туш.}^{факт.}$  – фактическая площадь тушения задействованными средствами подачи ОТВ, м<sup>2</sup>;  $V_{туш.}^{факт.}$  – фактический объем тушения задействованными средствами подачи ОТВ, л, м<sup>3</sup>;  $Q_{туш.}^{факт.}$  – фактическая подача ОТВ для тушения пожара, л/сек.

$П_B^{ПД}$  определяется с учетом создания ПТ:

$$П_B^{ПД} = \frac{\sum_{k=1}^K N_{ПД k}}{(N_{отд.}^{общ.} - N_{отд.}^{ПТ})}, \quad (3)$$

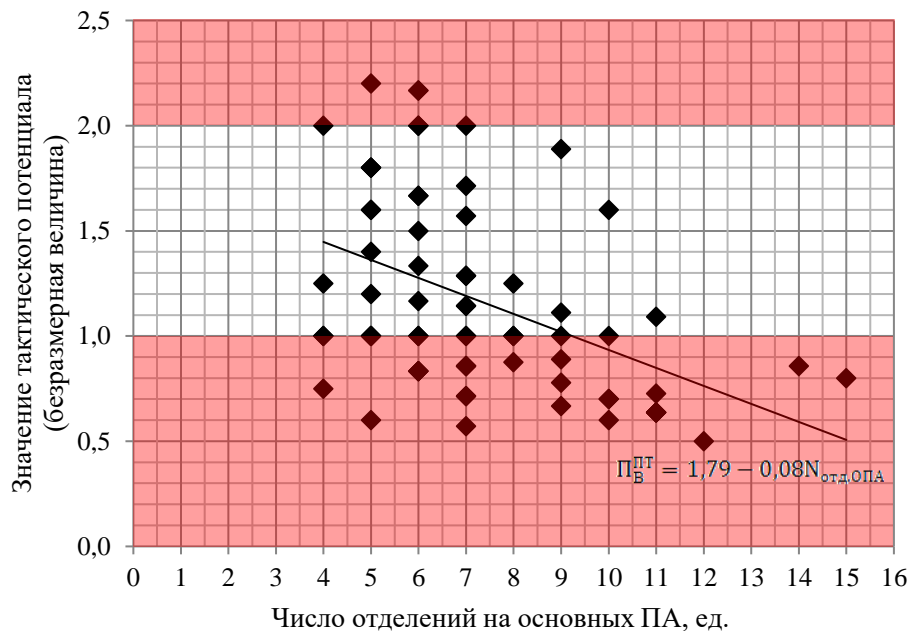
где  $N_{ПД}$  – позиция ПД;  $K$  – число созданных позиций ПД;  $N_{отд.}^{общ.}$  – общее число отделений ПП, сосредоточенных на месте пожара;  $N_{отд.}^{ПТ}$  – число отделений, задействованных для создания ПТ.

$П_P^{ПД}$  определяется возможностью обеспечения ПТ требуемыми ресурсами:

$$П_P^{ПД} = \frac{N_{ПТВ \text{ факт.}}}{N_{ПТВ \text{ треб.}}} = \frac{Q_{общ.факт.}}{Q_{общ.треб.}}, \quad (4)$$

где  $N_{ПТВ \text{ факт.}}$  – фактическое количество ПТВ (по видам), имеющееся на ПД;  $N_{ПТВ \text{ треб.}}$  – требуемое для ПТ количество ПТВ (по видам);  $Q_{общ.факт.}$  – фактическая подача ОТВ, обеспечиваемая ПД, л/сек;  $Q_{общ.треб.}$  – общий требуемый расход ОТВ для тушения и защиты, л/сек.

По результатам анализа выборки пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре с 2005 по 2018 годы и процесса функционирования систем управления ПП сформулированы выводы об изменениях тактического потенциала в процессе пожаротушения (рис. 2). Исследованы структурообразующие элементы систем управления ПП, получены количественные характеристики управляемых и управляющих подсистем, действовавших в условиях реальных пожаров, установлены зависимости достижения требуемых параметров функционирования систем от состава ресурсов, порядка создания ПТ и ПД, значения тактического потенциала.



— области недопустимых значений тактического потенциала;  $N_{отд.ОПА}$  — число отделений на ОПА

Рисунок 2 – Зависимость тактического потенциала (количественный критерий  $P_B^{ПТ}$ ) от количества прибывших отделений

Полученные результаты свидетельствуют об актуальности дальнейшего исследования вопросов организации систем управления ПП на месте пожара, распределения ресурсов подразделений на позициях.

**В главе 2** «Формализация модели организации системы управления пожарными подразделениями на месте пожара» исследована среда функционирования систем управления ПП на месте пожара.

С позиции возможности создания ПТ, предложено разделить пространство помещений объекта пожара по признаку «температура на уровне рабочей зоны» (1,7 м от уровня пола) на следующие зоны (рис.3):

- 1) зона доступности (А) – до 170 °С – оперативные отделения ПП могут создавать ПТ, обеспечивающие постоянное воздействие ОТВ на зону горения;
- 2) зона недоступности (В) – свыше 170 °С – оперативные отделения ПП не могут создавать ПТ.

Математическое моделирование динамики развития опасных факторов пожара (ОФП) полевым методом, на основе Fire Dynamics Simulator (FDS), реализующей вы-



числительную гидродинамическую модель тепломассопереноса при горении, проведено на модели секции здания низкой устойчивости при пожаре.

Результаты моделирования являются основой для формализации алгоритмов создания ПТ исходя из изменения зон, доступных для создания позиций по показателю – температура на уровне рабочей зоны.

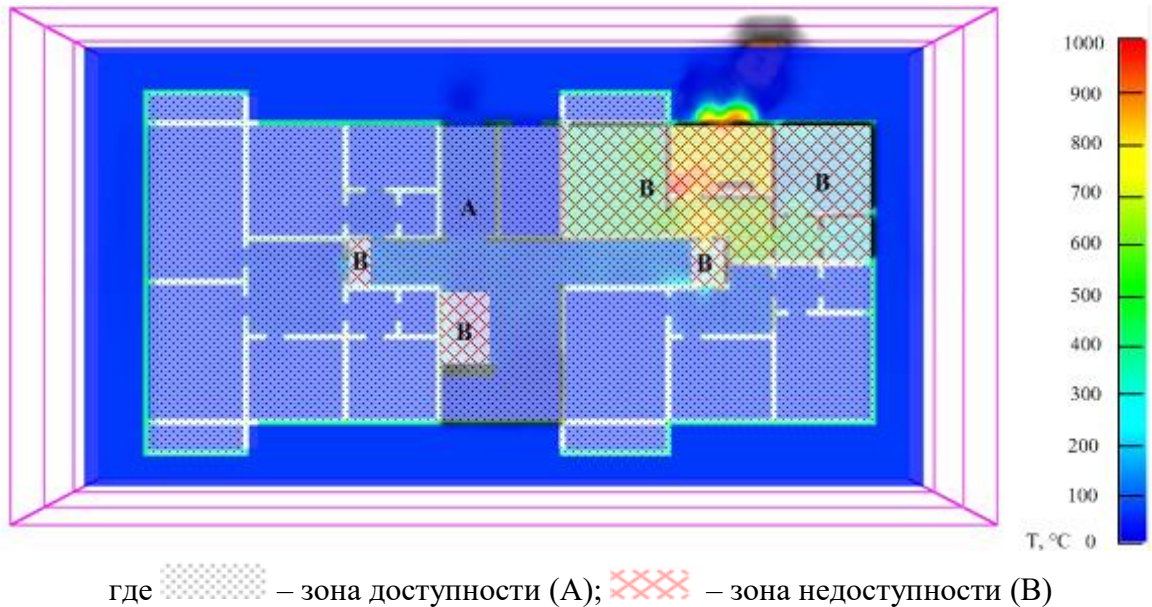


Рисунок 3 – Представление зон пространства объекта пожара с позиции возможности создания ПТ

Результаты моделирования накладывают ограничения на решения, принимаемые РТП, а именно:

- на расстановку прибывающих сил и средств (СиС) подразделений на ПТ, связанных с созданием организационных систем (звеньев ГДЗС);
- на вариативность путей и способов ввода ресурсов подразделений.

Разработана модель организации системы управления подразделениями на пожаре, представленная в виде сети Петри ( $P$ ), которая состоит из набора подсетей, каждая из которых описывает развитие отдельного подпроцесса ведения ОТД на пожаре:

$$P = P^{p1} \cup P^{p2} \cup P^l, \quad (5)$$

где  $P^{p1}$  – подсеть, моделирующая исходное размещение ресурсов и процесс создания ПТ;  $P^{p2}$  – подсеть, моделирующая процесс проектирования системы управления ПП;  $P^l$  – подсеть, моделирующая процесс перемещения имеющихся ресурсов ПП для ликвидации пожара.

Сети Петри отображают переходы системы из одного состояния в другое, позволяя отразить согласованность действий ресурсов на различных ПТ и ПД, и конфликтные ситуации, описать протекающие процессы и взаимозависимости.

$$P = \langle P_p, P_t, F, H, S \rangle, \quad (6)$$

где  $P_p$  – конечное, непустое множество, именуемое позицией  $P_p = \{P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pi}\}$ ;  $P_t$  – конечное, непустое множество, именуемое переходом (событиями, которые характеризуют возможность перехода)  $P_t = \{P_{t1}, P_{t2}, \dots, P_{tj}\}$ ;  $F : P_p \times P_t$  – матрица входных величин;  $H : P_t \times P_p$  – матрица выходных величин; Взаимосвязь элементов сети задается матрицами  $|P_t, P_p|$ ;  $S$  – функциональные правила инициирующие переход.

Функциональные правила представим следующими элементами:

$$S = \{ \Pi_B^{ПТ}, \Pi_P^{ПТ}, \Pi_B^{ПД}, \Pi_P^{ПД}, \Pi_t \}, \quad (7)$$

где  $\Pi_t$  – показатель времени.

Для дальнейшего описания процесса моделирования необходимо ввести и описать ряд терминов:

–  $P_{oz}^{x,y(z)}$  и  $P_{Tr}^{x,y(z)}$  – позиции «Оперативные задачи» (или ОТД) и переходы окончания проведения ОТД, где  $Z$  обозначает принадлежность данной вершины к некоторой подсети, а  $X$  и  $Y$  задает граничные условия для моделируемых объектов, позиций по тушению, ОФП и др.;

–  $Tr_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, n_{poz}}$  – связи (транспортные, коммуникационные, ресурсные) между позициями (дуги);

–  $Zr_k$  – ресурсы ПП (ОТВ, ПТО) вида  $k$ ;

–  $Sis_m$ ,  $m = \overline{1, n_{Sis}}$  – силы и средства, используемые на пожаре.

Для построения сети, описывающей ОТД на месте пожара и связывающей позиции по ведению ОТД, воспользуемся графическим способом задания сетей Петри.

Опишем процесс построения подсетей, моделирующих исходное размещение, процесс перемещения ресурсов, СиС подразделений между позициями по ведению ОТД (Таблица 1).

Дугам приписываются следующие характеристики:  $t_{min} \left( P_{iTr_{ij}}^{Zr_k} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{iTr_{ij}}^{Zr_k} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое ресурс ( $Zr_k$ ) может быть задействован на выполнении отдельного ОТД;  $t_{min} \left( P_{iTr_{ij}}^{Sis_m} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{iTr_{ij}}^{Sis_m} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое СиС могут быть задействованы на выполнении отдельного ОТД;  $t_{min} \left( P_{iTr_{ij}}^{Zr_k, Sis_m} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{iTr_{ij}}^{Zr_k, Sis_m} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое ресурс ( $Zr_k$ ) может быть перемещен с одной позиции по ведению ОТД на следующую, используя для перемещения СиС вида  $m$ ;  $I_{Poz_i, Poz_j}^{Zr_k, Sis_m}$  – максимально возможное количество единиц ресурсов или СиС которое может быть доставлено по позицию за указанное время.

Приведенные характеристики формируют функциональные правила  $S$ .

Управление  $Y$  формализуем:

$$Y = (P_i^{(y)}, k, t), \quad (8)$$

где  $P_i^{(y)}$  – управляющее решение о перемещении сил и средств на позиции по ведению ОТД (срабатывающий переход);  $k$  – количество перебрасываемых сил и средств на позиции по ведению ОТД (кратность срабатывания перехода);  $t$  – время срабатывания управляющего перехода (время начала перемещения сил и средств).

Таблица 1 – Элементарные фрагменты сетей Петри

Обозначение элементарных фрагментов сети	Интерпретация элементарных фрагментов сети	Графическое изображение элементов сети
Позиция «Вершина», обозначающая оперативную задачу (ОТД) $P_p$	Позиция ОТД (задачи) с задействованием ресурса $Zr_k$ и СиС $Sis$	
Выходная, входная позиция $(P_p, P_t)$	Дуга, характеризующая затрату ресурсов $Zr_k$ и СиС $Sis$ на проведение ОТД	
Позиция «Переход», обозначающая окончание ОТД $P_t$	Переход процесса ОТД, где задействованы ресурсы $Zr_k$ и СиС $Sis$	
Входная, выходная позиция $(P_t, P_p)$	Дуга, характеризующая перемещение ресурсов $Zr_k$ и СиС $Sis$ на проведение последующего ОТД	
Позиция «Переход», обозначающая окончание нескольких ОТД $P_{tR_{kij}^{Zr_k S_{is_m}}}$	Управляемый переход $T$ процесса ОТД, для реализации (срабатывания) которого необходимы ресурсы $Zr_k$ и СиС $Sis$	
Позиция $P_p$ , обозначающая оперативную задачу, либо стадию пожаротушения $P_{pOz}^{Zr_k S_{is_m}}$	Управляемая позиция действия (события) для наступления которого необходимо окончание срабатывания нескольких управляющих переходов $T$	
Маркер, обозначающий поступление ресурсов на выполнение ОТД	Наличие маркера в позиции $P_p$ означает выполнение задачи известным числом ресурсов и СиС, перемещение маркера в управляемый переход с последующим его срабатыванием обозначает завершение ОТД	

Постановка и реализация задач планирования и оперативного управления СиС подразделений на пожаре заключается в нахождении управления  $Y$ , максимально приближенному к заданным критериям РТП (задействование минимального количества видов ресурсов (маркеров) и минимизация воздействия ОФП на позиции):

$$\begin{cases} \min_Y I(M_r(p)) \\ \min K(M_r(p), T, \tau_H) \end{cases}, \quad (9)$$

где  $M_r(p)$  – число маркеров в позиции  $p$ ;  $I$  – время поступления сил и средств на

позицию;  $\tau_H$  – нормативное (расчётное) время выполнения поставленной задачи на пожаре;  $K$  – функция критерия РТП.

Если приложенное управляющее воздействие не может быть реализовано, то подразумевается дефицит ресурсов ПП для выполнения операций по локализации и ликвидации пожара.

Рациональное управление, в этом случае, будет заключаться в распределении имеющихся ресурсов для выполнения поставленной задачи в кратчайшие сроки на определенном участке пространства объекта пожара:

$$\left\{ \begin{array}{l} \overleftarrow{\tau}_H = \min_y I \\ I(M_r(p)) \leq \overrightarrow{I} \\ \min K(M_r(p), T, \overleftarrow{\tau}_H) \end{array} \right. \quad (10)$$

где  $\overleftarrow{\tau}_H$ ,  $\overrightarrow{I}$  – наилучшие допустимые значения.

Вышеописанные положения позволили провести моделирование ОТД подразделений при пожаротушении в зданиях низкой устойчивости при пожаре (рис. 4).

В этой конечной аппаратной сети управляющие позиции  $P_P = \{P_{P1}, \dots, P_{P15}\}$  обозначающие процессы (действия), и переходы  $P_t = \{P_{t1}, \dots, P_{t14}\}$ , обозначающие принятые решения (состояния), а также позиции  $P_{ri} = \{P_{ri1}, P_{ri2}\}$ , моделирующие информационные ресурсы:

$P_{t1}$  – ресурсы ПП прибыли на место пожара;

$P_{P1}$  – ОТД «предварительное развертывание» и  $P_{P1.1}$  – ОТД «разведка пожара»;

$P_{t1.1}$  – силы и средства ПП провели экзогенную разведку;

$P_{ri1}$  – информационный ресурс, образованный в ходе экзогенной разведки и потребляемый ресурсами ПП;

$P_{t2}^S$  – составной переход, определяющий выбор РТП решающего направления действий по тушению пожара, который можно детализировать набором 5-ти простых переходов, соответствующих принципам определения решающего направления действий, каждому из которых присвоен определенный приоритет ( $PR_1^{P_{p2}} \dots PR_5^{P_{p6}}$  : ( $PR_1^{P_{p2}}=5, PR_2^{P_{p3}}=4, PR_3^{P_{p4}}=3, PR_4^{P_{p5}}=2, PR_5^{P_{p6}}=1$ ));

$P_{P2}$  – ОТД «спасание людей»,  $P_{P2.1}$  – ОТД «эндогенная разведка»,  $P_{P2.2}$  – изменение целевой функции задействованных ресурсов (с перемещением или без перемещения СиС и ресурсов);

$P_{P3}$  – ОТД «предотвращение взрыва и обрушения конструкций» и  $P_{P3.1}$  – ОТД «эндогенная разведка»;

$P_{t3}$  – силы и средства ПП установили очаг пожара, месторасположения взрывоопасных веществ и угрожающих конструкций;

$P_{P4}$  – ОТД «ликвидация горения на участках объекта пожара, на которых горе-

ние может нанести наибольший ущерб»,  $P_{P4.1}$  – ОТД «эндогенная разведка»;

$P_{P4.2}$  – изменение целевой функции задействованных ресурсов (возможно перемещение);

$P_{P5}$  – ОТД «ликвидация очагов наиболее интенсивного горения» и  $P_{P5.1}$  – ОТД «эндогенная разведка»;  $P_{t2.1}$ ,  $P_{t2.2}$ ,  $P_{t2.3}$ ,  $P_{t2.4}$  – силы и средства ПП провели эндогенную разведку;

$P_{P6}$  – ОТД «защита рядом стоящих объектов»;

$P_{t4}$  – силы и средства ПП завершили спасание пострадавших, угроза жизни людей ликвидирована;

$P_{ri2}$  – информационный ресурс, образованный в ходе эндогенной разведки и установления очага;

$P_{P7}$  – ОТД «действия сил и средств ПП по обеспечению предотвращения взрыва или обрушения строительных конструкций»,  $P_{P7.1}$  – изменение целевой функции задействованных ресурсов (с перемещением или без перемещения СиС и ресурсов);

$P_{t5}$  – силы и средства ПП установили расположение очага пожара и места наиболее интенсивного горения;  $P_{t5.1}$ ,  $P_{t5.1.1}$ ,  $P_{t5.2}$ ,  $P_{t5.2.1}$ ,  $P_{t5.3}$ ,  $P_{t5.4}$ ,  $P_{t5.4.1}$ ,  $P_{t5.4.2}$  – силы и средства ПП создали соответствующие ПТ;

$P_{t6}$  – силы и средства ПП установили объекты, которым угрожает пожар;

$P_{t7}$  – силы и средства ПП выполнили задачу по предотвращению взрыва;

$P_{P8}$  – ОТД «тушение пожара в помещениях 1-го этажа»,  $P_{P8.1}$  – ОТД «защита 2-го этажа»,  $P_{P8.2}$  – ОТД «защита чердака»;

$P_{P9}$  – ОТД «тушение пожара в помещениях 2-го этажа»,  $P_{P9.1}$  – ОТД «защита чердака»,  $P_{P9.2}$  – ОТД «защита 1-го этажа»;

$P_{P10}$  – ОТД «тушение пожара в чердаке через слуховые окна и места вскрытия конструкций»,  $P_{P10.1}$  – ОТД «защита 2-го этажа»;

$P_{P11}$  – ОТД «тушение пожара в пространстве лестницы»,  $P_{P11.1}$  – ОТД «защита 1-го этажа»  $P_{P11.2}$  – ОТД «защита 2-го этажа»,  $P_{P11.3}$  – ОТД «защита чердака»;

$P_{t8}$  – силы и средства ПП ликвидировали (локализовали) горение в помещениях 1-го этажа;

$P_{t9}$  – силы и средства ПП ликвидировали (локализовали) горение в помещениях 2-го этажа;

$P_{t10}$  – силы и средства ПП ликвидировали (локализовали) горение в чердаке;

$P_{t11}$  – силы и средства ПП ликвидировали горение в пространстве лестницы;

$P_{P12}$  – ОТД «защита негорящих зданий (сооружений)»;

$P_{P13}$  – ОТД «локализация пожара»,  $P_{P13.1}$  – изменение целевой функции задействованных ресурсов (с перемещением или без перемещения СиС и ресурсов, цель ОТД – ликвидация горения);

$P_{P14}$  – ОТД «ликвидация открытого горения»,  $P_{P14.1}$  – отрицательная позиция – конечная целевая функция не реализована;

$P_{t12}$  – распространение пожара предотвращено;

$P_{t13}$  – открытое горение ликвидировано;

$P_{t14}$  – силы и средства ПП обеспечили защиту негорящих зданий;

$P_{P15}$  – ОТД «сбор ПТО и возвращение к месту дислокации».

В фрагменте А (рис. 4) подсети кратности дуг и задержки переходов, при работе 1 оперативного отделения на ОПА, имеют вид:

$$I(P_{P3}, P_{t3}) = I(P_{t3}, P_{P7}) = I(P_{P7}, P_{t7}) = I(P_{t7}, P_{P7.1}) = 1;$$

$$t_{min}(P_{t3}) \geq 0; t_{min}(P_{t7}) \geq 0;$$

$$t_{max}(P_{t3}) = t_{туш.}; t_{max}(P_{t7}) = t_{туш.};$$

Если  $t(P_{t3}) = t_{туш.}$ , то переход  $P_{t7}$  недостижим.

Наибольшая кратность дуги в сети соответствует максимальной реализации тактических возможностей оперативных отделений по проведению определенного ОТД.

Максимальная задержка одного из переходов может составлять значение соответствующее всему времени процесса пожаротушения, что означает невозможность последующих ОТД, т. е. маркировка в позиции  $P_{P7}$  не будет содержать маркера:  $m(P_{P7}) = 0$ .

Минимальная теоретическая задержка переходов  $P_t$  составляет значение 0, что подразумевает об окончании ОТД в момент поступления задачи на выполнение, при этом на практике значения задержки всегда соответствуют неравенству  $t > 0$ , где  $t$  задается как нормативный, расчетный или выведенный эмпирическим путем показатель.

Процесс перемещения ресурсов подразделений между объектами моделируется на примере структуры фрагмента Б (рис. 4), временных характеристик, приписанных к ее переходам и кратности дуг.

На приведенном фрагменте переход  $P_{t8}$  не активен до момента маркировок  $m(P_{P8.1}) > 0$ ,  $m(P_{P8.2}) > 0$  и условия кратности дуги  $(P_{P8}, P_{t8}) \geq 1$ .

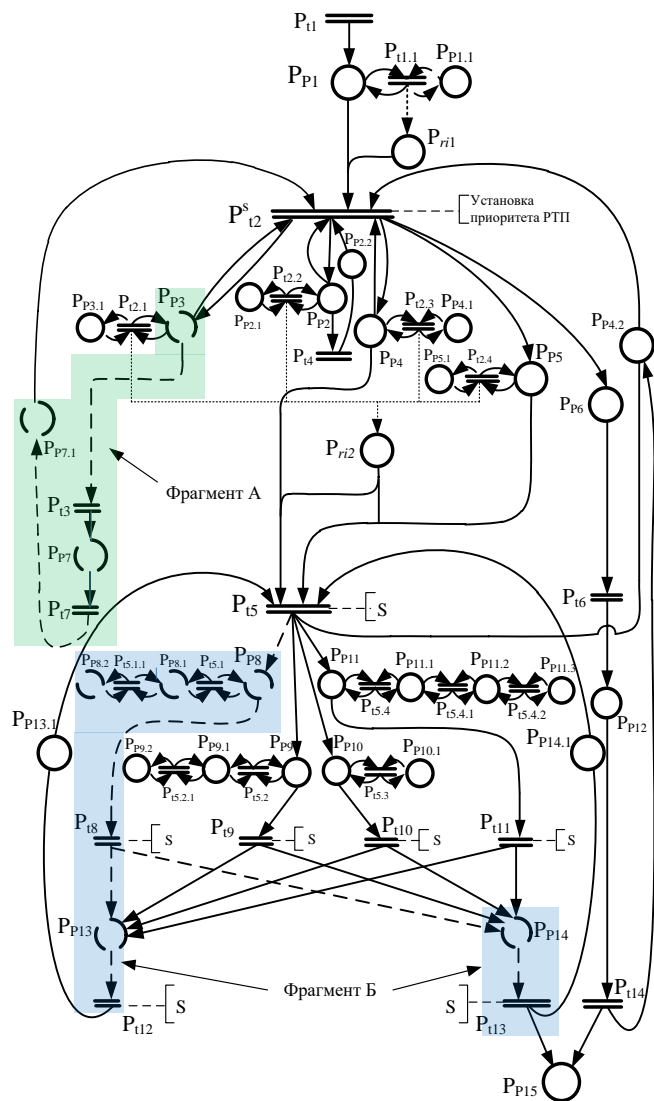
В ходе исследования формализованы следующие алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления ПП:

- алгоритм создания позиций по тушению пожара исходя из ситуационно-сценарного рассмотрения процесса развития пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре (рис.5), позволяющий структурировать управляемую подсистему системы управления подразделениями;

- алгоритм проектирования системы управления подразделениями на месте пожара при различном составе ресурсов пожарной охраны (рис.6), позволяющий максимизировать тактический потенциал элементов системы управления подразделениями;

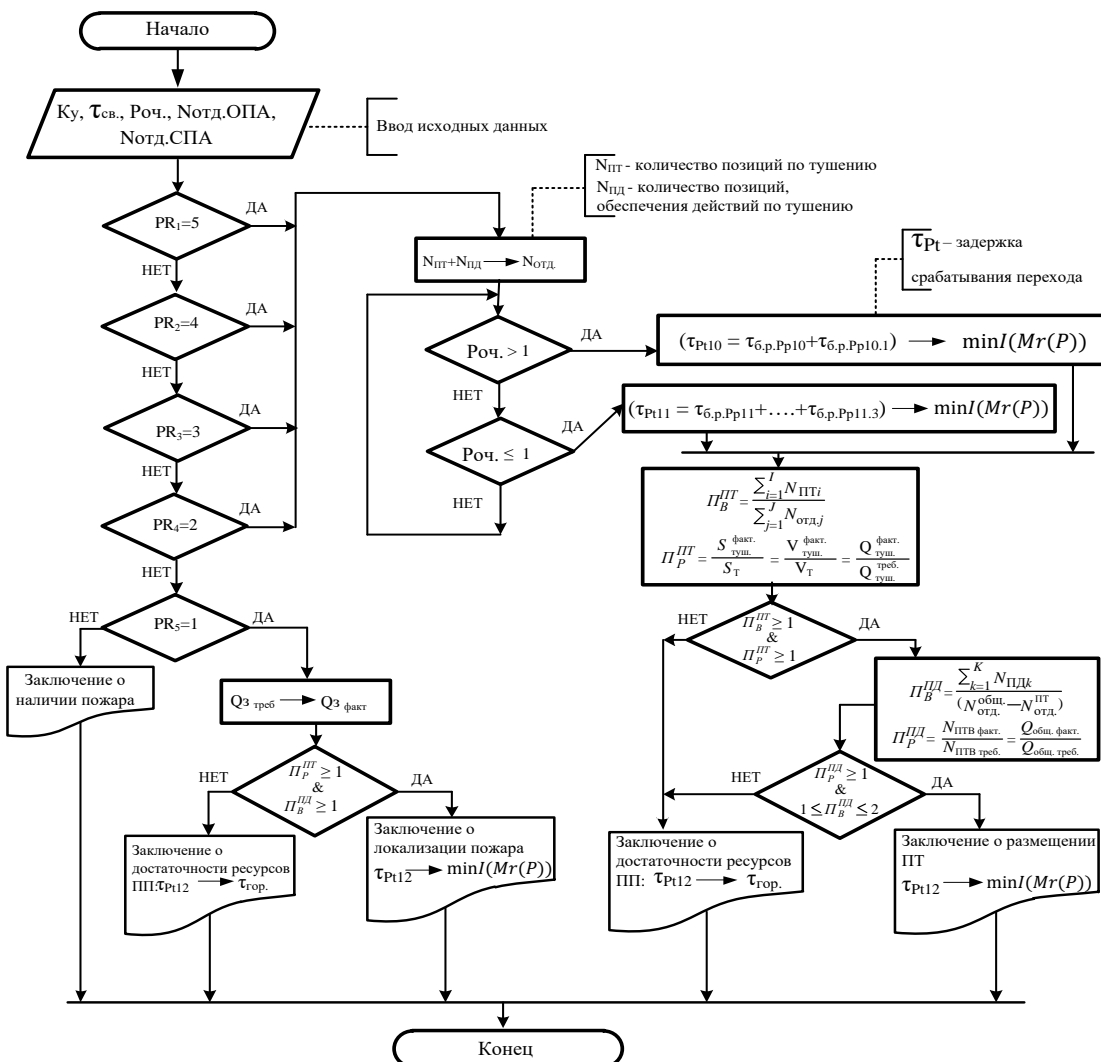
- алгоритм перемещения ресурсов подразделений при выполнении задач по тушению пожара (рис.7), позволяющий распределять ресурсы подразделений на позициях с максимальной их концентрацией на узловых задачах.

В среде Petri .NET Simulator 2.0 проведено моделирование управления действиями подразделений (рис. 8), начальная структура системы управления которыми состояла из 3 оперативных отделений (на основных пожарных автомобилях). Действия подразделения смоделированы при развитии пожара на различных уровнях здания низкой устойчивости при пожаре.



где S – функциональные правила

Рисунок 4 – Сеть Петри, отображающая модель организации СУ подразделениями



где  $R_{оч}$  – уровень нахождения очага пожара,  $K_y$  – коэффициент укомплектованности отделений,  $N_{отд.ОПА}$  – количество отделений на ОПА,  $N_{отд.СПА}$  – количество отделений на СПА,  $Q_3$  – расход ОТВ для защиты,  $\tau_{гор.}$  – время пожаротушения

Рисунок 5 – Алгоритм создания позиций по тушению пожара

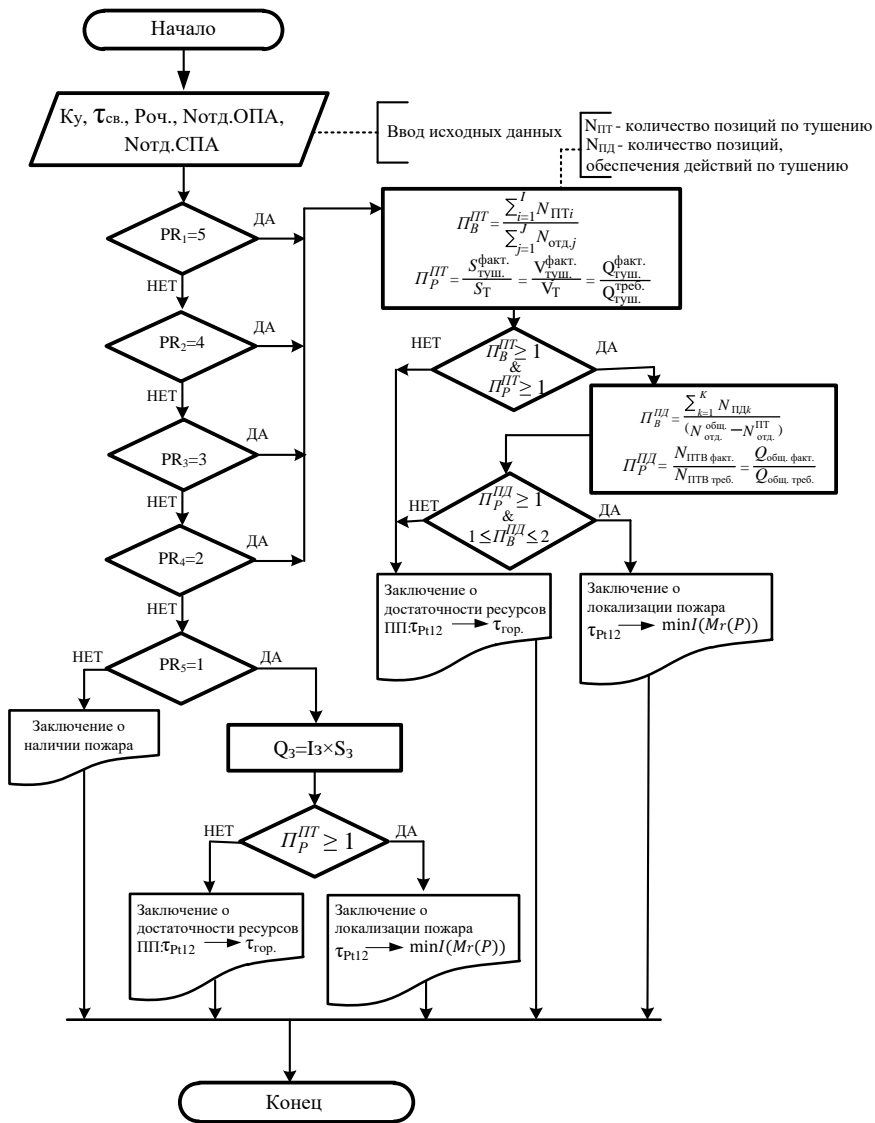


Рисунок 6 – Алгоритм проектирования СУ подразделениями

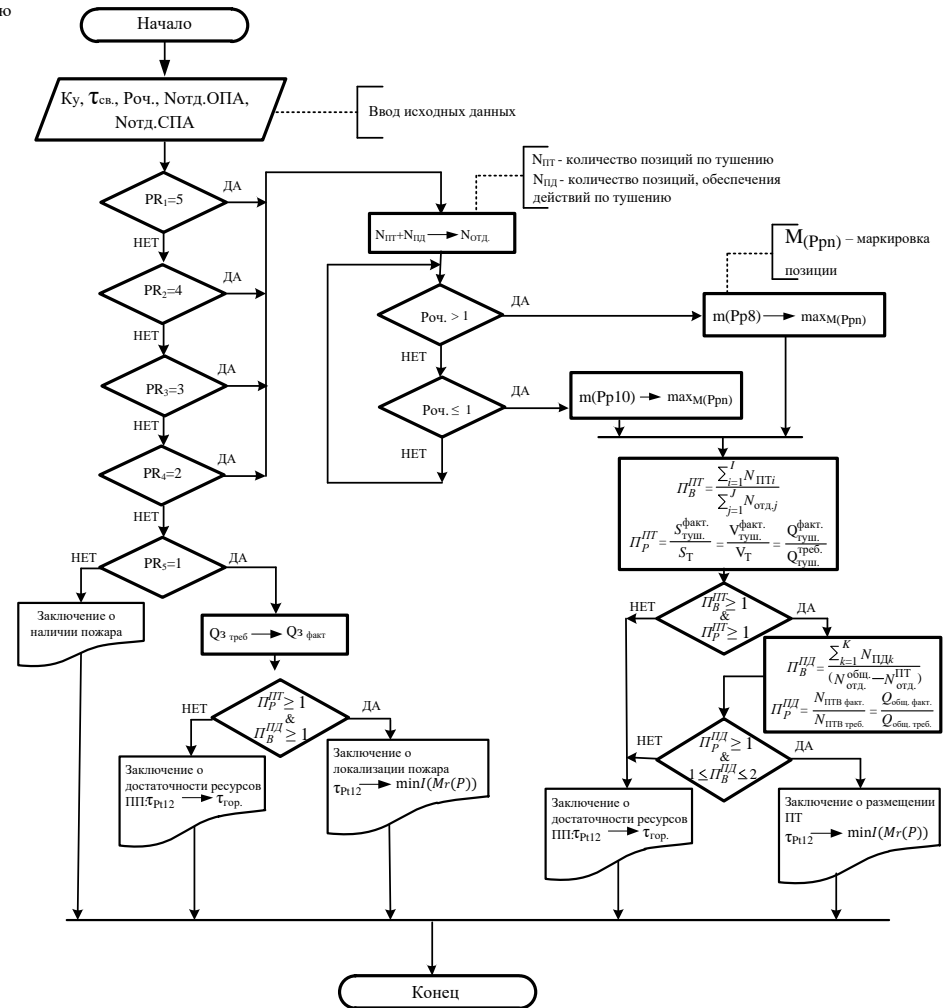


Рисунок 7 – Алгоритм перемещения ресурсов ППТ



В результате моделирования (рис. 8) достижение ликвидации становится возможным при введении позиций по тушению на всех этажах объекта пожара в период, соответствующий тактическим возможностям сил и средств ПП локализовать пожар.

Задержки маркеров по отношению ко времени эмуляции заданы на основании проведенных экспериментов или по установленным пользователем параметрам.

Окончательная сеть представлена следующей структурой (рис. 9).

При условии недостаточности ресурсов подразделений на месте пожара для создания соответствующих позиций по тушению на этажах объекта пожара, достижение позиции  $P_{14}$  будет не возможным, окончательная маркировка (рис. 9) будет недостижима.

В представленном сегменте сети позиции:  $P_1$  – ресурсы отделений ПП сосредотачиваются на выполнении основной задачи по тушению с учетом сведений, полученных в ходе аналитической и непосредственной разведки пожара ( $P_2$ ),  $P_5$  – тушение пожара в помещениях 1-го этажа,  $P_6$  – защита 2-го этажа,  $P_7$  – защита чердака,  $P_8$  – тушение пожара в помещениях 2-го этажа,  $P_9$  – защита чердака,  $P_{10}$  – защита 1-го этажа,  $P_{11}$  – тушение пожара в пространстве лестницы,  $P_{12}$  – защита 1-го этажа,  $P_{13}$  – защита 2-го этажа и чердака,  $P_{14}$  – ликвидация открытого горения,  $P_{15}$  – сбор пожарно-технического оборудования и возвращение к месту постоянной дислокации.

Переходы в сети:  $T_1$  – силы и средства ПП установили расположение очага пожара,  $T_2$  – выбран сценарий действий исходя из данных разведки пожара ( $P_4$ ),  $T_3$  – созданы позиции по тушению на первом этаже,  $T_4$  – созданы позиции по тушению на втором этаже,  $T_5$  – созданы позиции по тушению на чердаке,  $T_6$  – созданы позиции по тушению по сценарию нахождения очага на первом этаже,  $T_7$  – созданы позиции по тушению на втором этаже,  $T_8$  – созданы позиции по тушению на чердаке,  $T_9$  – созданы позиции по тушению на первом этаже,  $T_{10}$  – созданы позиции по тушению по сценарию нахождения очага на втором этаже,  $T_{11}$  – созданы позиции по тушению на втором этаже,  $T_{12}$  – созданы позиции по тушению на чердаке,  $T_{13}$  – созданы позиции по тушению на первом этаже,  $T_{14}$  – созданы позиции по тушению по сценарию нахождения очага в пространстве лестницы,  $T_{15}$  – созданы позиции по тушению на всех уровнях объекта пожара,  $T_{16}$  – ликвидировано открытое горение.

Блок подсистемы ( $S_1$ ) представляет объекты, объединенные в подсети (рис. 10), моделирующие перемещение ресурсов ПП (создание позиций по тушению пожара) на этажах здания ( $P_5 - P_{13}$ ) (рис. 11).

Блоки подсистемы  $S_2, S_3, S_4$  представляют собою объединенные объекты, соответствующие сценариям моделирования пожара в зависимости от места расположения очага пожара в здании.

Параметры развития пожара в данной модели не задаются, контрольной позицией в  $S_1$  задается место нахождения очага, что и определяет дальнейшее поступление маркеров в блоки  $S_2, S_3, S_4$ .

Задание актуальных правил срабатывания переходов, характерных для конкретных объектов и обстановки на пожаре, позволяет осуществить ретроспективный анализ проведенных действий подразделений, формализовать оценку своевременности и достаточности создания ПТ оперативными отделениями.

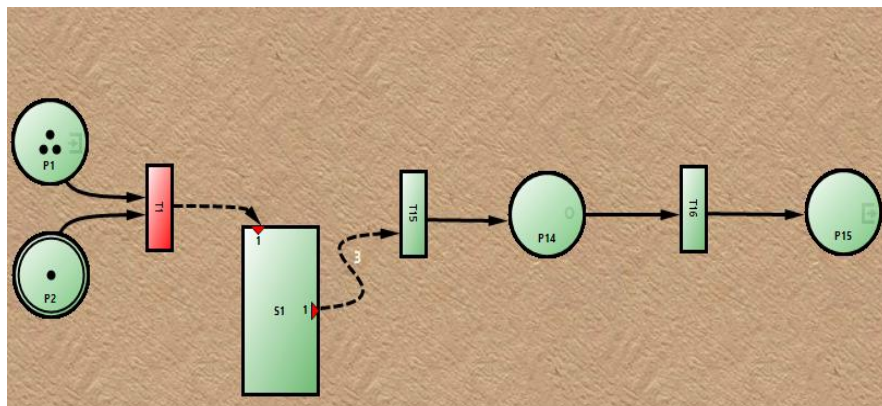


Рисунок 8 – Сегмент сети, моделирующий перемещение ресурсов ПП при тушении пожара

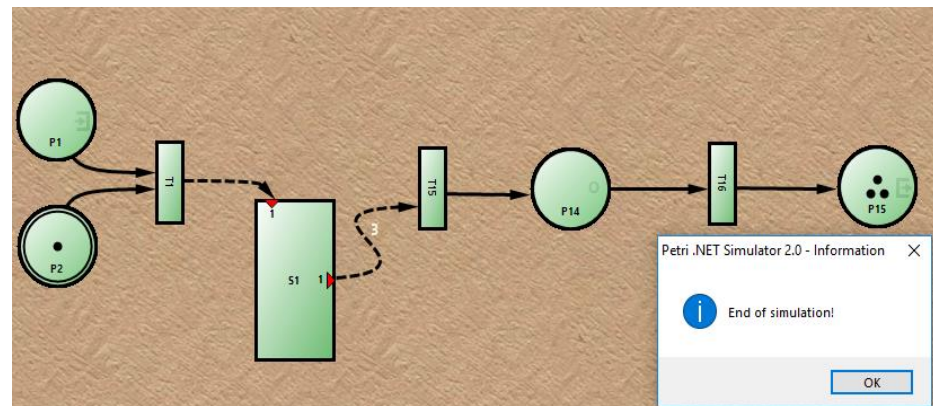


Рисунок 9 – Окончательная маркировка сети после эмуляции

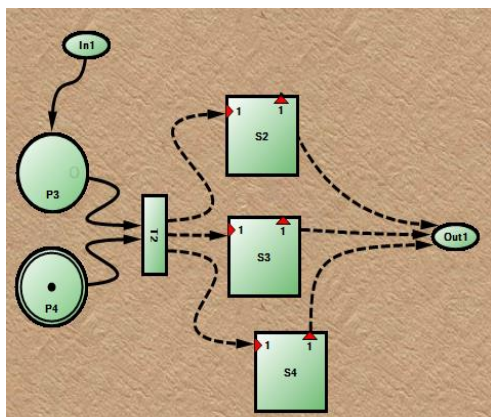
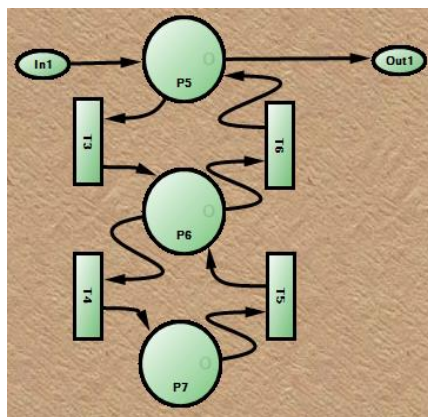
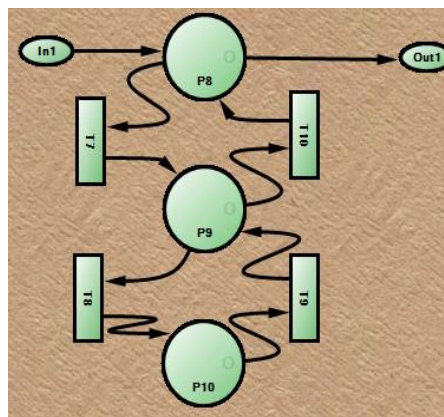


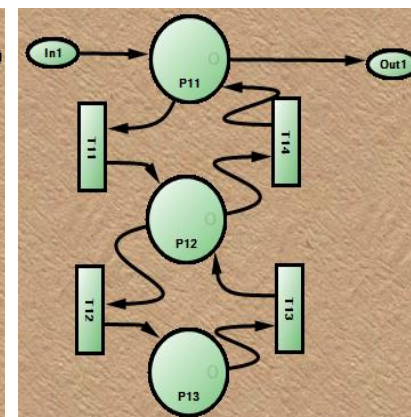
Рисунок 10 – Структура блока подсистемы S<sub>1</sub>



а)



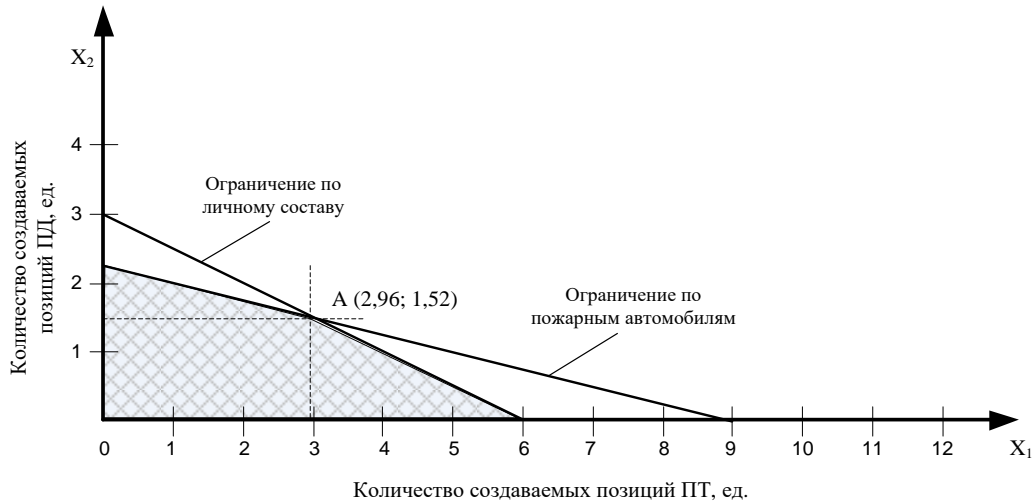
б)



в)

Рисунок 11 – Подструктура блоков S<sub>2</sub> (а), S<sub>3</sub> (б), S<sub>4</sub> (в) в составе S<sub>1</sub>

Проведена проверка полученных результатов моделирования программой решением задачи линейного программирования для рассмотренных исходных параметров системообразующих элементов по ресурсам: «личный состав», «пожарные автомобили». Рассмотренный вариант имеющихся исходных ресурсов, с учетом ограничения по личному составу, например работа звеньев ГДЗС с постами безопасности, соответствует возможности создания 3 ПТ (рис. 12).



где А – решение системы уравнений в задаче линейного программирования

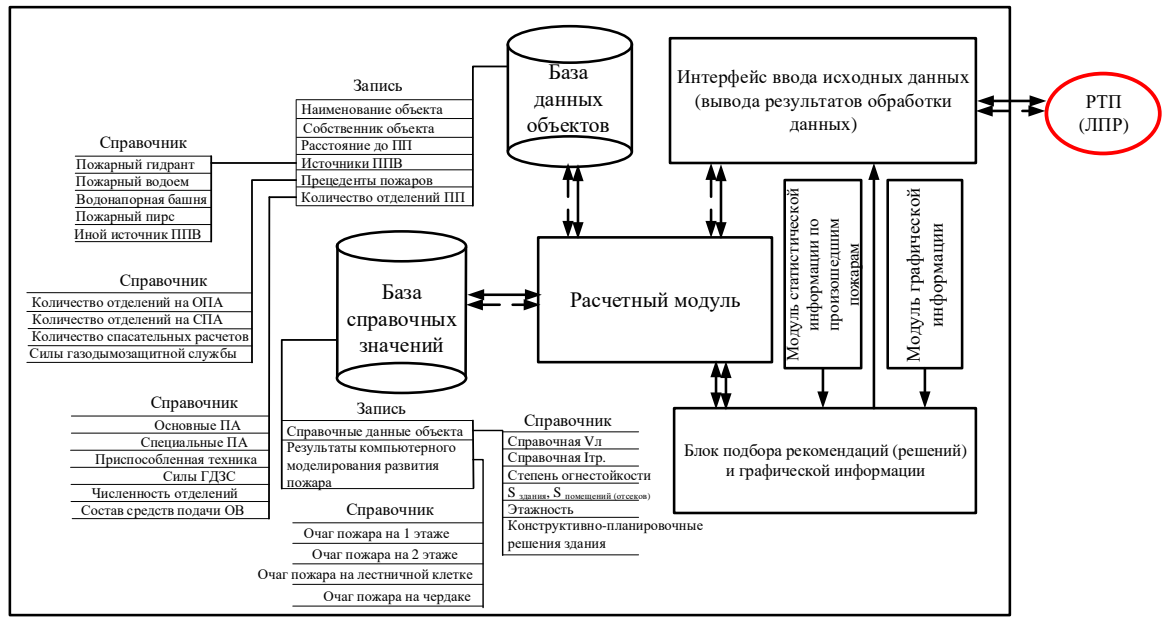
Рисунок 12 – Графическая интерпретация решения задачи линейного программирования для 3 оперативных отделений на ПА

При введении дополнительных данных об обстановке и привлеченных ресурсах ПП точность модели повышается до уровня разработки рекомендаций РТП, составления схем развертывания оперативных отделений ПП, расчета параметров пожаротушения.

**В главе 3** «Аналитическое обоснование модели организации и алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров» для решения задач организации системы управления ПП при тушении пожаров на ранних его этапах по разработанной модели проведена оценка размещения позиций ПП при тушении развившегося пожара в здании низкой устойчивости при пожаре.

На примере произошедшего пожара проведено моделирование и получены результаты анализа ОТД подразделений, где в качестве параметров оценки применены количественные и качественные критерии тактического потенциала. Сформулирован вывод о фактической реализации подразделениями своих тактических возможностей, предложен алгоритм структурирования СУ по исследованному пожару, выявлены участки пожаротушения с позициями, эффективность работы которых не обеспечивала выполнения действий, направленных на сокращение времени достижения локализации пожара. Рассмотрены динамика создания ПТ, ПД и правила создания позиций, позволяющие ее интенсифицировать.

Изложены модули и приведена структура программного продукта, построенного на основе предложенной модели (рис. 13).



где  $\longleftrightarrow$  – потоки запросов информации;  $\dashrightarrow$  – потоки выводимой информации;  
 $\longleftarrow$  – поток подобранных сведений, корректируемых данных

Рисунок 13 – Блок-схема системы информационно-аналитического обеспечения управления ПП при пожаротушении ЗНППУ

Программный продукт функционирует в двух режимах: с адресным вводом данных (основанном на работе с базой данных объектов конкретного населенного пункта), с безадресным вводом данных (рис. 14).

Дальнейшее развитие системы предполагает переход к структуре, основанной на технологии контейнеризации, применение которой позволяет производить отдельное (независимое) обновление библиотек данных и визуализацию того объема информации, который необходим РТП для принятия решений.

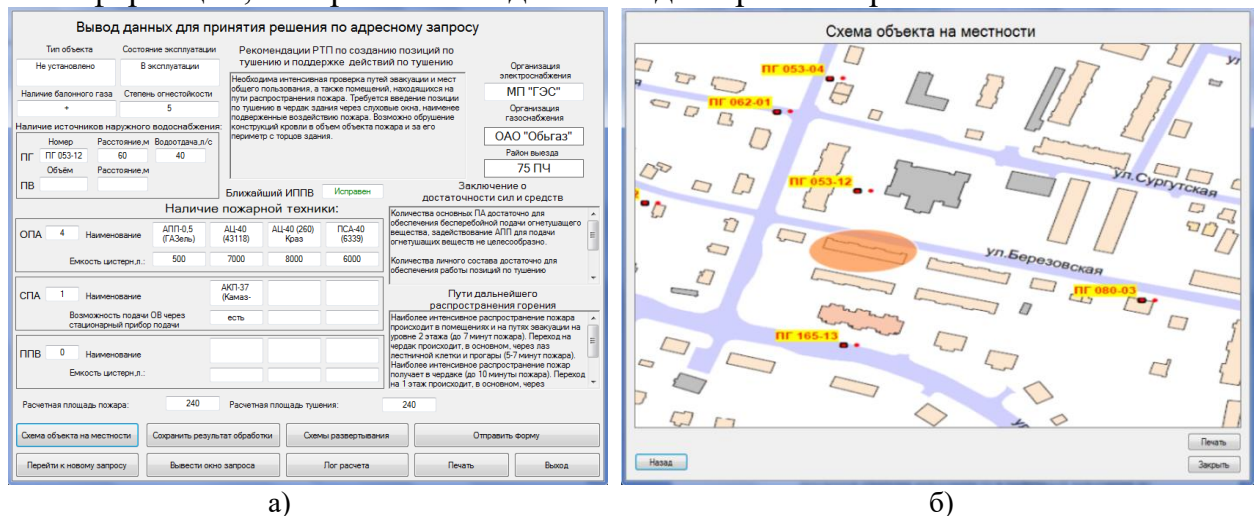


Рисунок 14 – Окна вывода результатов расчета (а), графической информации (б)

Для анализа обстановки на пожаре в заданный оператором период времени используются результаты моделирования пожара, описанные во второй главе. Моделирование создания позиций по тушению осуществляется на основе введенного



состава прибывших оперативных отделений ПП и заданного места расположения очага пожара, проверка достаточности созданных позиций осуществляется по качественному и количественному критериям тактического потенциала.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными научными результатами работы являются модель организации системы управления подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре и алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления, являющиеся базисом системы информационно-аналитического обеспечения управления подразделениями.

В исследовании осуществлена декомпозиция пожаротушения в зданиях низкой устойчивости при пожаре, выявлены статические и динамические характеристики процесса пожаротушения, рассмотрены структурообразующие элементы системы управления подразделениями, динамика их создания и развития. Проведен анализ параметров развития пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре полевым методом по сценариям, соответствующим расположению очага пожара. Получены и применены при разработке модели организации системы управления параметры развития пожара, выраженные в представлении пожара в виде временных этапов развития зон недоступности для создания позиций по тушению на различных этажах объекта пожара.

По итогам диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Разработана модель организации системы управления пожарными подразделениями и алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления, позволяющие руководителю тушения пожара осуществлять организацию системы управления подразделениями на основе оценки оперативных отделений по возможности создания позиций по тушению пожара, максимизирующей их тактический потенциал на 25-50 %.

2. Предложена структура новой системы информационно-аналитического обеспечения управления подразделениями при тушении пожаров, на основе которой создан программный продукт, работа которого построена на модели организации системы управления пожарными подразделениями и алгоритмах позиционно-балансового проектирования системы управления.

3. Предложено осуществлять распределение ресурсов подразделений, согласно алгоритмам позиционно-балансового проектирования системы управления, позволяющим повысить эффективность позиций путем дифференцированного подхода к распределению ресурсов на участках объекта пожара, сообразно модели развития пожара, и произвести локализацию пожара в границах параметров, достигнутых пожаром на момент создания позиций, что позволяет снизить время задействования подразделений на создание позиций по тушению пожара на 20-30 %.

4. На основе разработанной модели организации системы управления пожарными подразделениями, исходя из сведений о наличии ресурсов подразделений на месте пожара, представлены расчетные показатели действий при организации по-

жаротушения. Результаты расчетно-аналитического обоснования модели организации системы управления подразделениями подтверждены экспериментальной оценкой реализации управленческих решений по созданию позиций по ведению оперативно-тактических действий.

5. Разработана оценка размещения позиций по ведению оперативно-тактических действий подразделениями в заданном составе ресурсов, основанная на исключении пассивных позиций в системе управления до 25 %, применение которой возможно при исследовании тушения произошедших пожаров, а также в рамках учебного процесса при подготовке личного состава пожарных подразделений.

6. Результаты диссертационного исследования реализованы и внедрены в тестовом режиме системы информационно-аналитического обеспечения управления подразделениями Ханты-Мансийского пожарно-спасательного гарнизона, предназначенной для решения задачи организации системы управления пожарными подразделениями на месте пожара.

В диссертационной работе представлены новые научно обоснованные решения задач информационно-аналитического обеспечения управления подразделениями при жаротушении. Внедрение результатов исследования способствует повышению уровня готовности подразделений Ханты-Мансийского пожарно-спасательного гарнизона к ведению оперативно-тактических действий по тушению пожаров, что подтверждается снижением гибели на пожарах в жилом секторе, согласно статистическим данным с 2014 года. Комплексно с иными источниками информации, разработанная система информационно-аналитического обеспечения управления, позволяет получить исходные объективные данные и альтернативные решения по созданию позиций, аналитическое заключение относительно способности подразделений в текущем составе локализовать пожар на стадии создания позиций.

### **Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

#### ***В научных изданиях, рекомендованных ВАК России***

1. Степанов, О.И. О формализации метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости / О.И. Степанов // Технологии техносферной безопасности. – 2012. – № 3 (43). – Режим доступа : <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2012-3/2012-3.html>.

2. Степанов, О.И. Теоретические основы применения метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений / О.И. Степанов // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – № 3 (49). – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2013-3/2013-3.html>.

3. Степанов, О.И. Реализация поэтапного метода ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров / О.И. Степанов, М.В. Стахеев, М.Д. Джабаев // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 6 (58). – Режим доступа : <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2014-6/2014-6.html>.

4. Степанов О.И. Обоснование метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров / О.И. Степанов, В.В. Теряев, С.В. Молинов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 1 (53). – Режим доступа : <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2014-1/2014-1.html>.

5. Степанов, О.И. Методика управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях жилого сектора / О.И. Степанов, Ю.В. Прус, А.Н. Денисов // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – №2 (66). – Режим доступа: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2016-2/2016-2.html>.

6. Степанов, О.И. Структура системы управления пожарно-спасательными подразделениями на начальном этапе пожаротушения / О.И. Степанов, А.Н. Денисов, В.Б. Коробко, А.В. Матюшин // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2017. – № 3 (73). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/19-03-17.ttb.pdf>.

7. Степанов, О.И. Алгоритм синтеза системы управления пожарными подразделениями на месте пожара / О.И. Степанов, А.Н. Денисов // Техносферная безопасность: интернет-журнал – 2018. – № 2 (19). – С. 51-59. Режим доступа: <https://www.uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyy-elektronnyy-zh>.

8. Степанов, О.И. Модель системы информационно-аналитической поддержки управления пожарно-спасательными подразделениями / О.И. Степанов, А.Н. Денисов // Техносферная безопасность: интернет-журнал. – 2018. – № 3 (20). – С. 30-37. Режим доступа: <https://www.uigps.ru/nauka/tekhnosfernaya-bezopasnost-nauchnyy-elektronnyy-zh>.

9. Степанов, О.И. Экспериментальное обоснование создания позиций по тушению с применением специальных пожарных автомобилей / О.И. Степанов, А.Н. Денисов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety, 2018. – № 27 (11) – С. 58-66.

10. Степанов, О.И. Создание позиций по тушению при управлении пожаротушением в зданиях низкой устойчивости при пожаре / О.И. Степанов, А.Н. Денисов, М.В. Стахеев // Техносферная безопасность: интернет-журнал. – 2018. – № 4 (21) – С. 10-17. Режим доступа: <https://www.uigps.ru/userfls/ufiles/nauka/journals/ttb/tb21/2.pdf>

#### ***В других научных изданиях***

11. Степанов, О.И. Стоимость тушения и ущерб от пожаров как показатели оценки управления ресурсами пожарных подразделений при тушении пожаров / О.И. Степанов, Г.М. Муса, Н.А. Зайцев, Н.А. Семина // Техносферная безопасность: интернет-журнал. – 2014. – № 4 (5). Режим доступа : [uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal](http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal).

12. Степанов, О.И. Применение тактического потенциала при оценке оперативно-тактических действий пожарных подразделений при тушении пожаров / О.И. Степанов, М.В. Стахеев, М.Д. Джабаев, С.И. Осипенко // Техносферная безопасность: интернет-журнал. – 2015. – № 3 (8). Режим доступа: [uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal](http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal).

13. Степанов, О.И. Привлечение пожарных подразделений при реализации метода поэтапного ввода сил и средств на тушение пожара / О.И. Степанов // Материалы II Международной научно-технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» – М.: АГПС МЧС России, 2013 – С. 295-297.

14. Степанов, О.И. Об организации тушения пожаров в зданиях низкой устойчивости / О.И. Степанов, А.Н. Денисов, С.В. Гундар, В.В. Теряев // Материалы II Между-

народной научно-технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» – М.: АГПС МЧС России, 2013 – С.214-217.

15. Степанов, О.И. Моделирование процесса управления подразделениями пожарной охраны при тушении пожаров в зданиях жилого сектора / О.И. Степанов // Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность» / Ивановский институт ГПС МЧС России (24.11.2010). – С. 79-86.

16. Степанов, О.И. Теоретическая реализация метода подачи огнетушащих веществ средствами с низким коэффициентом расхода / О.И. Степанов // Сборник итоговых материалов VI Всероссийской научно-практической конференции (30.05.2012) «Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации» / Уральский институт ГПС МЧС России. – С. 136-141.

17. Степанов О.И. Исследование реализации тактического потенциала сил и средств газодымозащитной службы при решении оперативных задач по тушению пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости / О.И. Степанов, М.В. Стахеев, М.Д. Джабаев, С.И. Осипенко // Техносферная безопасность: интернет-журнал. – 2016. – № 1 (10). – С. 26-32. Режим доступа : [uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal](http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal).

18. Степанов, О.И. Информационно-аналитическая поддержка управленческих решений при пожаротушении / О.И. Степанов, А.Н. Денисов, М.В. Стахеев // Сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронежский институт ГПС МЧС России, 2016. – С. 274-275.

19. Степанов, О.И. Применение систем информационно-аналитической поддержки управленческих решений при пожаротушении / О.И. Степанов, А.Н. Денисов, С.И. Осипенко, Я.В. Степанова // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности : материалы Дней науки (6-9 декабря 2016 г.) в 2-х частях. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – С. 49-50.

20. Степанов, О.И. О поддержке принятия управленческих решений при подготовке личного состава пожарно-спасательных подразделений / О.И. Степанов, А.Н. Денисов // Сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2017. – С. 115-116.

#### ***Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ***

21. Степанов, О.И. Расчет сил и средств для пожаротушения в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре / Степанов О.И., Денисов А.Н., Логвинок Д.А. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016618567 от 02.08.2016.

#### ***Патенты на изобретение***

22. Патент на изобретение №2641450. Пожарный ствол / О.И. Степанов; заявл. 20.01.2017, опублик. 17.01.2018. Бюллетень №2.

23. Патент на изобретение №2657687. Устройство для подачи жидких огнетушащих веществ на высоту / О.И. Степанов; заявл. 24.02.2016, опублик. 14.06.2018. Бюллетень №17.



Степанов Олег Игоревич

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ  
ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать 02.04.2019 г.

Формат бумаги 60×90

Тираж 100 экз.

1/16 Заказ № 161

---

Академия ГПС МЧС России  
129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4