

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

Академия Государственной противопожарной службы

*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)

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук,  
доцент ДЕНИСОВ А.Н.

Москва – 2019

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<b>Глава 1. Проблемы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре</b> .....	8
1.1. Анализ подходов к организации систем управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров в зданиях жилого сектора .....	18
1.2. Анализ механизмов управления деятельностью оперативных отделений пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях жилого сектора .....	27
1.3. Анализ тушения пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре ...	33
1.4. Выводы по Главе 1 .....	42
<b>Глава 2. Формализация модели организации системы управления пожарными подразделениями на месте пожара</b> .....	44
2.1. Общая структура системы управления пожарными подразделениями при тушении пожара .....	44
2.2. Модель организации и алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями .....	50
2.3. Выводы по Главе 2 .....	94
<b>Глава 3. Аналитическое обоснование модели организации и алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров</b> .....	96
3.1. Расчетно-аналитическая проверка системы управления подразделениями при пожаротушении в здании низкой устойчивости при пожаре .....	99
3.2. Экспериментальная оценка модели организации системы управления пожарными подразделениями при пожаротушении .....	117
3.3. Обоснование алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями на основе моделирования параметров развития пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре .....	119
3.4. Программная реализация системы информационного-аналитического обеспечения управления пожарными подразделениями .....	124
3.5. Выводы по Главе 3 .....	128
<b>Заключение</b> .....	129
<b>Перечень сокращений</b> .....	132
<b>Список литературы</b> .....	134
Приложение № 1 .....	153
Приложение № 2 .....	154
Приложение № 3 .....	155
Приложение № 4 .....	158
Приложение № 5 .....	162
Приложение № 6 .....	165
Приложение № 7 .....	167
Приложение № 8 .....	173
Приложение № 9 .....	181
Приложение № 10.....	183

## Введение

### **Актуальность и степень научной проработки темы исследования**

Доля пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости (здания низкой устойчивости при пожаре) составляет более 50 % от общего количества пожаров в жилом секторе [1-5]. 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.

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

Для достижения поставленной цели в диссертации сформулированы следующие задачи:

1) 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;

2) 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;

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

**Объектом исследования** является оперативно-тактическая деятельность подразделений пожарной охраны.

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

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач были использованы следующие основные методы исследования: эксперимент, концептуальное и имитационное моделирование, методы системного анализа, алгоритмизации, методы теории управления и теории графов.

**Научная новизна** работы заключается в том, что автором:

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.

**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 пожаротушения и при выработке норм и методов ведения оперативно-тактических действий пожарными подразделениями [6, 7].

**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.** 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. Автором самостоятельно получены новые экспериментальные данные временных параметров функционирования позиций по тушению пожара, составляющие исходные параметры алгоритмов управления подразделениями, на основе которых разработано универсальное программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера пожарно-спасательного гарнизона и АРМ штаба пожаротушения.

**Внедрение результатов исследования.** 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, что подтверждается соответствующими актами.

Разработанные модель и алгоритмы использованы при создании системы информационно-аналитического обеспечения управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в жилом секторе на начальном этапе пожаротушения.

На разработанный в ходе исследования программный продукт получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016618567 от 02.08.2016.

**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.

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

## **Глава 1. Проблемы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре**

Статистические данные о пожарах в Российской Федерации [1-5] свидетельствуют об общей устойчивой положительной динамике сокращения числа пожаров и гибели на них людей (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Сведения по пожарам в Российской Федерации с 2006 по 2017 гг.

Наименование показателя	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество пожаров, тыс. ед.	220,5	212,6	202,0	187,6	179,5	168,5	162,9	153,5	150,8	145,9	139,5	132,8
Процент к предыдущему году, +/- %	-4,0	-3,6	-5	-7,1	-4,3	-6,1	-3,3	-5,8	-1,7	-3,2	-4,4	-4,8
Погибло людей, чел.	17238	16066	15301	13946	13070	12019	11652	10601	10138	9405	8749	7816
Процент к предыдущему году, +/- %	-6,4	-6,8	-4,8	-8,9	-6,3	-8,0	-3,0	-9,0	-4,4	-7,2	-7,0	-10,7
Прямой материальный ущерб, млн руб.	8475	8696	12228	11194	14565	18199	15693	14885	18246	22461	13418	13767

Обстановка с пожарами неравномерна на всей территории Российской Федерации и зависит от многочисленных факторов, в том числе от характера застройки населенных пунктов, степени износа зданий, климатических условий и рельефа местности, социальной ситуации в каждом конкретном субъекте (и даже населенном пункте).

Для реализации выполнения научной задачи принято ограничить начальную область применения результатов работы в рамках определенных объектов пожара.

Исследование будет включать в качестве объекта пожара здания с низкой устойчивостью при пожаре (ЗНППУ) различного функционального назначения [8, 9, 10]. Под устойчивостью, исходя из объекта исследования, будем понимать способность системы сохранять текущее состояние при наличии внешних воздействий.

К группе ЗНППУ, в целях обобщения объектов с точки зрения организации пожаротушения и управления ресурсами подразделений, отнесены здания IV-V



степеней огнестойкости различного функционального назначения (в большинстве своем классов функциональной пожарной опасности Ф1, Ф3.6, Ф4.3) вне зависимости от конструктивно-планировочных решений (коридорного и квартирного типов, с противопожарными преградами и без них) [8, 9-11].

Частота гибели людей на пожарах в зданиях различной степени огнестойкости (Таблица 1.2) и этажности (Таблица 1.3) в Российской Федерации за исследуемый период имеет достаточно стабильное значение [1-4].

Таблица 1.2 – Относительные показатели гибели людей на пожарах в зданиях различной степени огнестойкости

Степень огнестойкости здания	Частота гибели людей на пожарах в зданиях различной степени огнестойкости, чел./пожар											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Средняя частота
1	0,057	0,059	0,060	0,051	0,053	0,056	0,052	0,056	0,044	0,050	0,048	0,054
2	0,063	0,065	0,067	0,064	0,063	0,063	0,058	0,057	0,055	0,055	0,053	0,061
3	0,087	0,091	0,085	0,084	0,083	0,081	0,073	0,075	0,071	0,072	0,064	0,080
4	0,086	0,087	0,090	0,083	0,085	0,092	0,088	0,080	0,085	0,071	0,069	0,085
5	0,095	0,094	0,095	0,096	0,094	0,094	0,095	0,091	0,085	0,082	0,075	0,092

Таблица 1.3 – Относительные показатели гибели людей на пожарах в зданиях различной этажности

Этажность здания	Частота гибели людей на пожарах в зданиях различной этажности, чел./пожар											
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Средняя частота
1	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,094
2	0,11	0,11	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,091
3-5	0,10	0,11	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,090

Особенностью северных регионов нашей страны (северо-восточной европейской части России, Урала, Сибири и Дальнего Востока) является бурная история их освоения в прошлом столетии. Обнаружение на территориях ряда субъектов залежей полезных ископаемых привело к преобразованию практически неосвоенных и неиспользуемых территорий в передовые регионы страны с возросшей численностью городского населения (до 92 % в Ханты-Мансийском автономном округе, 85 % в Ямало-Ненецком автономном округе), быстро развивающейся транспортной сетью, развитой инфраструктурой населенных

пунктов. Развитие городов и сельских поселений этих субъектов Российской Федерации отличается от аналогичных образований европейской части России, имеющих продолжительную историю формирования и сложившиеся традиционные особенности. Основной особенностью северных регионов является проживание большого количества населения в так называемом «временном» жилье – зданиях, ранее приспособленных для размещения работников строительных и добывающих организаций, а также в деревянном многоквартирном жилье, поставляемом в виде готовых конструкций для реализации строительных проектов в развивающихся населенных пунктах. На сегодняшний день большое количество жилых зданий обветшало и начало представлять угрозу жизни и здоровью проживающих в них людей [12-15].

Тенденция увеличения сегмента ветхого и аварийного жилого фонда в большинстве северных регионов носит устойчивый характер (Рисунок 1.1). Статистические данные [1-4] говорят о том, что на территории России и ряда субъектов, расположенных в северных районах страны, обстановка с пожарами в жилом секторе обстоит следующим образом (Таблицы 1.4-1.7).

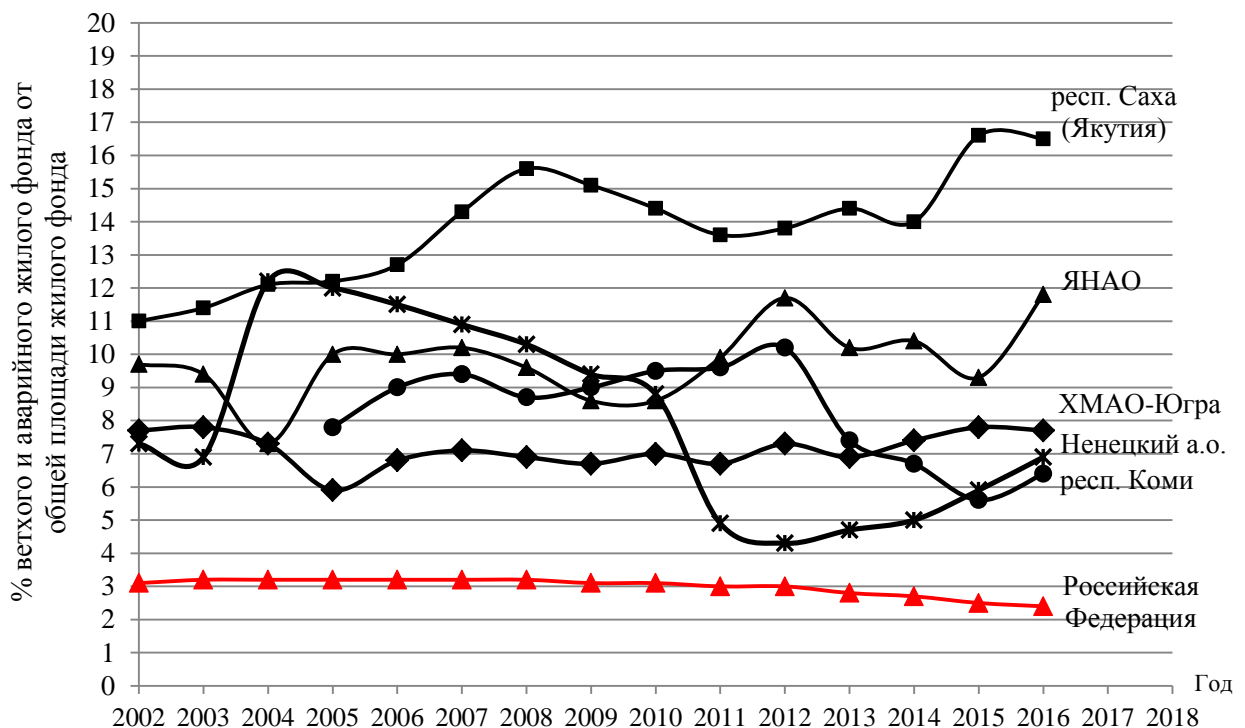


Рисунок 1.1 – Динамика изменения удельного веса ветхого и аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда в Российской Федерации и ряде северных регионов

Приведение удельного веса ветхого и аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда в Российской Федерации с 2018 года не является репрезентативным, так как справочные материалы [16] включают только сегмент «аварийный жилищный фонд».

Таблица 1.4 – Сведения о пожарах в жилом секторе в Российской Федерации с 2007 по 2017 гг.

Показатель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Пожары в жилом секторе / % от общего количества пожаров	150970 / 69,16	143293 / 68,81	134606 / 71,77	127805 / 71,19	119345 / 70,82	113251 / 69,51	104592 / 68,15	103579 / 68,68	100498 / 68,86	96813 / 69,41	93001 / 70,01
Погибло чел. / % от общего количества погибших	14125 / 85,17	13707 / 87,32	12623 / 90,52	12067 / 92,35	11050 / 91,94	10740 / 92,17	9670 / 91,12	9339 / 92,12	8515 / 90,54	7982 / 91,23	7211 / 92,26
Пожаров, произошедших в зданиях этажностью в 1 и 2 этажа	112972	108149	105965	101715	95010	91826	84288	85117	81741	78960	75673
Погибло чел.	11516	11148	10518	10205	9292	9102	8247	8078	7310	6802	6115
Пожаров, произошедших в зданиях IV-V степеней огнестойкости	105475	99831	96852	92609	85501	83980	77468	78161	74687	71931	69601
Погибло чел.	9918	9379	9171	8733	7919	7873	7268	6980	6337	5797	5193

Таблица 1.5 – Сведения о пожарах в жилом секторе в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре с 2006 по 2017 гг.

Показатель	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Пожаров в жилом секторе / % от общего количества пожаров	1929 / 60,4	1769 / 58,3	1749 / 60,0	1737 / 61,9	1617 / 61,3	1507 / 63,1	1480 / 63,0	1362 / 65,0	1255 / 61,9	1257 / 62,8	1317 / 66,6	1186 / 66,4
Погибло чел. / % от общего количества погибших	112 / 73,2	105 / 70,0	97 / 70,3	90 / 67,7	104 / 83,2	84 / 78,5	61 / 67,8	62 / 80,5	63 / 84,0	56 / 80,0	49 / 71,0	51 / 82,2
Пожаров, произошедших в зданиях этажностью в 1 и 2 этажа	1534	1409	1333	1426	1315	1248	1234	1122	1072	1040	1075	956
Погибло чел.	103	94	86	72	93	76	55	59	60	50	42	39
Пожаров, произошедших в зданиях IV-V степеней огнестойкости	1355	1274	1202	1249	1122	1040	1044	953	882	880	923	804
Погибло чел.	96	92	74	69	85	69	49	52	56	45	39	33

Таблица 1.6 – Сведения о пожарах в жилом секторе в Тюменской области с 2006 по 2017 гг.

Показатель	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество пожаров в жилом секторе/ % от общего количества пожаров	1493/ 67,6	1412/ 66,7	1463/ 69,9	1405/ 68,5	1359/ 67,3	1429/ 72,0	1380/ 70,8	1366/ 71,2	1378/ 72,9	1378/ 73,6	1334/ 72,5	1349/ 74,7
Количество погибших в жилом секторе/ % от общего количества погибших	165/ 85,9	149/ 81,9	158/ 87,8	165/ 92,7	170/ 96,6	159/ 91,9	160/ 94,1	160/ 95,2	154/ 92,8	152/ 92,1	150/ 92,0	156/ 96,9
Пожаров, произошедших в зданиях этажностью в 1 и 2 этажа	1559	1498	1472	1448	1388	1370	1405	1351	1348	1359	1356	1340
Погибло чел.	166	155	154	157	155	144	149	152	148	145	145	142
Пожаров, произошедших в зданиях IV-V степеней огнестойкости	1291	1236	1243	1209	1143	1107	1157	1130	1113	1127	1109	1132
Погибло чел.	148	133	139	145	133	123	131	132	131	127	131	124

Таблица 1.7 – Сведения о пожарах в жилом секторе в Ямало-Ненецком округе с 2006 по 2017 гг.

Показатель	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество пожаров в жилом секторе/ % от общего количества пожаров	391/ 45,9	390/ 46,2	409/ 50,1	389/ 48,5	397/ 50,1	387/ 51,7	369/ 50,6	342/ 47,8	348/ 51,3	288/ 45,9	315/ 50,9	283/ 54,0
Количество погибших в жилом секторе/ % от общего количества погибших	38/ 62,30	49/ 62,82	32/ 71,11	33/ 76,74	33/ 80,49	31/ 77,50	25/ 73,53	21/ 70,00	23/ 88,50	20/ 60,6	24/ 80,0	25/ 76,0
Пожаров, произошедших в зданиях этажностью в 1 и 2 этажа	302	309	324	317	341	325	303	281	271	274	132	224
Погибло чел.	35	43	29	31	31	29	22	20	17	18	20	23
Пожаров, произошедших в зданиях IV-V степеней огнестойкости	275	268	290	274	298	289	260	238	239	279	132	283
Погибло чел.	33	36	20	28	31	27	21	17	17	18	20	25

Сопоставление общей обстановки с пожарами на территории Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов с субъектами Российской Федерации с аналогичной численностью населения (Таблицы 1.8, 1.9) иллюстрирует, что относительный показатель количества пожаров на 10 тысяч человек населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре превышает данный показатель по субъектам других федеральных округов [1-4].

Показатель в Ямало-Ненецком автономном округе занимает промежуточную позицию среди субъектов с аналогичной численностью населения, при этом он незначительно ниже, чем в Ханты-Мансийском автономном округе (на 0,1-1,5 пожара на 10 тысяч человек населения в течение периода наблюдения) [1-4].

Таблица 1.8 – Обстановка с пожарами в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре и субъектах с аналогичной численностью населения

№ п/п	Наименование субъектов РФ	Федеральный округ	Численность населения, тыс. чел.	Площадь территории, км <sup>2</sup>	Количество пожаров, приходящихся на 10 тыс. населения							
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	ХМАО – Югра	Уральский	1532	534800	17,16	15,30	15,07	13,17	12,64	12,36	12,16	10,77
2	Белгородская область	Центральный	1532	27134	7,92	7,34	6,98	6,57	6,64	6,18	5,95	10,12
3	Владимирская область	Центральный	1443	29084	13,82	13,39	13,12	12,57	12,42	11,86	10,89	9,59
4	Тульская область	Центральный	1553	25700	10,91	9,33	8,93	8,42	8,48	8,19	7,69	9,63
5	Удмуртская республика	Приволжский	1521	42100	10,01	8,99	8,41	7,98	7,92	7,68	7,62	9,96

Таблица 1.9 – Обстановка с пожарами в Ямало-Ненецком автономном округе и субъектах с аналогичной численностью населения

№ п/п	Наименование субъектов РФ	Федеральный округ	Численность населения, тыс. чел.	Площадь территории, км <sup>2</sup>	Количество пожаров, приходящихся на 10 тыс. населения							
					2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	ЯНАО	Уральский	523	769250	15,10	13,95	13,62	13,23	12,56	11,73	11,61	10,26
2	Республика Хакасия	Сибирский	532	61900	13,78	13,70	13,83	13,15	13,78	14,21	12,56	10,11
3	Сахалинская область	Дальневосточный	498	87100	21,59	20,75	19,44	18,29	17,02	16,03	15,27	9,81
4	Республика Карелия	Северо-Западный	645	180500	23,79	23,36	22,73	21,43	20,93	19,76	18,30	9,69
5	Костромская область	Центральный	667	60211	12,48	11,16	10,80	10,55	10,29	10,05	9,92	9,68

Вышеуказанные факты говорят об аналогичности условий возникновения пожаров в северных регионах Российской Федерации [17]:

- схожая застройка населенных пунктов, основание и развитие которых представляют собой процессы единого исторического этапа развития регионов;
- аналогичные климатические условия, predetermined географическим положением субъектов РФ;
- однотипные системы энергоснабжения и водоснабжения, создание которых основано на единых требованиях к проектированию и строительству населенных пунктов соответствующего исторического периода.

Масштаб проблемы ветхого и аварийного жилья послужил импульсом для принятия правительствами ряда субъектов Российской Федерации и главами муниципальных образований долгосрочных целевых программ, направленных на переселение граждан из опасных жилых площадей [18-21].

Объективными недостатками данных мер являются:

- существенная продолжительность периода их реализации;
- зависимость интенсивности реализации от политико-экономической ситуации в субъекте и стране в целом.

Снижение объемов ветхого и аварийного жилья входит в число задач стратегий социально-экономического развития северных регионов России. При этом показатель ввода в действие общей площади жилых домов и общежитий, на примере Уральского федерального округа, в период с 2007 по 2017 годы (Таблица 1.10) не является положительно стабильным, а в последние 2 года характеризуется падением в большинстве субъектов.

Таблица 1.10 – Ввод в действие общей площади жилых домов и общежитий в регионах Уральского федерального округа с 2007 по 2017 гг., тыс. м<sup>2</sup>

№ п/п	Наименование субъекта РФ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	Свердловская область	1659	1702	1591	1770	1822	1869	1755	2423	2483	2107	2127
2	Челябинская область	1673	2024	1431	1073	1314	1677	1788	2002	1709	1312	1404
3	Тюменская область	940	1098	1044	1112	1222	1345	1463	1760	2122	1683	1419
4	ХМАО – Югра	872	892	827	564	757	1022	1044	1115	873	728	809
5	Курганская область	195	281	289	160	183	250	280	389	246	295	271
6	ЯНАО	254	230	135	140	168	198	246	264	266	194	234

Также встречаются примеры застройки (в том числе массовой) новыми многоквартирными зданиями IV-V степеней огнестойкости (Приложение № 1).

В настоящее время развитие деревянного домостроения становится востребованным в индивидуальном жилищном строительстве во многих регионах России и в рамках реализации региональных программ по поддержке строительной отрасли. Перед пожарной охраной страны, несмотря на общую тенденцию к снижению количества пожаров и последствий от них, стоят сложные задачи, определенные законодательством и диктуемые временем.

Решение этих задач заключается не только в совершенствовании методов профилактики пожаров, модернизации пожарной техники, ПТО, но и в совершенствовании методов применения ресурсов пожарных подразделений (ПП), аварийно-спасательных служб и формирований (АСС (Ф)), построения систем управления подразделениями непосредственно при тушении пожаров и проведении связанных с ними АСР.

Любой пожар в выбранном сегменте объектов можно представить как сложный, непрерывный (но конечный) процесс изменения состояния объекта, включающий комплекс физико-химических явлений, в основе которых лежат процессы горения, и явления социального характера. Любое социальное явление может рассматриваться как факт социальный, если его повторяемость, массовость, типичность, общественная значимость установлены. Так, пожары в жилом секторе обладают сходными параметрами и закономерностями развития, носят массовый характер (более 60 % от общего количества пожаров в Российской Федерации), являются типичным результатом совокупности условий возникновения горения и представляют собой общественно значимые события, так как вызывают определенный негативный резонанс в обществе.

При этом пожар представляется деструктивным событием, наступающим при определенной совокупности условий, сложившейся на объекте пожара. Под деструктивным событием будем понимать наступление такого события, ликвидация последствий которого требует привлечения ресурсов ПСГ [22, 23].

Исходя из вышеописанного, проблему тушения пожаров вообще (и в ЗНППУ в частности) следует считать узловой, зависящей от целого ряда нерешенных вопросов (в том числе выходящих за рамки целей данного исследования, например: вопросы расселения населения, проживающего в ветхом и аварийном жилье; вопросы обслуживания сетей, систем зданий и т. д.) и одновременно обостряющей другие проблемы (совершенствование пожарной техники и ПТО, определение оптимального состава ресурсов ПП, создание и совершенствование систем противопожарного водоснабжения населенных

пунктов и т. д.), то есть носящей признаки оперативных проблем, решение которых направлено на устранение (компенсацию) деструктивных событий.

Важнейшим направлением, с точки зрения управления подразделениями, является расширение тактических возможностей оперативных отделений ПП по тушению пожаров [24, 25, 26-28].

Расширение тактических возможностей оперативных отделений ПП достигается:

- 1) совершенствованием СУ подразделениями при тушении пожаров и проведении АСР [24-27];
- 2) применением современной техники, ПТО, аварийно-спасательного инструмента и средств связи [28, 29];
- 3) совершенствованием системы подготовки и постоянного контроля над процессом подготовки личного состава подразделений [30, 31];
- 4) целенаправленным формированием коллектива с учетом индивидуальных особенностей личности [32, 33] и т. д.

Возникающая научная задача совершенствования СУ реализуется путем:

- 1) изучения опыта (отечественного и зарубежного) в области организации СУ подразделениями при тушении пожаров [34-37];
- 2) анализа СУ подразделениями при тушении пожаров, основанного на ее декомпозиции с последующим определением статических и динамических характеристик составляющих элементов, рассматриваемых во взаимосвязи с другими элементами системы и окружающей средой, выявлением узловых проблем [37-39];
- 3) синтеза СУ подразделениями при тушении пожаров в целях создания новой системы управления (на основе новых достижений науки и техники и пересмотра подходов к различным аспектам управленческой деятельности) либо совершенствования существующей СУ (на основе выявленных недостатков, тенденции появления новых задач и требований, а также функционального совершенствования (или регрессии) структурных элементов системы) [38, 40, 41].



В рамках данного исследования предстоит решить проблему совершенствования и развития СУ подразделениями, как результирующую по отношению к проблеме тушения пожара в целом.

Организация тушения пожаров в ЗНППУ представляется сложным организационно-управленческим процессом, изучение которого невозможно без его комплексного анализа и исследования его отдельных операций и связей [8, 10, 11]. В связи с этим проблему управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в ЗНППУ, с позиции целей исследования, можно представить как систему взаимосвязанных и взаимообусловленных групп частных проблем (Рисунок 1.2):

1. «Проблема определения цели СУ» выражается в необходимости определения решающего направления действий ПП по тушению пожара – основные вопросы: «Что нужно делать?», «В каком порядке нужно выполнять действия?»

2. «Проблема определения состава СУ» выражается в необходимости определения требуемых ресурсов ПП на месте пожара – основной вопрос: «Что (кто) нужно (нужен) для реализации поставленных задач?»

3. «Проблема определения структуры СУ» выражается в необходимости определения связей между элементами СУ, установления иерархии – основные вопросы: «Кто выполняет те или иные функции?», «Кто кому подчиняется в ходе выполнения работ?»

Решение этих, на первый взгляд, немногочисленных вопросов является основной задачей РТП (как лица, принимающего решения) [42-44] – задачей организационного проектирования [38, 45]. Если первая из вышеуказанных проблем является локальной, решение ее производится на месте пожара (исходя из оперативной ситуации на пожаре), то решения проблем определения состава и структуры СУ зависимы от результатов реализации управленческих решений на уровне управления гарнизонной службой (установлением районов выезда подразделений, определением порядка привлечения СИС подразделений, передислокации оперативных отделений, иерархии руководства тушением пожара

и т. д.) [46]. При этом все группы частных проблем инициируют необходимость глубокой проработки остального «дерева» проблем.

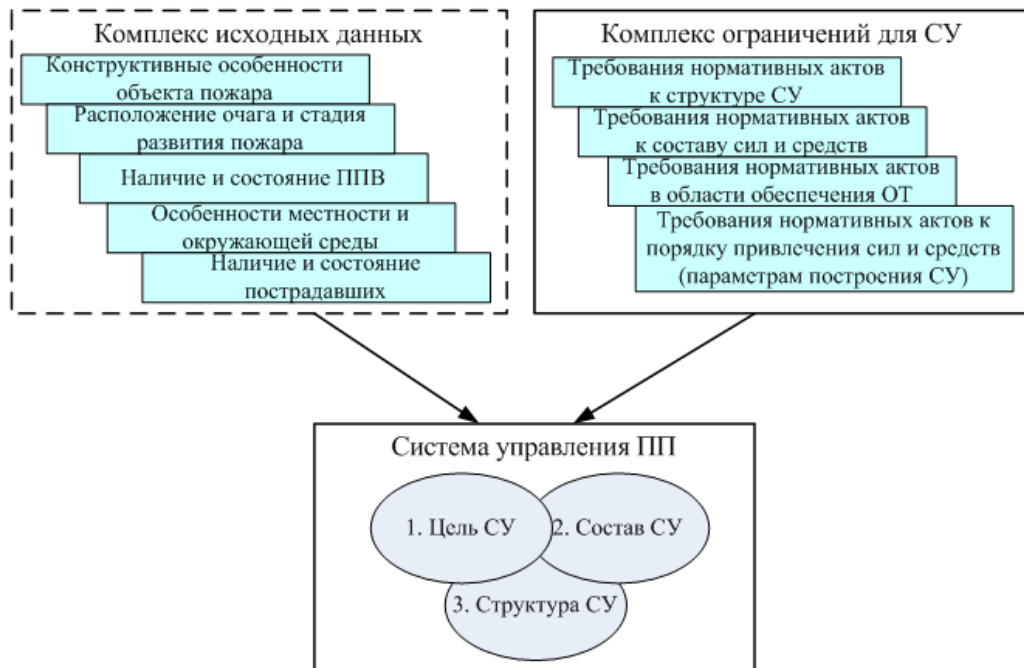


Рисунок 1.2 – Общая схема генерации СУ на пожаре

### **1.1. Анализ подходов к организации систем управления пожарными подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров в зданиях жилого сектора**

Вопросам исследования оперативной обстановки в населенных пунктах, оптимального размещения ПП с определением соответствующих районов выезда и стратегического управления экстренными службами посвящены работы Абдурагимова Г.И., Брушлинского Н.Н., Мешалкина Е.А., Пранова Б.М., Соболева Н.Н., Соколова С.В., Таранцева А.А., Порошина А.А. и др.

В работах [22, 47-49] на основе статистических данных авторами моделируется процесс возникновения деструктивных событий в таких сложных системах, как город; моделируются временные характеристики процесса функционирования противопожарной службы населенных пунктов. В работах [22, 47, 50-52] исследованы проблемы функционирования подразделений и управления оперативными службами крупных городов, предложены критерии оптимизации границ районов выезда ПП. В исследованиях Брушлинского Н.Н.,

Соколова С.В., Глуховенко Ю.М., Коробко В.Б., Порошина А.А. рассматриваются вопросы нормирования организации противопожарной службы и разработки основ риск-ориентированного подхода к решению проблем планирования развития противопожарной службы. В работах авторов, наряду с подробным исследованием зарубежного опыта, предложены и обоснованы альтернативные пути совершенствования как структуры противопожарной службы, так и функциональной нагрузки противопожарных формирований.

Научные положения данного диссертационного исследования сформированы на основе работ авторов и авторских коллективов, занимавшихся исследованием тушения пожаров в помещениях зданий различного функционального назначения. Вопросы прогнозирования параметров пожара и газообмена в помещениях зданий с различными целями рассматривались в исследованиях Зернова С.И., Касымова А.М., Матюшина А.В., Молчадского И.С., Таранцева А.А., Денисова А.Н., Григорьева А.Н., Петрова И.И., Серебренникова Д.С., Kang K., Guan H.Y. [53-57].

Обширные исследования тактических возможностей оперативных отделений пожарной охраны и путей совершенствования действий ПП на месте пожара изложены в работах Повзика Я.С., Терехнева В.В., Терехнева А.В., Денисова А.Н. [11, 58, 59].

Отдельно стоит отметить исследования тактических возможностей подразделений по тушению крупных пожаров и определению зависимостей эффективности использования ресурсов подразделений от ранга пожара в работах Денисова А.Н., Григорьева А.Н., Громовенко О.Л., Данилова М.М.

Наиболее перспективными путями совершенствования действий ПП на месте пожара в научных работах определены:

- исследование времени развертывания СиС подразделений (работы Повзика Я.С., Артемьева Н.С., Терехнёва В.В., Терехнёва А.В., Денисова А.Н. [58, 59]);
- совершенствование пожарной техники, либо снижающее степень участия человека в процессе пожаротушения, либо исключаящее непосредственное

участие человека в сфере исполнительных функций (взамен наделяющее его управленческими функциями) [60-62];

- совершенствование СУ на основе результатов моделирования действий оперативных отделений ПП (работы Денисова А.Н., Григорьева А.Н., Субачева С.В. [63-65]);

- применение систем поддержки принятия решений как аппарата лица, принимающего решение (исследования Топольского Н.Г., Мешалкина Е.А., Терехнёва В.В., Прус Ю.В., Денисова А.Н., Тараканова Д.В. [63-69]).

Выделенные пути совершенствования действий ПП на месте пожара обозначают перед исследователями каскад новых задач, так как остаются недостаточно изученными вопросы:

- практического применения систем поддержки принятия решений по управлению ПП на месте пожара и в иных областях деятельности ПП и органов управления;

- структурирования и макетирования баз данных, необходимых для автоматизации работы систем поддержки принятия решений по управлению ПП;

- построения СУ на месте пожара с учетом применения систем поддержки принятия решений по управлению ПП;

- интеграции существующих элементов (модулей) систем принятия решений по управлению ПП в единое программное обеспечение.

Сокращение времени развертывания СиС ПП является одной из мер, снижающих масштабы развития пожара. Показатель времени развертывания зависит от уровня подготовки расчетов оперативных отделений ПП и их укомплектованности личным составом. В работах [58, 59, 70] обосновывается необходимость исследования времени развертывания СиС оперативных отделений ПП и предлагается математическая модель для его определения, методика расчёта коэффициентов, учитывающих неравномерность нагрузки на пожарных при развёртывании [58].

В работах [26, 63-65, 71, 72] изучается и обосновывается необходимость создания автоматизированных систем поддержки принятия решений,

описываются структура и требования к отдельным модулям, определяются пути развития подобных систем.

Проведение ОТД отделениями ПП неразрывно связано с функционированием СУ на месте пожара с такой позиции, что выполнение (невыполнение) этих действий является результатом реализации управленческого решения управляющей подсистемы СУ.

Для достижения цели и выполнения поставленных задач СУ, как и любая система управления, представляется как комплекс управляющей и управляемой подсистем (Рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Элементы системы управления ресурсами пожарных подразделений, где  $u(t)$  – закон управления,  $X$  – управляющая команда (сигнал),  $Y$  – отчет о реализации управляющего сигнала [73]

При этом СУ представляется открытой централизованной динамической системой [38, 39, 74]. Характер проводимых действий требует соответствия ему СУ. Процесс приведения СУ в соответствие изменениям процесса пожаротушения непрерывен в течение всех действий ПП по ликвидации пожара.

Построение СУ заключается в создании характерной структуры системы и определения функций подсистем всех уровней. Конечной целью оперативных отделений ПП, как системы, является приведение внешней среды, возмущенной фактором пожара, в первоначальное состояние, деятельность этой системы на объекте пожара осуществляется до момента ликвидации последствий пожара.

Сложностью практической организации многоуровневой, структурированной СУ на пожаре является достаточно определенная регламентация процесса пожаротушения и проводимых мероприятий в действующем законодательстве, при недостаточно формализованных методиках создания СУ на различных этапах пожаротушения. Вопрос построения СУ на пожаре представляет собой пример задачи управления структурой организационных систем (в общем случае – задача поиска структуры или набора структур, которая минимизировала бы организационные издержки при ограничении удовлетворения системой внешним требованиям) [38, 74, 75], то есть построения СУ, отвечающей установленным правилам управления. Организация в исследовании рассматривается как действие (этап управления), ведущее к образованию взаимосвязей между структурными элементами СУ [38].

Информационно-аналитическое обеспечение управления пожарными подразделениями представляет собой совокупность систем (локальных элементов систем) поддержки управления, основанных на методах, моделях и алгоритмах управления с учетом информации об обстановке на месте пожара и предоставления результатов анализа обстановки лицу, принимающему управленческое решение (РТП) в виде объективной информации.

Важнейшими принципами построения СУ будут являться:

- непрерывность формирования (до момента достижения контрольных (требуемых) параметров, например:  $S_{\text{туш.}}^{\text{факт.}} \rightarrow S_{\text{туш.}}^{\text{треб.}}$  или  $Q_{\text{факт.}} \rightarrow Q_{\text{треб.}}$ );
- адаптивность к ситуации ( $S_{\text{п}} \rightarrow S_{\text{зд.}}$ , где  $S_{\text{зд.}} = \sum_{i=1}^3 S_{i\text{эт.}}$ );
- постоянство воздействия на объект пожара ( $I_{\text{ф}} \rightarrow I_{\text{тр.}}$ ,  $S_{\text{т}} \rightarrow S_{\text{п}}$ ).

Указанные принципы ориентируют исследователя на системный подход к анализу СУ при тушении пожаров.

На современном этапе развития науки и техники в области пожаротушения наблюдается тенденция возрастания информационной загруженности органов управления пожаротушением, проявляющаяся в следующих параметрах:

- укрупнение (структурное и функциональное усложнение) объектов потенциального пожара и, как следствие, возрастание количества неучтенных факторов, влияющих на процесс пожаротушения;
- возрастание наукоёмкости пожарной техники, ПТО и аварийно-спасательного оборудования, средств связи и управления;
- возрастающая степень интегрированности управляющей подсистемы СУ со специализированной системой сбора, обобщения, обработки и передачи информации центров управления (ЦУКС) [76, 77];
- увеличение требуемого объема информации, необходимой для полноценного принятия управленческих решений и выполнения задач по тушению пожара [77];
- сокращение времени на принятие управленческих решений в отношении ресурсов ПП, привлеченных к тушению пожара, ввиду многообразия задач, выполняемых личным составом, многофункциональности пожарной и аварийно-спасательной техники и сокращения периода их сосредоточения на месте вызова.

Объектом анализа является система управления подразделениями при ведении оперативно-тактических действий по тушению пожаров в ЗНППУ.

Сущность структурного анализа СУ заключается в определении статических характеристик системы по известной ее структуре и предполагает декомпозицию СУ на элементарные составляющие, которыми являются участники тушения пожара, единицы привлеченной пожарной, аварийно-спасательной и иной техники, позиции по ведению ОТД.

Цель управления находится в зависимости от потребности (причины существования) СУ. Так целью, анализируемой СУ, является спасание людей и имущества, локализация и ликвидация пожара и его последствий, в масштабе и границах, соответствующих тактическим возможностям задействованных на тушение пожара ресурсов ПП и АСС (Ф).

Задачами СУ будут являться [42-44]:

- выполнение ОТД по спасанию людей в случае угрозы их жизни, здоровью;

– выполнение ОТД по локализации и ликвидации пожара в кратчайшие сроки.

Фактически ОТД по тушению пожара выполняются не элементарными составляющими СУ, а их совокупностью (блоками подсистем):

– звено ГДЗС, выполняющее задачу по поиску пострадавших (в составе командира звена, газодымозащитников и оснащения звена [78]);

– расчет на основном ПА, выполняющий развертывание (личный состав отделения, единица пожарной техники и задействованное ПТО);

– расчет на АЛ (АЛЦ, АПК) [79, 80], выполняющий действия по эвакуации людей с объекта пожара;

– расчет на АЛ (АЛЦ, АПК) [79, 80], осуществляющий ввод средств подачи огнетушащих веществ на тушение пожара;

– расчет на ПНС [79, 80], осуществляющий подачу огнетушащих веществ к месту пожара (позициям по тушению или головным автомобилям) и т. д.

При этом на различных уровнях структуры СУ данные подсистемы представлены:

– эргатическими двухкомпонентными СУ [81] (ПА – водитель, МП – моторист);

– организационными СУ (звено ГДЗС, группа разведки, ОШ, боевой участок (БУ), сектор проведения работ (СПР)).

Для анализа деятельности ПП по тушению пожаров необходимо рассматривать участников тушения пожаров, пожарную, аварийно-спасательную и иную привлеченную (и используемую личным составом) технику, а также ПТО и аварийно-спасательное оборудование в неразрывном единстве [25]. Возможность такого рассмотрения дает представление сил и средств ПП в виде позиций по ведению ОТД. Так, позиция по ведению ОТД является совокупностью элементов СУ, объединенных общей пространственно-временной дислокацией, функцией системы (целевая функция) и единством задач на заданном участке.

Ещё одним определяющим критерием позиций по ведению ОТД является постоянство её структуры, то есть принимается утверждение, что на протяжении



деятельности позиции её структура не изменяется, а меняются только задачи, месторасположение, используемые ею ресурсы и периоды её функционирования.

В рамках исследования представим позиции по ведению ОТД [17, 25] как:

1) позиции по тушению пожара (ПТ), на которых осуществляется ведение действий по спасению людей и имущества, подаче огнетушащих веществ и выполнение специальных работ непосредственно на объекте пожара;

2) позиции обеспечения действий по тушению пожара (ПД), на которых осуществляются обеспечивающие действия, непосредственно не связанные со спасением людей и подачей огнетушащих веществ на тушение пожара.

К позициям обеспечения действий по тушению пожара отнесем активные ПД, осуществляющие доставку какого-либо вида ресурсов к ПТ (основной ПА, установленный на источник ППВ; вспомогательная техника, осуществляющая вскрытие конструкций, ПА как ступень перекачки (подвоза) ОТВ и т. д.), а также технику, находящуюся в резерве (на месте пожара), так как данная техника представляет собою потенциальную позицию – пассивную ПД.

В [25] в качестве критерия, характеризующего степень реализации тактического потенциала оперативных отделений пожарной охраны по выполнению отдельных задач в ходе тушения пожаров, предлагается отношение:

$$P_B^{ПТ} = \frac{\sum_{i=1}^I N_{ПТi}}{\sum_{j=1}^J N_{Омд.j}}, \quad (1.1)$$

где  $N_{ПТ}$  – позиция по тушению пожара;  $N_{Омд.}$  – отделение на основном пожарном автомобиле;  $I$  – число созданных ПТ;  $J$  – число отделений на основном пожарном автомобиле, привлеченных к тушению пожара.

Практика тушения развившихся пожаров в ЗНППУ показывает недостаточность количественной оценки тактического потенциала ПП для принятия управленческих решений, действия которых могут отличаться вариативностью даже при выполнении одной определенной задачи. Созданные ПТ в количестве, соответствующем наиболее предпочтительному значению  $P_B^{ПТ}$  (равному 1), могут либо не обеспечивать необходимые условия работы средств подачи ОТВ (неверное расположение позиции, работа «по дыму»), либо значительно превышать условия, требуемые для успешной ликвидации пожара

(работа ПТ со средствами подачи ОТВ большой производительности на выполнение второстепенных задач по защите рядом стоящих объектов и т. д.).

В качестве необходимых критериев принятия обоснованных управленческих решений предлагается формализовать следующие характеристики степени реализации тактического потенциала:

– для позиций по тушению пожара:  $П_B^{ПТ}$  – количественный критерий (1.1),  $П_P^{ПТ}$  – качественный критерий (критерий достаточности ресурсов) (1.2);

– для позиций обеспечения действий по тушению пожара:  $П_B^{ПД}$  – количественный критерий (1.3),  $П_P^{ПД}$  – качественный критерий (критерий активности ПД) (1.4).

При этом качественный критерий позиций по тушению ( $П_P^{ПТ}$ ) определяется из возможности ПТ обеспечить необходимые условия локализации пожара [82-85].

Параметрами при этом выступают площадь тушения ( $S_T$ ), объем тушения ( $V_T$ ) или требуемый расход ОТВ ( $Q_{треб.}^{туш.}$ ):

$$П_P^{ПТ} = \frac{S_{туш.}^{факт.}}{S_T} = \frac{V_{туш.}^{факт.}}{V_T} = \frac{Q_{туш.}^{факт.}}{Q_{туш.}^{треб.}}, \quad (1.2)$$

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, м<sup>3</sup>/сек;  $Q_{туш.}^{треб.}$  – требуемый расход ОТВ для тушения пожара, л/сек, м<sup>3</sup>/сек.

Количественный критерий позиций обеспечения действий по тушению пожара ( $П_B^{ПД}$ ) определяется с учетом создания ПТ:

$$П_B^{ПД} = \frac{\sum_{k=1}^K N_{ПД k}}{(N_{отд.}^{общ.} - N_{отд.}^{ПТ})}, \quad (1.3)$$

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

Качественный критерий позиций обеспечения действий по тушению пожара ( $П_P^{ПД}$ ) определяется возможностью обеспечения ПТ требуемыми ресурсами:

$$P_{\text{Р}}^{\text{ПД}} = \frac{N_{\text{ПТВ факт.}}}{N_{\text{ПТВ треб.}}} = \frac{Q_{\text{общ.факт.}}}{Q_{\text{общ.треб.}}}, \quad (1.4)$$

где  $N_{\text{ПТВ факт.}}$  – фактическое количество ПТВ (по видам), имеющееся на ПД;  $N_{\text{ПТВ треб.}}$  – требуемое для ПТ количество ПТВ (по видам);  $Q_{\text{общ.факт.}}$  – фактическая подача ОВ, обеспечиваемая ПД, л/сек, м<sup>3</sup>/сек;  $Q_{\text{общ.треб.}}$  – общий требуемый расход ОТВ для тушения и защиты, л/сек, м<sup>3</sup>/сек.

К примеру, параметрами  $N_{\text{ПТВ}}$  на месте пожара может служить количество пожарных рукавов или резервных дыхательных аппаратов (баллонов для дыхательных аппаратов) [86, 87].

Далее, основываясь на приведенные критерии, рассмотрим описание пожара с приведением выводов о функционировании систем управления с позиции оценки тактического потенциала (Глава 3).

## **1.2. Анализ механизмов управления деятельностью оперативных отделений пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях жилого сектора**

С целью задания начальных условий для принятия решения о тушении пожара и формализации алгоритма дальнейших действий следует инициировать проведение разведки пожара.

Разведку пожара, в целях настоящего исследования, представим как отдельные и взаимопереходящие этапы:

- аналитическая разведка (проводится до прибытия на место пожара путем получения сведений от диспетчера гарнизона (радиотелефониста (диспетчера) ПСЧ), из документов предварительного планирования действий);

- разведка на месте вызова, включающая «внешнюю» (экзогенную) и непосредственную (эндогенную) разведки.

Сведения об объекте пожара, получаемые в ходе аналитической разведки, носят общий (ознакомительный) характер. Содержащаяся в них информация может не в полной мере соответствовать обстановке на объекте пожара, ввиду значительной периодичности (или невозможности – в случае отказа собственника) корректировки сведений документов предварительного

планирования действий по тушению пожаров и проведению АСР, планшетов источников наружного противопожарного водоснабжения и т. д.

Экзогенная разведка предполагает получение и анализ сведений об обстановке на месте пожара посредством опроса очевидцев, наблюдения внешних признаков пожара, а также получения данных от администрации (собственников) или служб жизнеобеспечения и охраны объекта.

Эндогенная разведка проводится группами разведки (звеньями ГДЗС) непосредственно на объекте пожара (в основном, при внутренних пожарах, разведывательные действия проводятся внутри объекта пожара).

На любой из приведенных стадий целью разведки является сбор информации о пожаре (текущих параметрах его развития и установления возможной опасности для жизни и здоровья людей) [42-44].

При этом практика тушения пожаров показывает, что работа РТП (как лица, принимающего управленческие решения) сводится к поэтапному принятию решений в отношении состава и структуры СУ, порядка ее функционирования и в области целеполагания системы (Рисунок 1.4).

На решения самого РТП в отношении управления составом и структурой СУ априори налагают ограничения характеристики ПСГ (ПП, АСС (Ф), ПСО) и иных СиС, входящих в его состав или привлекаемых к тушению).

Для дальнейшего исследования процесса пожаротушения и построения модели управления введем ряд констант:

1) пожар в ЗНППУ – процесс, ограниченный во времени и пространстве (ограниченность пожара по времени развития диктуется наличием определенного количества горючего материала, размещенного в объеме здания);

2) управление подразделениями пожарной охраны во время тушения пожара начинается с момента получения сообщения о пожаре и завершается убытием последнего оперативного отделения с места пожара;

3) пожаротушение может производиться в условиях недостатка и достаточности ресурсов пожарной охраны для локализации и ликвидации пожара на стадии его развития.

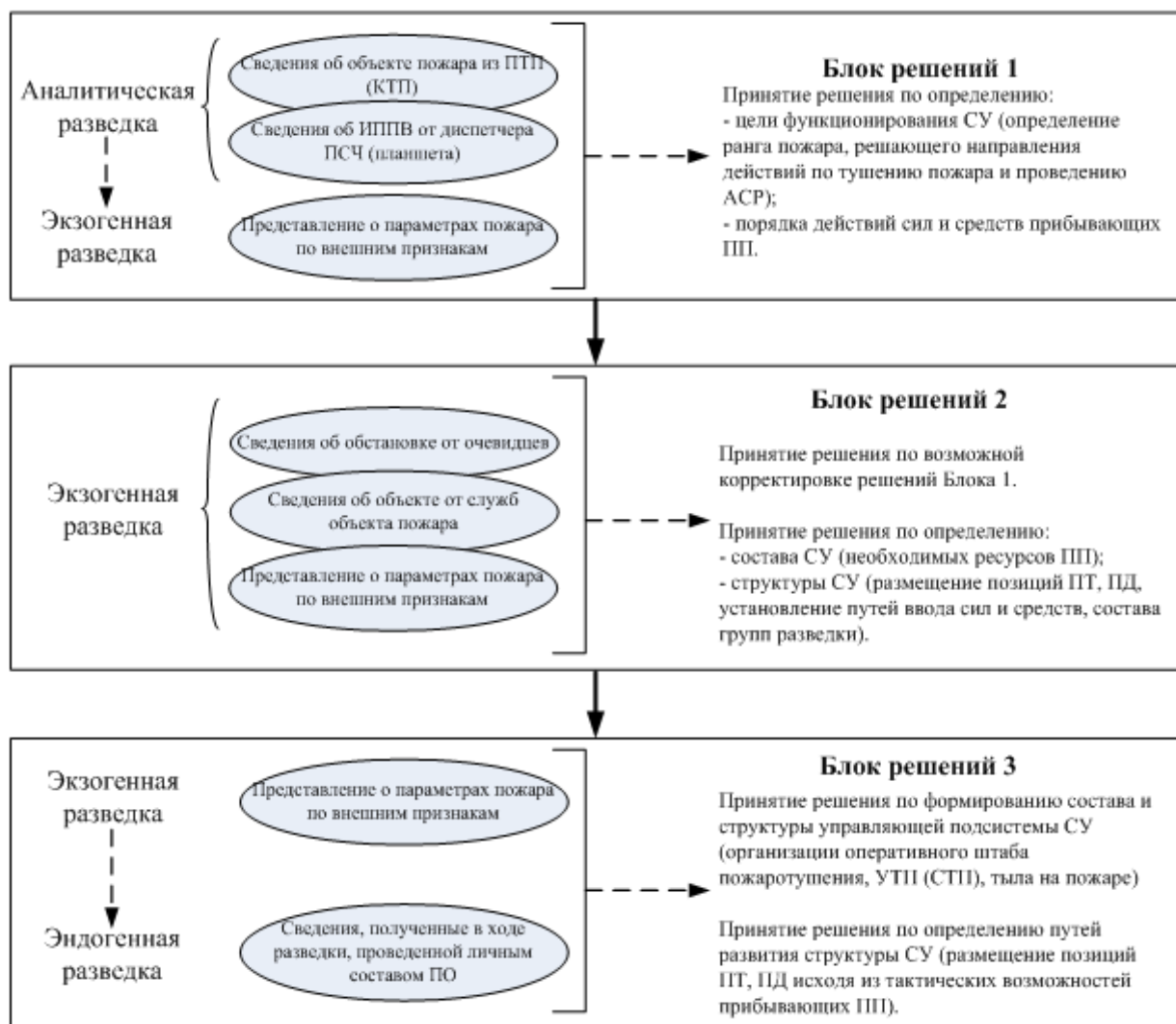


Рисунок 1.4 – Динамическая модель генерации управленческих решений РТП

Для успешного выполнения основной задачи по тушению пожаров требуется [24, 42, 82]:

- своевременная организация ОТД, в том числе правильный расчет и расстановка СиС и ресурсов ПП, их рациональное использование;
- активное применение сосредоточенных ресурсов ПП, с учетом решающего направления действий.

Приведем следующую классификацию типов управления [38, 74], имеющих место при ведении ОТД по ликвидации пожара (Рисунок 1.5). При этом РТП осуществляет управление ресурсами ПП в комплексе, где отдельные типы управления прослеживаются в виде определенных функций управления, что позволяет условно разделить данные типы на применяемые на месте пожара и применяемые вне действия СУ.



Рисунок 1.5 – Классификация типов управлений ресурсами ПП

Абстрагировавшись от ряда частных особенностей, структуру СУ (в общем виде) можно изобразить следующим образом (Рисунок 1.6), где вершины с номерами соответствуют вершинам графа [88, 89], а узлы с наименованиями единиц структуры управления представляют надстройку над графом.

Подчиненными узлов «Начальник боевого участка 1» (НБУ 1) и «НБУ 2» являются силы и средства (участники тушения пожара), назначенные ему РТП и проводящие ОТД в рамках работы соответствующего участка тушения пожара (группы {2, 3, 4, 5, 6} и {8, 9, 10} соответственно). Подчиненными узла «Начальник тыла» (НТ) являются силы и средства, не выведенные на позиции, а также резерв техники, огнетушащих веществ, ПТО (группа {1, 2}). Все узлы при этом находятся в подчинении РТП, т. е. группа узла «РТП» совпадает со всем множеством  $N$  вершин графа.

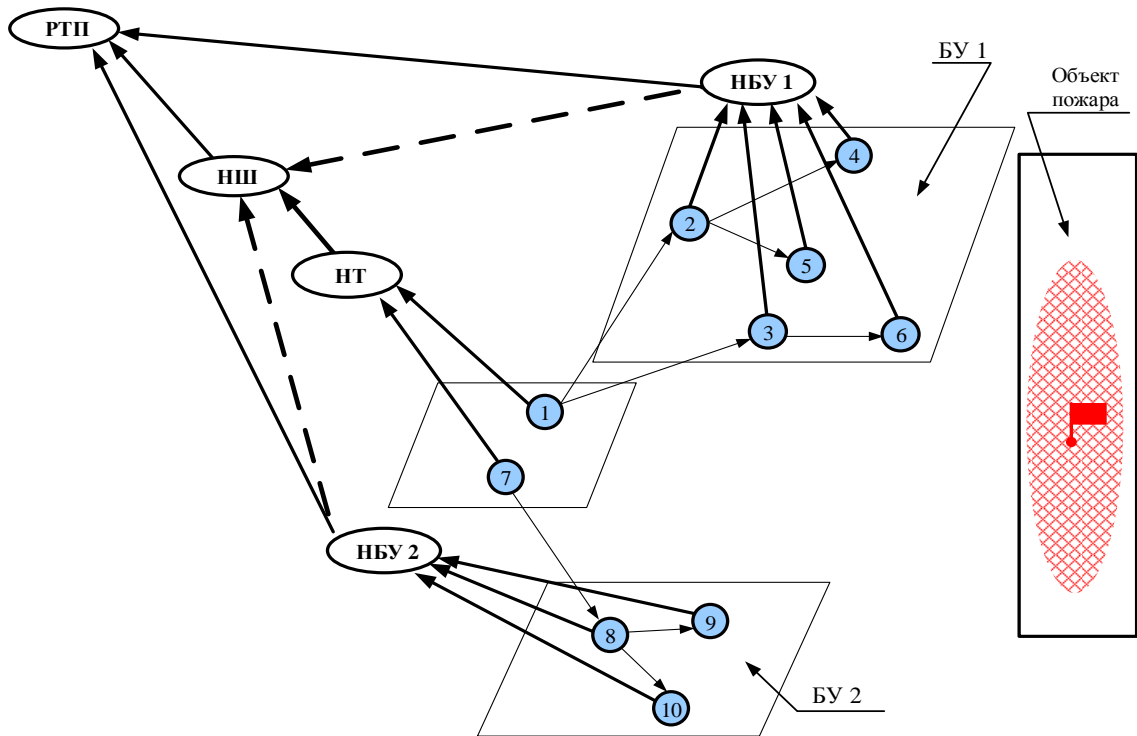


Рисунок 1.6 – Структурная модель управления связями процесса пожаротушения [41, 90], где 1, 7 – забор воды (АЦ на источнике ППВ); 2, 3, 8 – доставка ОТВ к приборам подачи (АЦ); 4, 6, 9 – подача ОТВ (звено ГДЗС); 5, 10 – подача ОТВ (ствольщик)

Граф, состоящий из вершин 1-6 вышеприведенной модели, представим как совокупность операций на месте пожара (Рисунок 1.7), что позволяет на данном графе показать и ресурсы ПП, задействованные для выполнения этих операций.

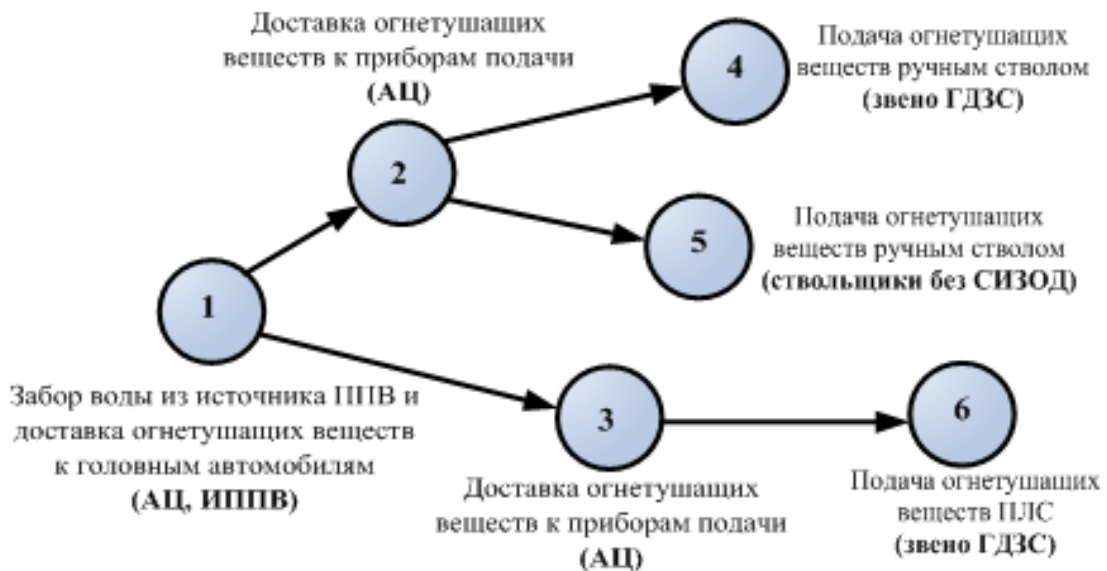


Рисунок 1.7 – Фрагмент графа процесса пожаротушения [41, 90]

Ограниченность состава ресурсов ПП, особенно на начальном этапе тушения пожара, требует сужения круга оперативных задач, что неоднократно

постулировалось в отечественных [8, 70, 82, 91] и зарубежных исследованиях [34, 92].

На начальном этапе, соответствующем периоду с момента прибытия первых оперативных отделений ПП к месту вызова до сосредоточения последующих сил и средств по повышенному номеру вызова, образуется линейная структура управления, то есть каждый участник подчинен одному и только одному участнику следующего (более высокого) уровня иерархии (Рисунок 1.8). Это первоначально совпадает со штатной структурой дежурного караула (смены) ПП.

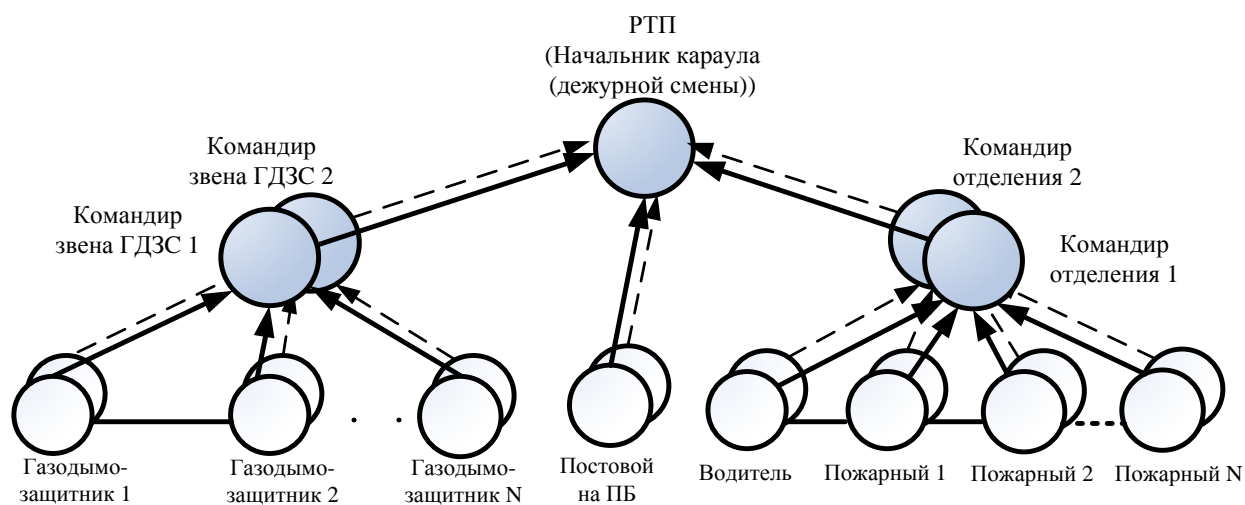


Рисунок 1.8 – Типовая структура СУ на начальном этапе тушения пожара [41]  
где N – номер расчета отделения (звена ГДЗС), соответствует максимальной численности расчета (звена ГДЗС)

Для эффективного управления СИС на пожаре необходимо установить связи (каналы управления) между субъектом управления и объектом (объектами) управления. В настоящее время используются следующие способы передачи управленческих решений на пожаре [83, 84, 93, 94]:

- радиосвязь (непосредственно между радиостанциями органа управления и исполнителя либо через промежуточные радиостанции);
- телефонная связь (проводная, сотовая и т. д.);
- передача информации через связных;
- непосредственная передача информации исполнителям (в том числе при помощи громкоговорящих установок ПА, мегафонов);
- передача информации при помощи сигналов управления.



Связь на пожаре (в зависимости от объекта пожара) может обеспечиваться комплексным применением (в той или иной степени) всех вышеуказанных способов. Наиболее распространенной схемой связи для приведенной модели (Рисунок 1.6.) является схема связи (Рисунок 1.9), включающая: радиосвязь (носимые и стационарные радиостанции) [94], громкоговорящие установки ПА, непосредственную передачу информации (в том числе через связных).

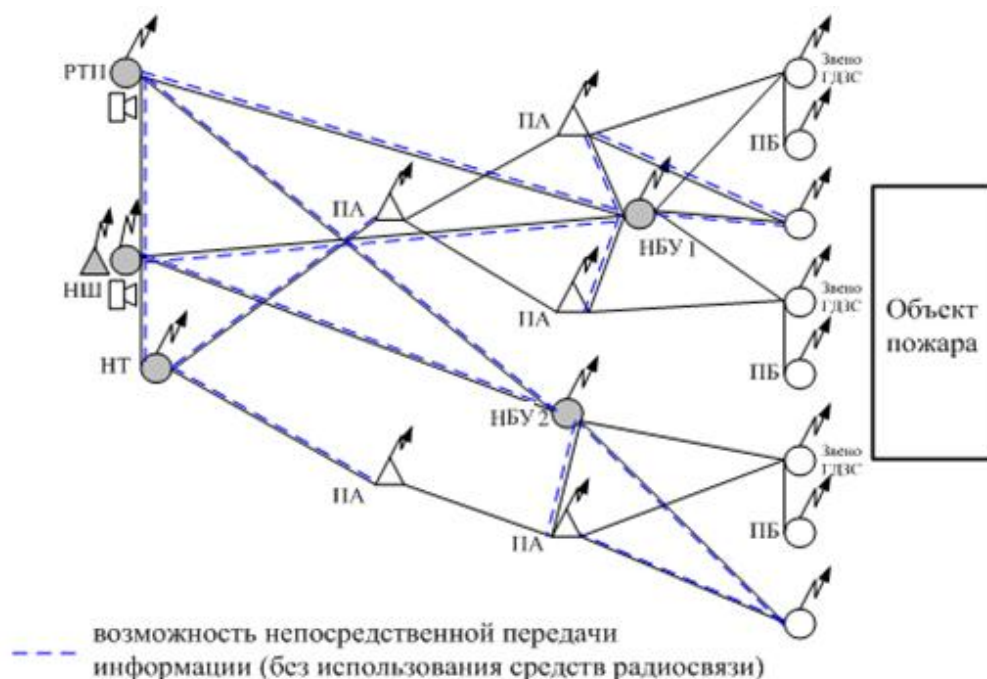


Рисунок 1.9 – Схема организации связи на месте пожара

Сами средства радиосвязи, приведенные на схеме, являются определенным видом ресурсов ПП. При этом наличие (отсутствие) данного вида ресурсов (и его корректная работа на месте пожара) существенно влияют на процесс пожаротушения в части динамики ОТД на позициях. В рамках исследования данный вид ресурсов рассматривается в совокупности с иными ресурсами, имеющимися на позициях по тушению пожара.

### 1.3. Анализ тушения пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре

ЗНПУ характеризуются неоднородностью функционального назначения (Приложение № 2) [95]. Они применяются в качестве:

- жилых зданий для постоянного (временного) проживания людей, в том числе общежития и гостиницы;
- административных зданий (для размещения офисных помещений организаций, учреждений и органов власти);
- медицинских объектов;
- торговых центров (как для размещения отдельных магазинов, так и в качестве торговых центров);
- складских зданий;
- культовых сооружений;
- культурно-зрелищных центров;
- образовательных учреждений (дошкольные заведения, школы, учебные комбинаты);
- спортивных объектов (спортивные школы, центры, клубы).

В зависимости от конструктивных особенностей, они могут быть коридорного, блочного (квартирного) типа, а также свободной планировки. Зачастую в ЗНППУ производится частичная (в рамках одной или нескольких квартир) либо полная перепланировка, что затрудняет (или вовсе исключает) классификацию их по изначальному строительному проекту.

В помещениях подвалов (свайных полей) и чердаков могут находиться различные жидкие, твердые и газообразные горючие вещества и материалы: краски, масла, изделия из древесины и пластика (мебель), автомобильные шины и покрышки, бытовые баллоны со сжатым газом и т. д. [8].

Жилые ЗНППУ не оборудуются системами противопожарной защиты, за исключением общежитий и гостиниц, в которых производится установка систем пожарной, охранно-пожарной сигнализации и систем оповещения. Также исключение составляет ряд многоподъездных ЗНППУ, разделенных на секции противопожарными стенами, и здания, оборудованные сухотрубами для подачи ОТВ на уровень кровли.

Внутренний противопожарный водопровод в ЗНППУ имеется в основном в зданиях коридорного типа (объекты спорта, общежития, гостиницы, административные здания).

В ЗНППУ с круглосуточным пребыванием людей (гостиницы, общежития, медицинские стационары и др.) организуется постоянное дежурство обслуживающего персонала и предусматривается система звукового и речевого оповещения о пожаре [96].

Высота зданий достигает 9–12 метров, в зависимости от конструкции кровли, определенной проектом. Ширина достигает 12–15 метров, длина до 60 метров (в зависимости от проекта и количества подъездов) [8, 97-99].

Пожарная опасность ЗНППУ заключается в том, что, по сравнению со зданиями I, II степеней огнестойкости, разделенными на противопожарные отсеки, здесь имеются условия для значительного увеличения скорости нарастания опасных факторов пожара до их критических значений.

Спасание людей из таких зданий возможно только по лестничным клеткам (в случае отсутствия воздействия на эвакуируемых опасных факторов пожара) либо с использованием средств спасания ПП и АСС (АСФ).

Исходя из практики тушения пожаров в жилых зданиях, а также натурного и компьютерного моделирования пожаров, установлено, что наивысшая динамика изменения обстановки приходится на начальную стадию развития пожара (в период до 15 минут с момента начала горения) [8, 95, 100, 101]. Этому способствуют:

- 1) наличие достаточного количества окислителя и горючей нагрузки в зоне горения (в помещениях здания);
- 2) наличие периода свободного распространения горения на объекте пожара до прибытия оперативных отделений и ввода сил и средств ПП на тушение;
- 3) тенденция к постоянному возрастанию значений параметров пожара до достижения предельных показателей развития (охват пожаром всего здания или части здания, отделенной противопожарной стеной).

Установлено, что при развившихся пожарах пути эвакуации наиболее подвержены воздействию опасных факторов пожара, так как представляют собой объемные пустотные пространства, соединяющие помещения, этажи и блоки зданий.

Сложность тушения пожаров в ЗНППУ обусловлена наличием значительной пожарной нагрузки, выполнением всех конструктивных элементов зданий из горючих материалов, высокой скоростью распространения горения в вертикальном и горизонтальном направлениях, наличием пустот в конструкции зданий.

Предусматриваемые проектами конструктивные решения, препятствующие распространению огня по пустотам (заполнение пустот негорючим утеплителем), как правило, в ходе строительства и последующей долгосрочной эксплуатации не выполняются, что ведет к возрастанию линейной скорости распространения огня, которая по пустотам составляет от 0,75 до 1,6 м/мин, а в чердачных помещениях до 5 м/мин.

На процесс тушения пожаров в жилом секторе большое влияние оказывают структурные особенности ПП местных ПСГ (численность, состав, дислокация и т. д.).

Характерными особенностями дислокации и установления районов выезда подразделений пожарной охраны северных регионов Российской Федерации являются [102, 103]:

1) районами выездов территориальных подразделений ФПС ГПС являются территории (части территорий) городских округов – подразделения дислоцируются непосредственно в городах;

2) районами выездов подразделений противопожарной службы субъекта являются территории поселений (сел, поселков, деревень и т. д.) – подразделения дислоцируются в соответствующих поселениях;

3) районами выездов подразделений частной, ведомственной пожарной охраны и договорных подразделений ФПС являются территории охраняемых объектов (зон ответственности – для пожарных поездов) – подразделения

дислоцируются на территории охраняемых объектов либо на прилегающей к объектам территории (в том числе в населенных пунктах, прилегающих к территории объекта);

4) большая площадь территорий административных районов субъектов и, как следствие, территорий местных пожарно-спасательных гарнизонов;

5) отдаленность сельских поселений от крупных населенных пунктов и основных транспортных коммуникаций и, соответственно, большая протяженность районов выезда территориальных подразделений пожарной охраны, дислоцированных на территории субъектов, и, как следствие, невозможность прибытия расчетов пожарных подразделений в ряд населенных пунктов в установленные законодательством временные нормативы [104, 105];

6) наличие сезонных транспортных коммуникаций (автозимников), позволяющих организовать доставку сил и средств пожарных подразделений наземным транспортом в период устойчивой холодной погоды (приемка автозимников в эксплуатацию производится уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации);

7) невозможность создания подразделений пожарной охраны (всех видов, включая ДПО) в отдаленных населенных пунктах ввиду малочисленности (от 1 до 50 человек), возрастного и социального состава населения [104, 105];

8) специальная пожарная техника, предназначенная для работы на высотах, сосредоточена (исходя из застройки высотными зданиями и зданиями повышенной этажности) только в городских округах и поселках городского типа.

По этапам развития, месту расположения первоначального горения (очага) и условиям распространения горения в начальной стадии, пожары в ЗНППУ можно условно разделить на следующие виды [82-85]:

– закрытый развивающийся пожар – внутренний пожар в пределах одного помещения этажа;

– закрытый развившийся пожар – внутренний пожар в пределах нескольких помещений этажа;

– открытый развившийся пожар – внутренний пожар, переходящий в наружный, в пределах нескольких помещений этажа с выходом на лестницу, смежный этаж и (или) чердак.

Для целей исследования проведен анализ пожаров, произошедших на территории Ханты-Мансийского, Ямало-Ненецкого автономных округов и Тюменской области за 13 лет (27630 пожаров). Было рассмотрено 70 крупных пожаров, представляющих интерес с позиции ведения ОТД (Приложение № 3).

Вся выборка пожаров относится к периоду с 2005 по 2018 годы исходя из условий хранения материалов по произошедшим пожарам.

Условия развития данных пожаров на момент прибытия первого ПП (Приложение № 4) исключали возможность успешной ликвидации пожара ресурсами одного подразделения:

- площадь пожара более 100 м<sup>2</sup>;
- развитие пожара происходило на уровнях нескольких этажей здания.

По таким пожарам, согласно установленным критериям, составляется описание (пожары, произошедшие до 2013 года, по [106], произошедшие в 2013 году и позднее, по [107]), так как большинство из них относятся к крупным пожарам по критерию крупного материального ущерба или являются пожарами с гибелью 5 и более человек.

Показатели по пожарам с крупным материальным ущербом в Российской Федерации с 2009 по 2016 годы (Таблица 1.11) показывают достаточно высокий процент произошедших крупных пожаров в зданиях жилого назначения.

Таблица 1.11 – Сведения о крупных пожарах, произошедших в РФ в период с 2009 по 2016 гг.

Наименование показателя	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Количество крупных пожаров / % от общего количества	33 / 0,02	57 / 0,03	84 / 0,05	78 / 0,05	64 / 0,04	77 / 0,05	90 / 0,06	52 / 0,04
Из них произошло в зданиях жилого назначения и зданиях для временного проживания людей / % от общего числа крупных пожаров	1 / 3,03	9 / 15,79	11 / 13,09	9 / 11,54	5 / 7,81	8 / 10,39	6 / 6,66	9 / 17,31

По результатам рассмотрения выборки пожаров в ЗНППУ (Приложение № 3) и анализа процесса их тушения сделаем ряд выводов, характеризующих процесс развития пожаров и пожаротушения (Приложение № 5).

Ресурсы пожарных подразделений при организации тушения пожаров были распределены по боевым участкам, решение о создании которых принимали РТП (Рисунок 1.10).

Средняя продолжительность тушения (для объективности и целей исследования данный параметр считаем от момента прибытия на пожар первого ПП до объявления ликвидации открытого горения, т. е. период непосредственных действий по тушению пожара) по выборке пожаров составила 115 минут.

Согласно результатам анализа продолжительности тушения пожаров при различной концентрации прибывших оперативных отделений на основных ПА (Рисунок 1.11) наблюдается незначительная тенденция к ее возрастанию при увеличении количества отделений. Данный факт может свидетельствовать о неполноте реализации тактического потенциала оперативных отделений ПП (при повышении их количества на месте пожара) или недостаточной укомплектованности оперативных расчетов (Рисунок 1.12) [25].

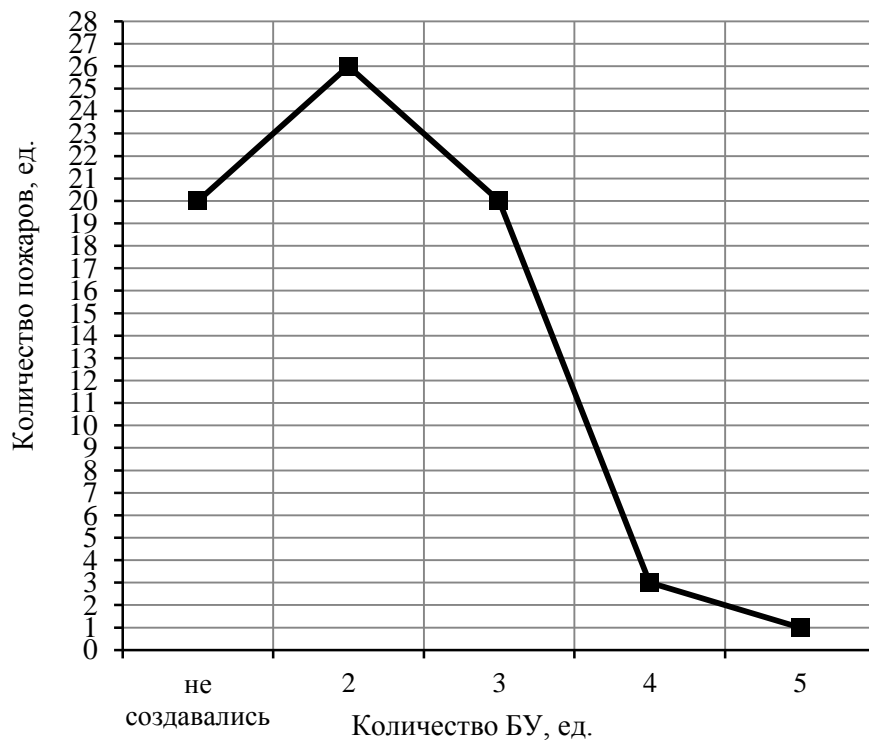


Рисунок 1.10 – Распределение выборки пожаров по критерию «Количество боевых участков»

С учетом анализа произошедших пожаров определена область исследования для построения модели и алгоритмов управления (Рисунок 1.12), заключающаяся в рассмотрении граничных условий по количеству ресурсов ПП – от 4 до 10 оперативных отделений на основных ПА, и достижения граничных значений тактического потенциала от 1 до 2. Значение тактического потенциала менее 1 свидетельствует о не реализации отделениями тактических возможностей, превышение значения 2 – о создании позиций, отличающихся низким значением качественного критерия тактического потенциала.

Установленные условия отвечают:

– по составу ресурсов ПП – минимальному составу СиС ПП для тушения пожаров в ЗНППУ и максимальному составу СиС, при увеличении числа которых значение тактического потенциала снижается до «1»;

– по значению тактического потенциала – минимальному значению, при котором СиС ПП обеспечивают работу позиций по тушению («1»), и максимальному, при котором СиС ПП могут создавать позиции с учетом требований, предъявляемых к охране труда при ведении ОТД по тушению пожара и проведению АСР.

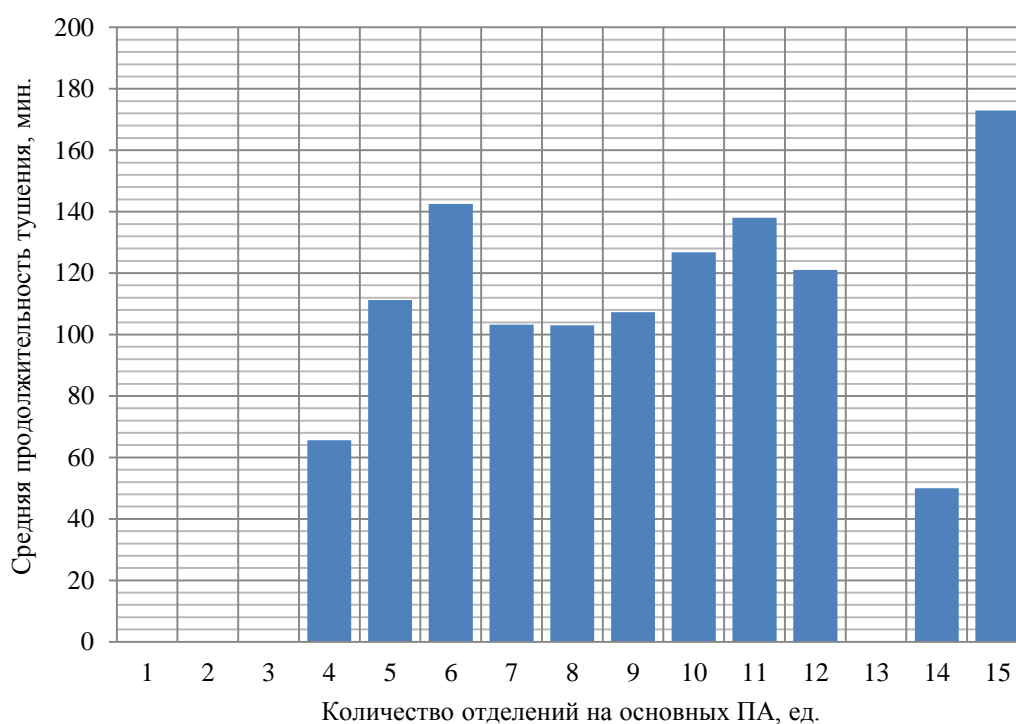


Рисунок 1.11 – Зависимость продолжительности тушения пожаров от количества прибывших отделений на основных ПА



Согласно представленным данным по выборке типовых пожаров, для тушения развившегося пожара в ЗНППУ требуется привлечение СиС пожарной охраны по повышенному номеру вызова, так как необходимо организовать:

- подачу воды (раствора воды со смачивателем) с расходом более 50 л/сек (Рисунок 1.13);
- формирование для целей спасения пострадавших и локализации пожара 4-х и более звеньев ГДЗС;
- применение 2-х и более источников наружного противопожарного водоснабжения.

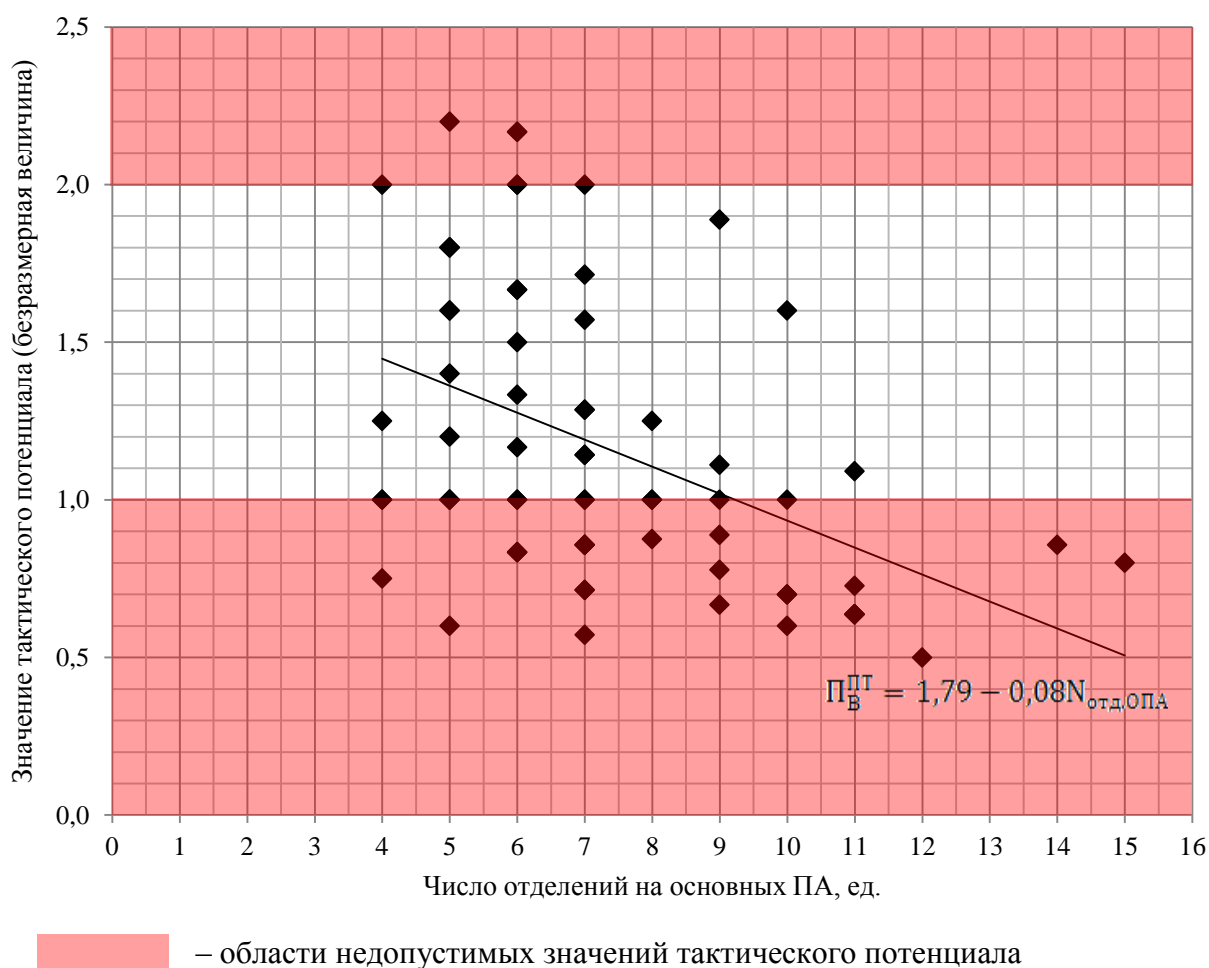


Рисунок 1.12 – Зависимость значения тактического потенциала от количества прибывших отделений на основных ПА

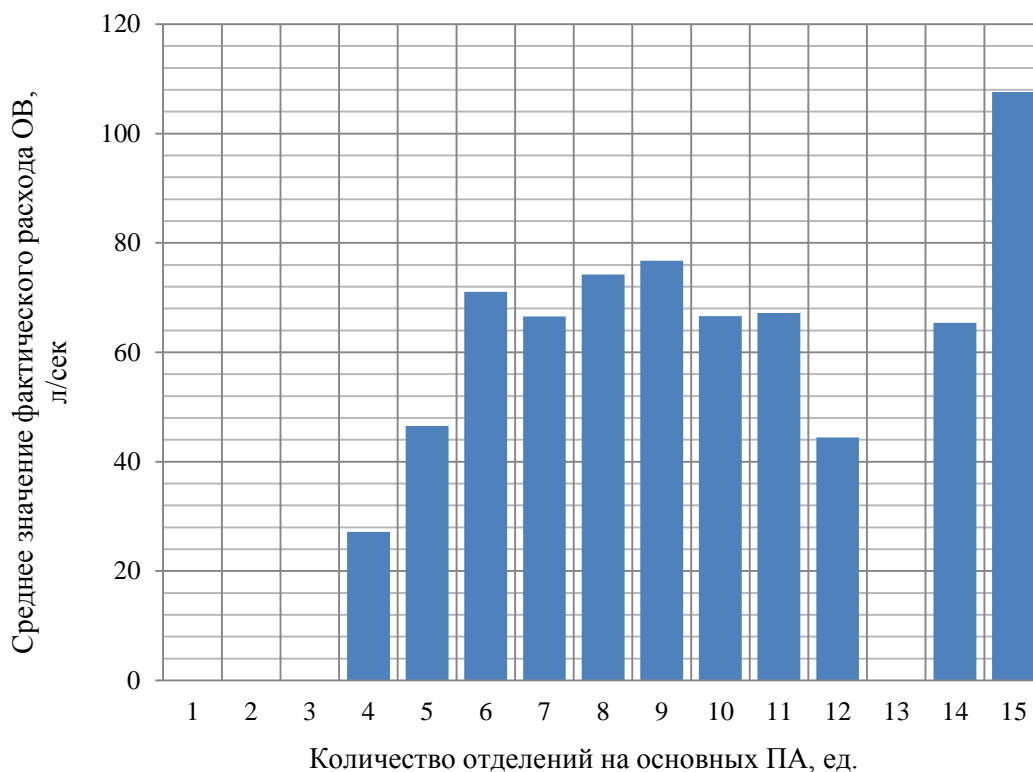


Рисунок 1.13 – Зависимость значения максимального фактического расхода ОТВ от количества прибывших отделений на основных ПА

#### 1.4. Выводы по Главе 1

Выбранный сегмент объектов пожара позволяет применять ряд фиксированных методов построения СУ подразделениями при тушении пожаров.

Пожары в ЗНППУ характеризуются определенными максимальными параметрами, так как локализация, при наиболее неблагоприятном развитии событий, происходит в пределах объекта пожара. Это дает возможность выработки определенного алгоритма ОТД при тушении пожара. В целях анализа СУ подразделениями, функционировавших в условиях реальных пожаров:

1) предложена структура действия «Разведка пожара» как непосредственно предшествующего созданию СУ и проводящемуся в процессе всего существования системы, формализованы этапы ее проведения, связанные с этапами структурирования СУ;

2) исследованы структурообразующие элементы СУ (её подсистемы), выведены количественные характеристики управляемых и управляющих

подсистем, действовавших в условиях реальных пожаров на выбранном сегменте объектов;

3) сформулированы требуемые параметры функционирования СУ: по составу оперативных отделений ПП, порядку создания позиций по тушению пожара и позиций, обеспечивающих действия по тушению пожара, значению тактического потенциала.

## **Глава 2. Формализация модели организации системы управления пожарными подразделениями на месте пожара**

Построение структуры СУ подразделениями при тушении пожаров представляется постоянным во времени процессом формирования первичной структуры (на начальном этапе) и ее перехода в более сложные формы в связи с качественным и количественным наполнением ее состава.

Данный процесс представляется необратимым (процессом «поступательного развития») в случае функционирования ПСГ в режиме реагирования на одно деструктивное событие в районе выезда одного подразделения пожарной охраны и частично обратимым, в случае функционирования ПСГ в режиме реагирования на несколько одновременных деструктивных событий в районе выезда одного подразделения пожарной охраны (либо в сопредельных районах выезда), когда требуется убытие привлеченных для тушения пожара оперативных отделений ПП для реагирования на иные события.

### **2.1. Общая структура системы управления пожарными подразделениями при тушении пожара**

Для исследования СУ подразделениями пожарной охраны при ведении действий по тушению пожаров в ЗНППУ предлагается следующая структурно-функциональная модель организации системы, созданной в целях реализации основной задачи по тушению пожара (Рисунок 2.1).

Исходя из штатного расписания конкретного подразделения и предусмотренного расписанием выезда СиС ПСГ для тушения пожаров состава пожарных отделений, ресурсы первого прибывшего ПП можно представить следующим образом (Рисунок 2.2).

До момента прибытия на пожар управляемая подсистема СУ, в зависимости от штата подразделения, может состоять из одного, двух, реже 3 и более элементов ( $N_1, N_2 \dots N_i$ , где  $N_i$  – число отделений, состоящих в расчете СиС на

дежурных сутках, причём  $N_i$  всегда ограничено). В этом случае ресурсы ПП, состоящие из совокупности элементов управляемой подсистемы, до момента прибытия на пожар выполняют лишь две функции: «следование к месту вызова», «аналитическая разведка пожара» – т. е. действия, предшествующие решению задач СУ на месте пожара [42].

Рабочий цикл СУ подразделениями ограничен строго определенными действиями ПП, до и после которых элементы системы не входят в структуру СУ подразделениями на месте пожара [42-44]:

- «Выезд и следование к месту пожара» (начальное действие);
- «Сбор и возвращение к МПП» (конечное действие).

На процесс выработки и осуществления управляющих воздействий наибольшее влияние оказывает внешняя среда, поэтому СУ подразделениями всегда является открытой.

Влияния внешней среды могут быть известными, случайными (неизвестными, непредсказуемыми) или неопределенными (неизвестными и непредсказуемыми) [38].

Закон управления в большинстве СУ, в общем виде, представлен в [38] как:

$$k(t) = Z_y [Y(t-1), s, \xi], \quad (2.1)$$

где  $Z_y$  – правило управления для данной СУ;  $k(t)$  – управляющее воздействие;  $Y$  – действие объекта управления, характеризуемое затратой времени  $(t-1)$ ;  $s$  – совокупность свойств управляющей системы;  $\xi$  – совокупность свойств внешней среды.

В качестве рассматриваемой первоначальной структуры СУ, для возможной графической интерпретации, проанализируем не более 4 структурообразующих элементов – оперативных отделений подразделений пожарной охраны.

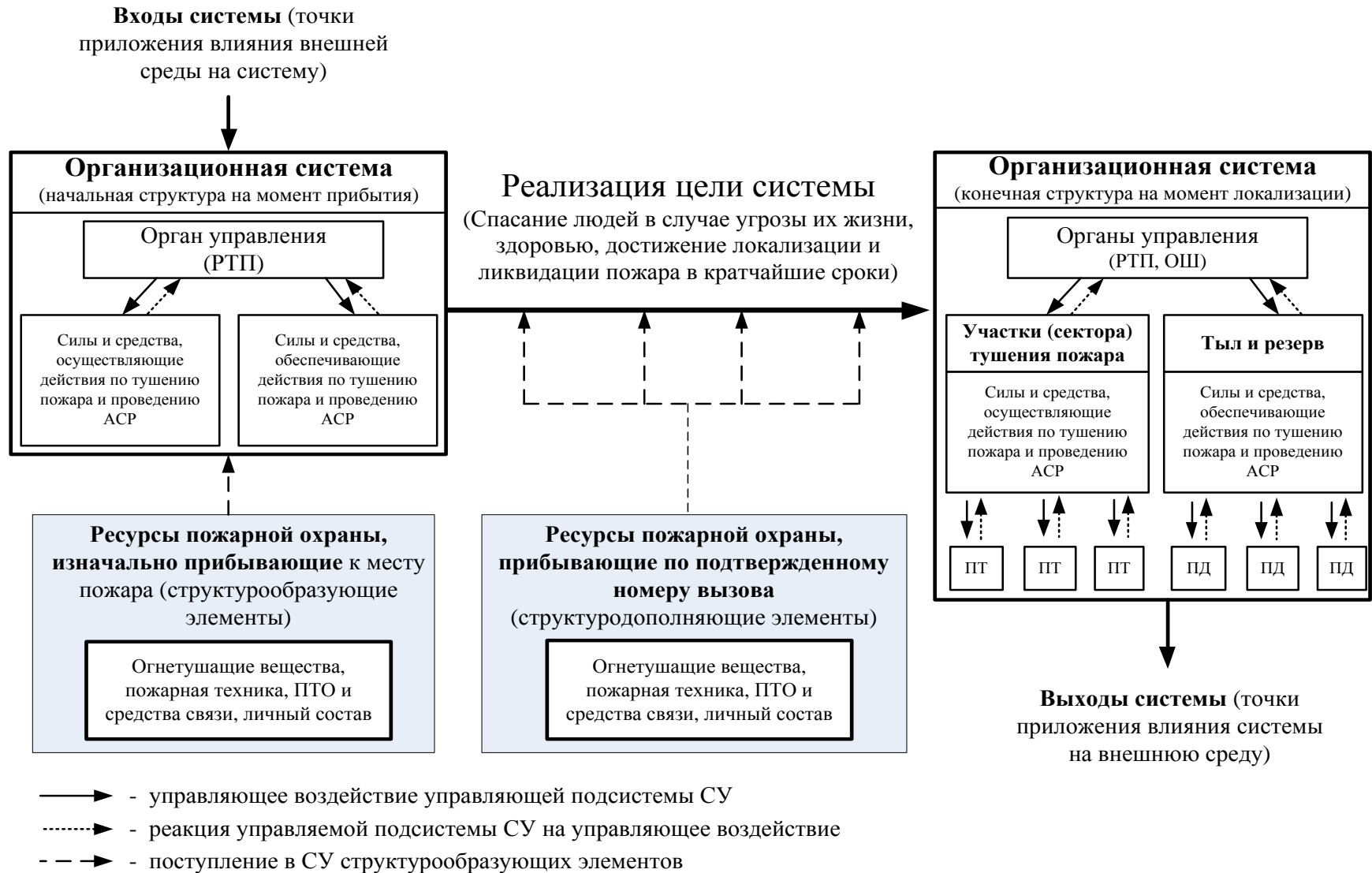


Рисунок 2.1 – Структурно-функциональная модель организации СУ подразделениями в ходе процесса пожаротушения [100]

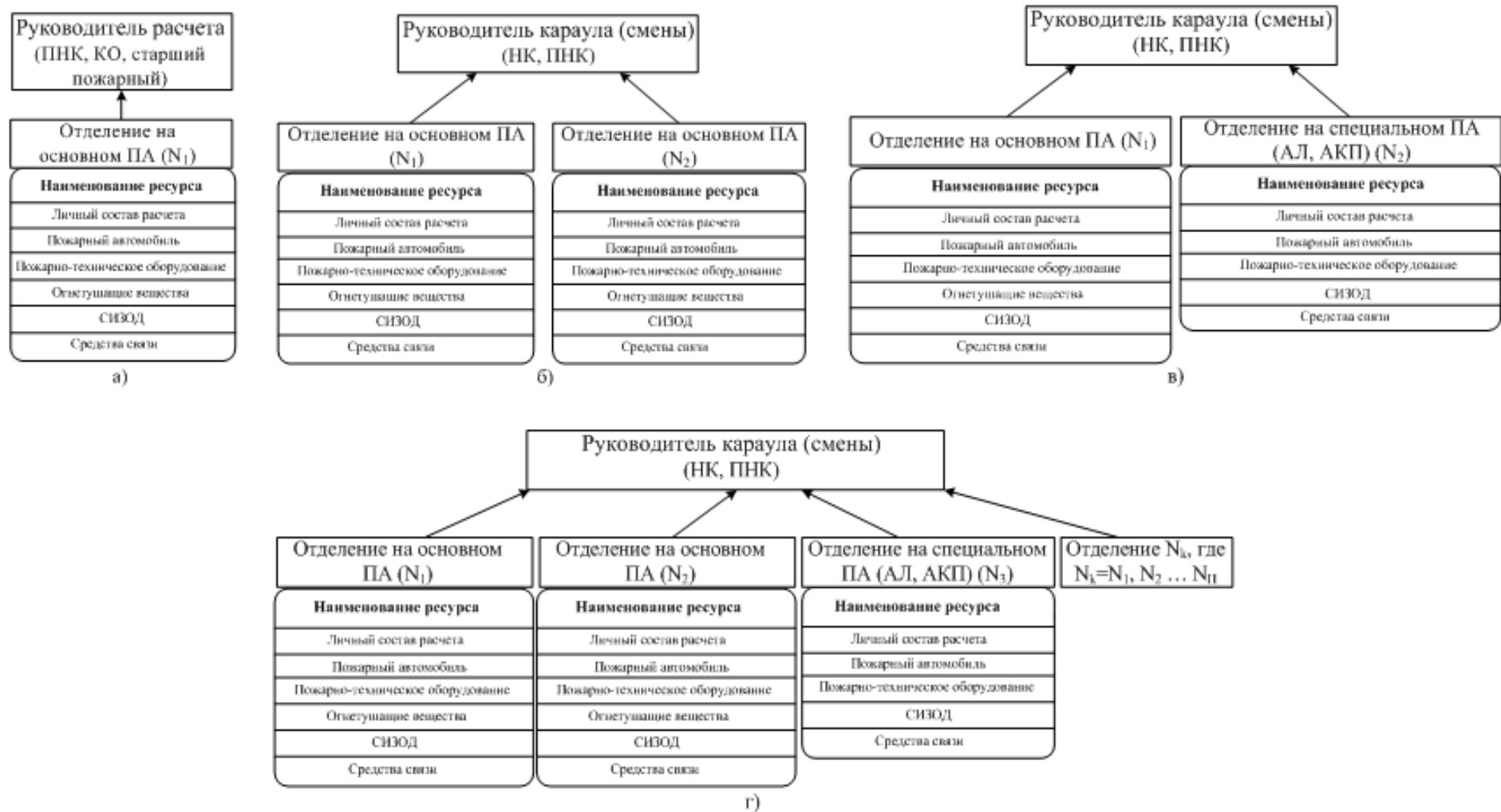


Рисунок 2.2 – Возможные варианты состава ресурсов первого прибывшего на место пожара ПП [90], где а) СиС ПП в составе 1 оперативного отделения на ОПА; б) СиС ПП в составе 2 оперативных отделений на ОПА; в) СиС ПП в составе 2 оперативных отделений на ОПА и СПА; г) СиС ПП в составе 3 и более оперативных отделений на ОПА и СПА

Особенностью разрабатываемых в исследовании модели и алгоритмов управления подразделениями при тушении пожара является совершенствование структуры СУ, разработанной в результате получения новых знаний, основанных на комплексном анализе функционирования СУ по тушению произошедших пожаров в ЗНППУ.

Внедрение их представляет собой частное позиционное макетирование СУ, т. е. уточнение и дополнение подсистем СУ.

Принятие правильного управленческого решения в условиях реального пожара осложняется недостатком информации об обстановке на месте пожара.

Сведения об обстановке можно классифицировать по источникам получения информации, а информацию, в свою очередь, представить, соответственно, как релевантную и неуместную.

Для этого воспользуемся следующей классификацией [75] и введенными для этой цели обозначениями:

$J$  – источник информации;

$x_J$  – технические характеристики источника  $J$ ;

$f_J$  – функциональные характеристики источника  $J$ ;

$O_J$  – организационные характеристики источника  $J$ ;

$t_J$  – временные характеристики источника  $J$ ;

$S_J$  – общие (универсальные) характеристики источника  $J$ ;

$a, \bar{a}, D, \bar{D}, ПВ, НЧ, 0$  – свойства точности показаний источника  $J$ , включающие абсолютности (единственности), неабсолютности, достоверности (истинности), недостоверности, простые вероятностные, нечеткости, отсутствие показаний соответственно.

Отсюда рассмотрим источники:  $J_{ад}^C$  – абсолютно достоверный источник информации указывает единственное состояние среды ( $\theta_v$ ) из множества состояний  $\theta$ ;  $J_{\bar{ад}}^C$  – неабсолютно достоверный источник информации указывает достоверно подмножество состояний среды;  $J_{\bar{а\bar{x}}}^C$  – абсолютно недостоверный с общими показаниями источник информации выдает недостоверно одно показание



( $x_v$ ) из исходного базиса возможных показаний ( $X$ ), элементы которого представляют собой различные высказывания относительно состояний множества  $\theta$ ;  $J_{\bar{a}\bar{d}}^C$  – неабсолютно недостоверный источник информации указывает недостоверно подмножество  $\theta_v$  состояний среды;  $J_{\text{ПВ}}^C$  – простейший вероятностный источник информации сообщает распределение вероятностей наступления состояний  $\theta_v$  на множестве  $\theta$ ;  $J_{\text{НЧ}}^C$  – нечеткий источник информации;  $J_0^C$  – пустой источник информации (отсутствие источника) в качестве показания указывает само множество состояний среды  $\theta$ .

Сведения очевидцев могут носить противоречивый характер ввиду психического состояния людей и их недостаточной осведомленности об объекте пожара и динамике его развития, а значит, могут входить во множество источников информации  $\{ J_{a\bar{d}}^C, J_{\bar{a}\bar{d}}^C, J_{\bar{a}d}^C, J_{a\bar{d}x}^C, J_{\text{ПВ}}^C, J_{\text{НЧ}}^C \}$ .

Сведения, полученные от администрации и служб жизнеобеспечения объекта, являются более востребованными по причине лучшей осведомленности источника информации об особенностях объекта пожара  $\{ J_{a\bar{d}}^C, J_{\bar{a}\bar{d}}^C, J_{\text{ПВ}}^C, J_{\text{НЧ}}^C \}$ .

Наиболее востребованными являются сведения, полученные при непосредственной разведке, поскольку источник информации (личный состав пожарной охраны) обладает единым с РТП понятийным аппаратом и имеет возможность непосредственного отслеживания и воздействия на процесс развития пожара  $\{ J_{a\bar{d}}^C, J_{\bar{a}\bar{d}}^C \}$ .

Отдельно стоит  $J_0^C$ , при котором источник информации отсутствует. При этом источником информации являются только представления РТП об объекте пожара, т. е. внутренний источник информации.

На начальном этапе РТП принимает решение по определению цели функционирования СУ – осуществляет выбор решающего направления действий [42-44]. При этом данное решение основано на множестве источников информации  $\{ J_{a\bar{d}}^C, J_{\bar{a}\bar{d}}^C, J_{\bar{a}d}^C, J_{a\bar{d}x}^C, J_{\text{ПВ}}^C, J_{\text{НЧ}}^C \}$ , т. е. всех источников, доступных

РТП на момент принятия решения, что определяет общую направленность действий элементов СУ. Данное решение принимается в условиях неопределенности ввиду ограничений, налагаемых отрезком времени, отводимым на принятие решения. Дальнейшая поступающая информация помогает корректировать исполнение ранее принятых и доведенных до исполнителей (элементов СУ) решений.

Моделирование управления ресурсами ПП на пожаре является важным инструментом научной абстракции, позволяющим выделить, провести анализ и обосновать существенные, с точки зрения исследователя, характеристики объекта: свойства, взаимосвязи, структурные и функциональные параметры [88, 89].

## **2.2. Модель организации и алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями**

Алгоритмически разработка и принятие управленческих решений РТП представляется в виде блоков алгоритмов позиционно-балансового проектирования СУ, имеющих определенную последовательность реализации.

*Блок 1*, включающий решения по определению цели функционирования СУ, порядка действий сил и средств ПП, прибывших на пожар. В данном блоке:

- принимается решение по выбору решающего направления действий;
- принимается решение о спасании людей и имущества при пожаре;
- принимается решение об установлении ранга пожара;
- принимается решение об установлении границы территории, на которой осуществляются ОТД по тушению пожара и проведению АСР;
- принимается решение о путях и способах ведения разведки пожара (экзогенной и эндогенной).

*Блок 2*, включающий решения о формировании состава и структуры СУ. В этом блоке:

- принимается решение о расстановке прибывающих сил и средств ПП;

– принимается решение о путях и способах ввода ресурсов ПП на решающем направлении (в том числе решение об использовании на пожаре ГДЗС, составе и порядке работы звеньев ГДЗС).

*Блок 3*, включающий решения о формировании состава и структуры управляющей подсистемы СУ и путях развития управляемой подсистемы СУ. В данном блоке:

– принимается решение о создании оперативного штаба пожаротушения, БУ (СПР), организации тыла на пожаре, организации КПП ГДЗС;

– принимается решение о привлечении дополнительных ресурсов ПП на тушение пожара и проведение АСР, а также об изменении мест их расстановки;

– принимается решение об убытии с места пожара оперативных отделений ПП и иных привлеченных ресурсов.

При этом состав указанных блоков может частично структурно изменяться, в зависимости от обстановки и предпочтений РТП, т. е. граница временных параметров принимаемых решений является условной. Одновременно с этим в области анализа источников информации наблюдается логическая тенденция смещения «ценности» источников от множества источников  $\{ J_{ад}^C, J_{\overline{ад}}^C, J_{\overline{ад}}^C, J_{\overline{ад}x}^C, J_{пв}^C, J_{нч}^C \}$  до множества  $\{ J_{ад}^C, J_{\overline{ад}}^C, J_{пв}^C, J_{нч}^C \}$  (или  $\{ J_{ад}^C, J_{\overline{ад}}^C \}$ ), т. е. отсеивания побочной информации при дальнейшей проработке управленческого решения.

Перейдем к рассмотрению блока 1 как исходного при организации управления СУ подразделений. Существующие и установленные законодательно принципы определения решающего направления действий по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ [42-44] запускают к реализации алгоритм дальнейших действий СУ:

- 1) имеет место реальная угроза жизни людей, при этом их самостоятельная эвакуация невозможна;
- 2) развитие пожара создает угрозу взрыва или обрушения строительных конструкций;

3) пожаром охвачена часть здания (сооружения), при этом существует угроза его распространения на другие части здания (сооружения) или на соседние здания (сооружения);

4) пожаром охвачено отдельно стоящее здание (сооружение), и нет угрозы распространения огня на соседние здания (сооружения);

5) пожаром охвачено здание (сооружение), не представляющее на момент прибытия подразделений особой ценности, при этом существует угроза перехода пожара на соседние здания (сооружения).

Обработка каждого пункта алгоритма производится поочередно, т. е. при отказе от первого, ввиду отсутствия угрозы людям, осуществляется переход ко второму и т. д. (Рисунок 2.3).

Реализация сценариев связана с непрерывной разведкой пожара [42-44], результатом которой (на каждом конкретном этапе) является установление местонахождения пострадавших, очага пожара, мест наиболее интенсивного горения, а также параметров развития пожара, т. е. получение новых значений исходных параметров для принятия последующих управленческих решений.

При этом все множество ОТД, проводимых ПП, можно представить в виде блок-схемы (Рисунок 2.4). В рамках настоящего исследования решено осуществить декомпозицию по принципу степени воздействия на зону горения (позиции 1, 2). При этом действия на этапе 2.1.1. (Рисунок 2.4) выполняются диспетчером (радиотелефонистом) ПП и не входят в область интересов настоящего исследования.

Согласно решениям, принимаемым и реализуемым в рамках блока 1, осуществляются все дистанционные ОТД, не оказывающие непосредственного воздействия на зону горения – позиция 2.1. (Рисунок 2.4).

Результатом этих действий являются:

– формирование начальной структуры СУ (прибытие к месту пожара установленного числа системообразующих элементов (оперативных отделений ПП в количестве и составе заранее известном РТП);

– получение РТП первичной информации об объекте пожара (в результате аналитической и экзогенной разведки пожара).

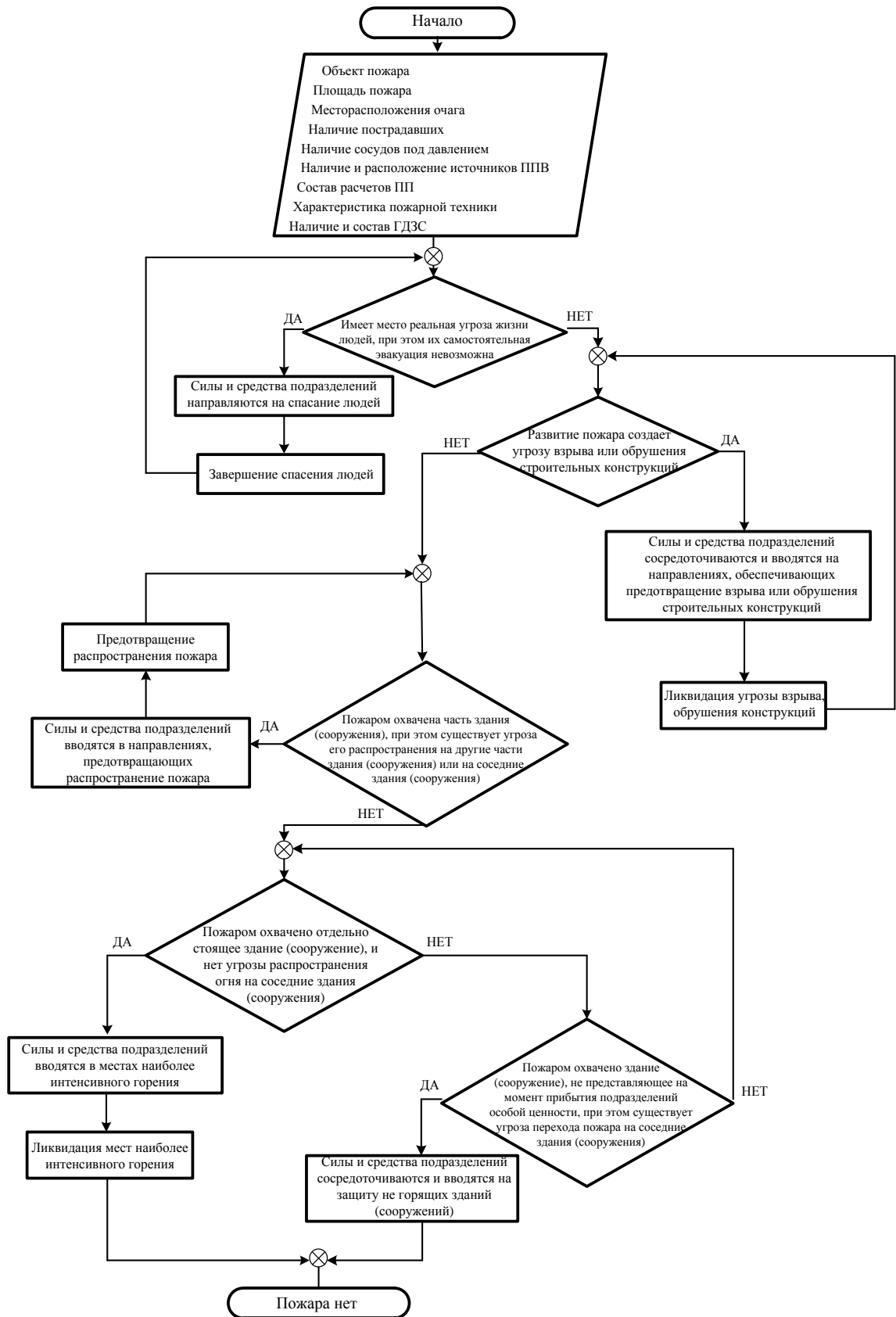


Рисунок 2.3 – Алгоритм выбора РТП решающего направления действий ПП при тушении пожара [113]

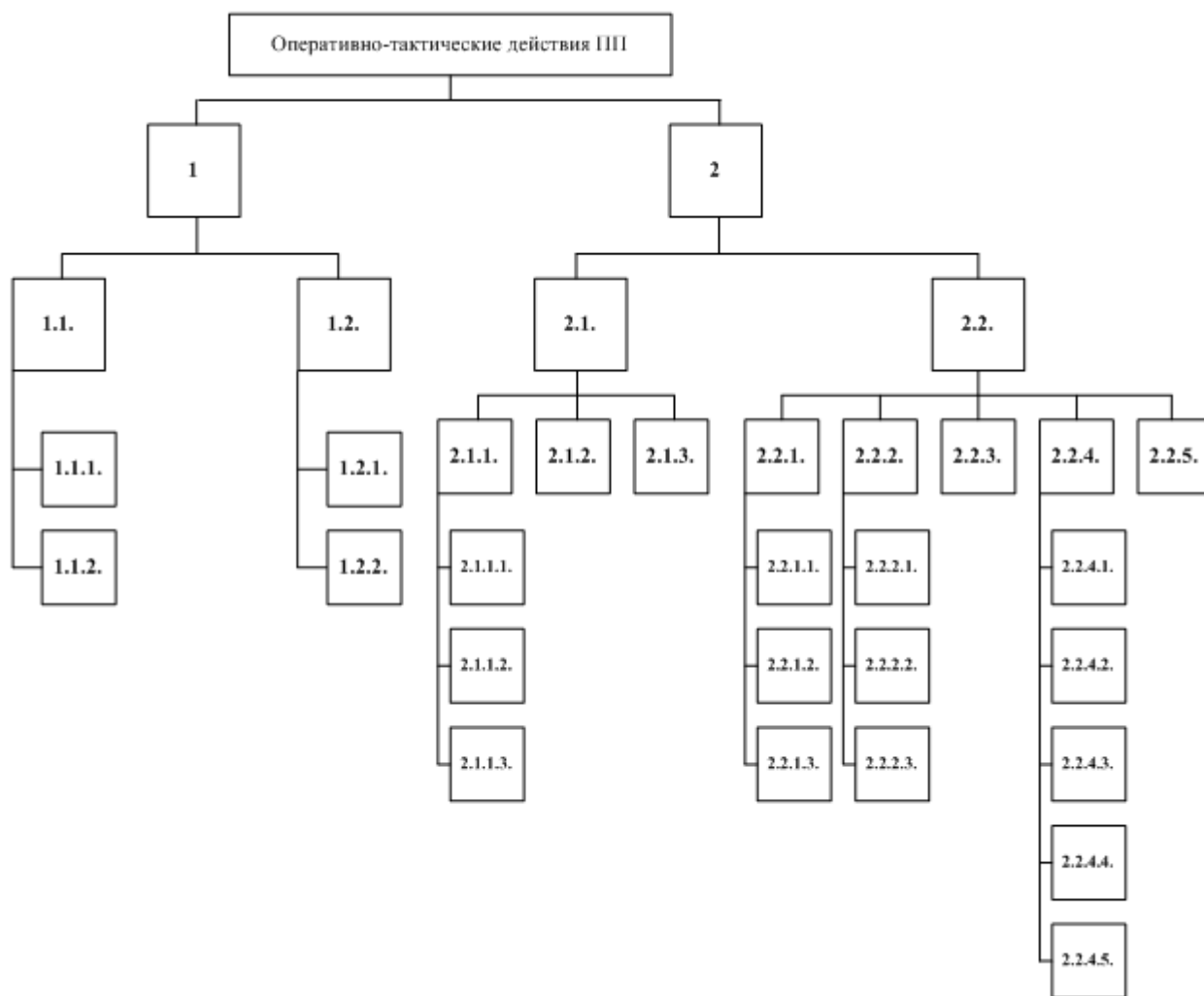


Рисунок 2.4 – Схема декомпозиции ОТД подразделений,

где 1 – ОТД, непосредственно оказывающие воздействие на зону горения:

1.1. – ликвидация горения:

1.1.1. – подача ОТВ средствами подачи, имеющимися на вооружении ПП;

1.1.2. – подача ОТВ имеющимися на объекте пожара стационарными установками и системами тушения пожаров;

1.2. – ограничение (локализация) зоны горения:

1.2.1. – подача ОТВ на защиту частей (конструкций) здания (сооружения);

1.2.2. – подача ОТВ на защиту пожарной техники и участников тушения пожара;

2 – ОТД, не оказывающие непосредственного воздействия на зону горения:

2.1. – дистанционные (вне границ территории ведения действий по тушению пожара):

2.1.1. – прием и обработка сообщения о пожаре (вызове):

2.1.1.1. – прием от заявителя информации о пожаре (вызове) и ее регистрация;

2.1.1.2. – оценку полученной информации;

2.1.1.3. – принятие решения о направлении к месту пожара (вызова) сил и средств ПП;

2.1.2. – выезд и следование к месту пожара (вызова);

2.1.3. – аналитическая разведка пожара;

2.2. – прямые (на месте пожара):

2.2.1. – аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров:

2.2.1.1. – спасание людей на пожаре;

2.2.1.2. – спасание имущества на пожаре;

2.2.1.3. – выполнение защитных мероприятий;

2.2.2. – развертывание сил и средств:

2.2.2.1. – подготовка к развертыванию;

- 2.2.2.2. – предварительное развертывание;
- 2.2.2.3. – полное развертывание;
- 2.2.3. – разведка пожара на месте вызова (экзогенная и эндогенная);
- 2.2.4. – специальные работы:
  - 2.2.4.1. – вскрытие и разборка строительных конструкций здания (сооружения);
  - 2.2.4.2. – подъем (спуск) на высоту;
  - 2.2.4.3. – организация связи на пожаре;
  - 2.2.4.4. – освещение места пожара (вызова);
  - 2.2.4.5. – восстановление работоспособности технических средств;
- 2.2.5. – сбор и возвращение к месту постоянного расположения

РТП на данном этапе осуществляет выбор решений из множества альтернатив по каждому пункту содержания блока 1 (Рисунок 2.5).

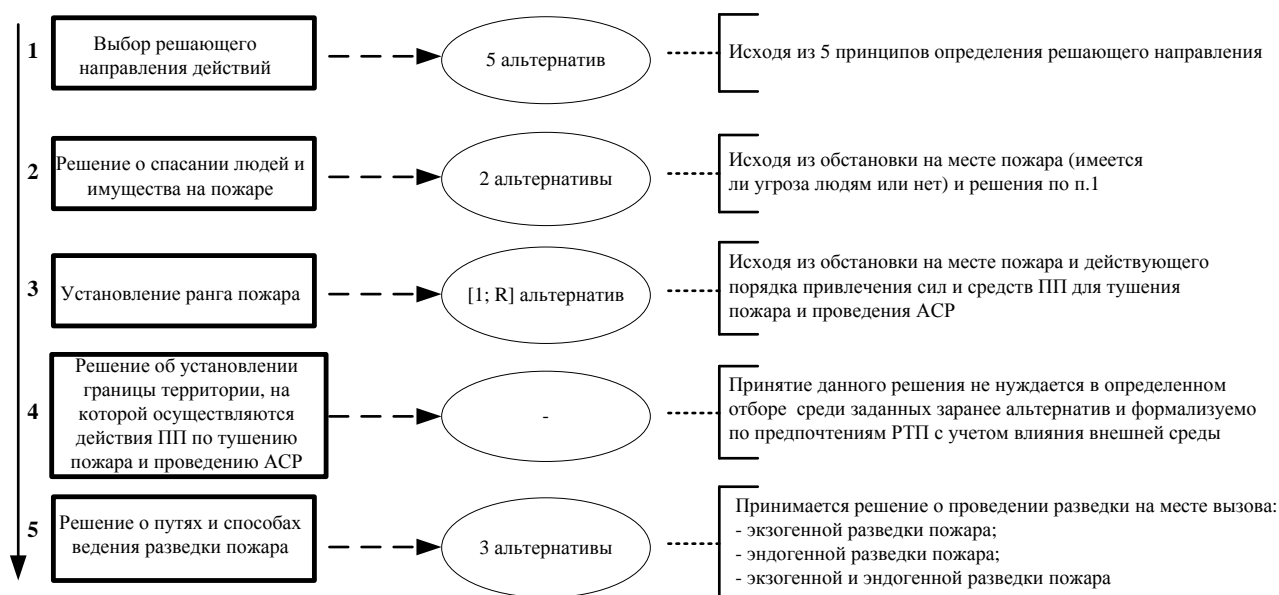


Рисунок 2.5 – Схема решений РТП по пунктам содержания блока 1, где R – число рангов пожара, установленных в ПСГ

Решения, принимаемые и реализуемые в рамках блока 2, напрямую зависят от ранее принятых решений на начальной стадии управления и принимаются в целях:

- выявления фактических (текущих) значений параметров пожара, необходимых для формирования заключения о достаточности ресурсов ПП;
- окончательного формирования структуры управляемой подсистемы СУ;
- определения путей развития системы (состава и структуры), направлений ее функционирования и способов достижения основной цели.

РТП осуществляет выбор решений из множества альтернатив по каждому пункту содержания блока 2 (Рисунок 2.6).

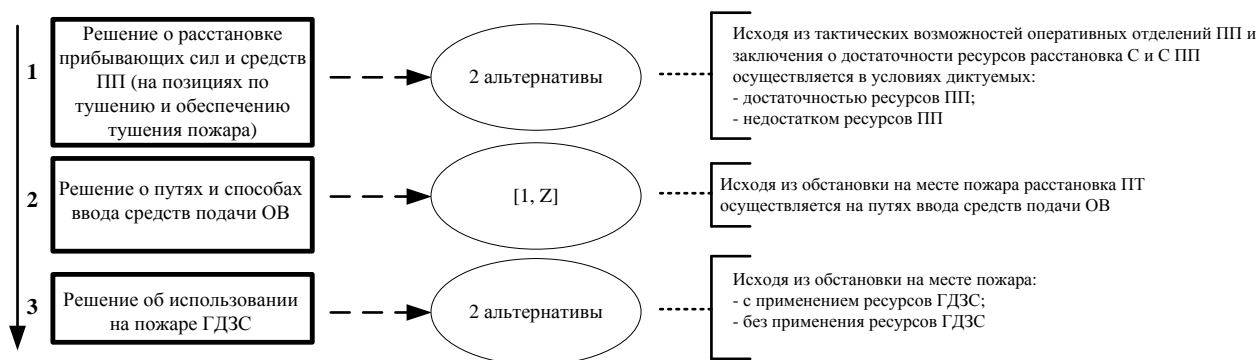


Рисунок 2.6 – Схема решений РТП по пунктам содержания блока 2, где  $Z$  – число возможных мест ввода средств подачи ОВ, в зависимости от объемно-планировочных решений объекта пожара

При этом каждое альтернативное решение основано на оценке обстановки на месте пожара (исходя из доступных источников информации), основными составляющими которой являются действия:

- 1) по установлению местоположения очага пожара и мест горения (путей распространения горения);
- 2) по установлению параметров развития пожара.

В приведенных схемах (Рисунки 2.5, 2.6) количество альтернативных решений представлено с точки зрения интересов настоящего исследования и позиции включают определенные совокупности альтернативных решений, сведенных по наиболее общему признаку в единые альтернативы.

Решения, принимаемые и реализуемые в рамках блока 3, зависят от принятых решений по формированию состава и структуры СУ и принимаются в целях:

- окончательного формирования структуры управляющей подсистемы СУ;
- заключения о достаточности ресурсов ПП для формирования адекватной обстановке управляемой подсистемы СУ;
- определения порядка деятельности СУ после достижения цели системы (порядка деструктуризации СУ).

РТП осуществляет выбор решений из множества альтернатив по каждому пункту содержания блока 3 (Рисунок 2.7).





Рисунок 2.7 – Схема решений РТП по пунктам содержания блока 3, где  $n$  – конечное число оперативных отделений ПП, которое может быть привлечено к тушению конкретного пожара, с учетом действующего порядка привлечения СиС подразделений

После установления наличия (отсутствия) угрозы людям, угрозы взрыва или обрушения конструкций, местонахождения очага пожара и мест дальнейшего его распространения основной задачей РТП будет создание управляемой подсистемы СУ, а это есть задача организационного проектирования, решаемая в пространстве объекта пожара и прилегающей территории. Управляющей подсистемой на данном этапе пожаротушения является сам РТП.

Зная, что предельные параметры пожара в ЗНППУ ограничены геометрическими размерами объекта пожара, конструктивными особенностями и физико-химическими характеристиками конструкций и материалов, можно классифицировать пожары в ЗНППУ по признаку первоначального распространения зоны горения (очага), а также прогнозировать пути их развития:

- 1) очаг расположен на первом этаже здания (в помещении квартиры (комнаты) или местах общего пользования);
- 2) очаг расположен на втором этаже здания (в помещении квартиры (комнаты) или местах общего пользования);
- 3) очаг расположен в пространстве внутренней лестницы здания;
- 4) очаг расположен в чердачном помещении здания.

При этом путями дальнейшего распространения пожара (что подтверждено математическим моделированием полевым методом), при условии свободного распространения, будут являться:

- для пункта 1 – свайное поле (при наличии), внутренние лестницы, второй этаж здания, чердачное помещение;
- для пункта 2 – внутренние лестницы, чердачное помещение и первый этаж здания;
- для пункта 3 – первый и второй этажи здания, чердачное помещение;
- для пункта 4 – внутренние лестницы и второй этаж здания.

Приведенная классификация позволяет задать общие направления системного проектирования СУ – определить места ввода средств подачи ОТВ на тушение пожара и защиту, обозначить расположение потенциальных ПТ.

Исходя из результатов моделирования пожара [108-113], в одной секции ЗНППУ сделаем заключение относительно развития зон, доступных для создания ПТ. С позиции возможности создания ПТ предлагается разделить пространство внутренних помещений объекта пожара по признаку «температура на уровне рабочей зоны» [114-116] (1,7 м от уровня пола) на следующие зоны (Рисунок 2.8):

- 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, обеспечивающие постоянное воздействие ОТВ на зону горения.

Границы приведенных зон на объекте пожара условны и чрезвычайно подвижны в течение развития пожара. В данном предположении становится понятным, что функционирование ПТ, таких как «звено ГДЗС», возможно в зоне А, поскольку данные системы включают в себя личный состав ПП, имеющий относительно низкий «рабочий» температурный порог (до 170 °С) [82, 101, 115, 117], и СИЗОД с ограниченными требованиями инструкций температурным пределом эксплуатации ( $200\text{ °C} \pm 20\text{ °C}$ ) [86, 87, 118].

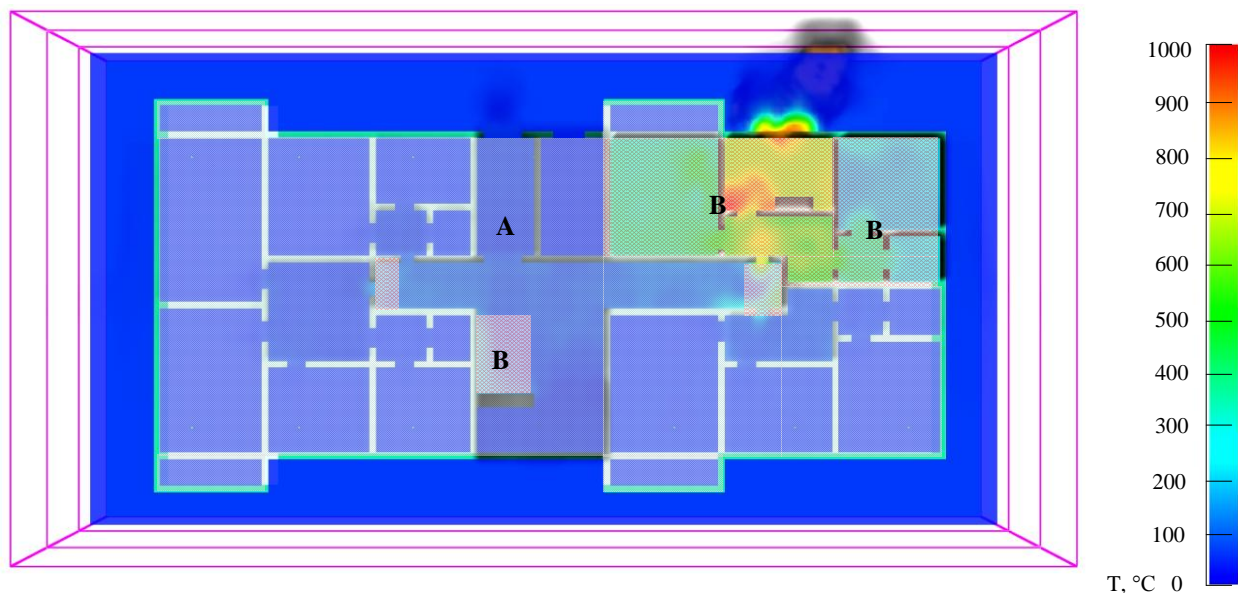




Рисунок 2.8 – Зоны пространства объекта пожара с позиции возможности создания ПТ [119], где  – зона доступности (А);  – зона недоступности (В)

Исходя из сценария моделирования свободно развивающегося пожара, определено:

1) при возникновении пожара в квартирах первого этажа его развитие обусловило образование зоны недоступности (В) по этажам здания в следующей динамике (Рисунок 2.9);

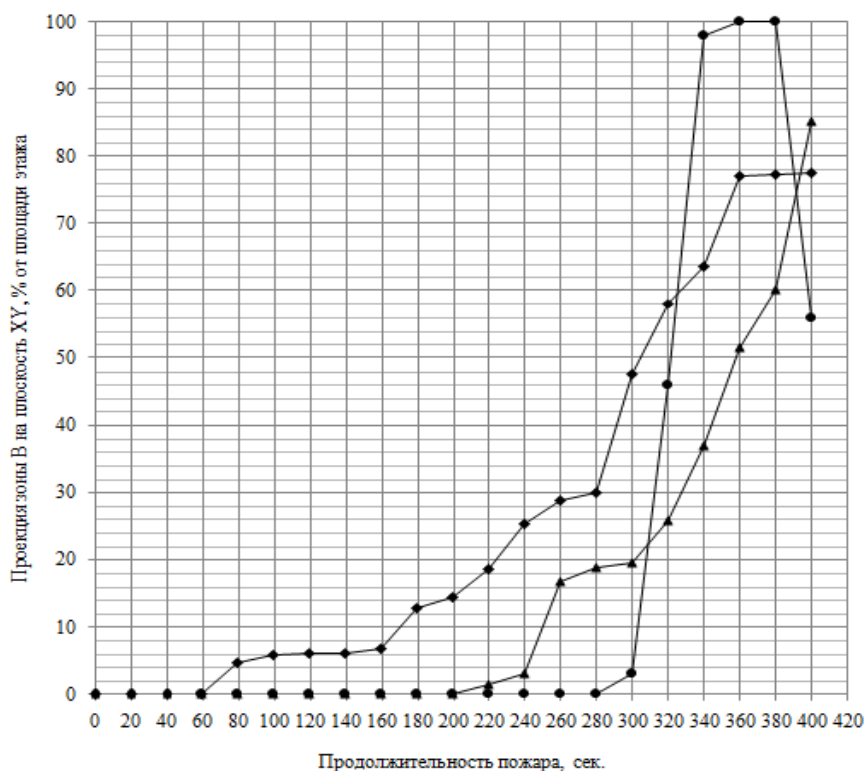





Рисунок 2.9 – Увеличение зоны В на этажах здания при пожаре на первом этаже, где  – 1 этаж;  – 2 этаж;  – чердачное помещение

2) при возникновении пожара в квартирах второго этажа его развитие обусловило образование зоны недоступности (В) по этажам здания в следующей динамике (Рисунок 2.10);

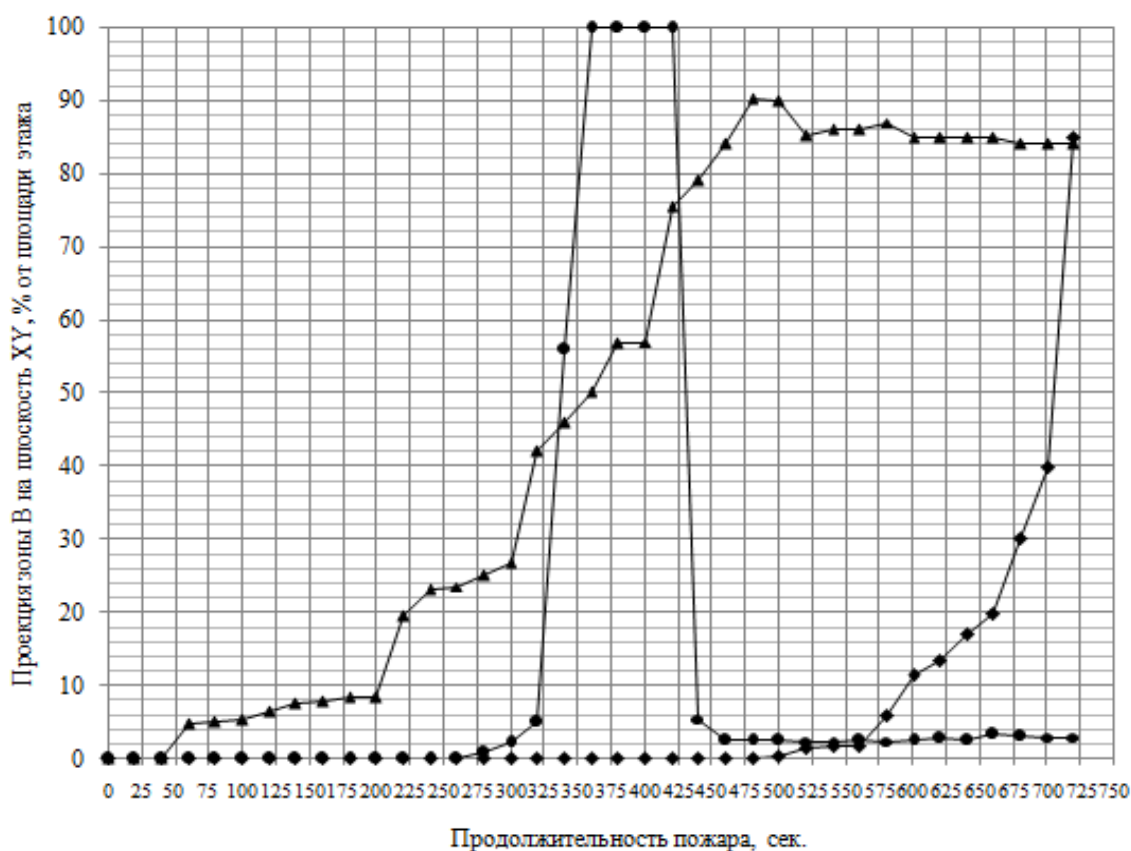


Рисунок 2.10 – Увеличение зоны В на этажах здания при пожаре на втором этаже, где  $\blacktriangle$  – 1 этаж;  $\blacklozenge$  – 2 этаж;  $\bullet$  – чердачное помещение

3) при возникновении пожара на внутренней лестнице его развитие обусловило образование зоны В по этажам здания в следующем порядке (Рисунок 2.11).

Как показали результаты моделирования, наиболее подверженными воздействию опасных факторов пожара являются:

- пути эвакуации людей из здания (коридоры, внутренняя лестница);
- чердачное помещение (представляющее собой единое пространство, сообщающееся с наружной средой через слуховые окна и внутренними помещениями через вентиляционные и иные коммуникационные проемы, лазы).

Сравнительная динамика роста зоны В представляет особый интерес при рассмотрении возможных путей ввода сил, средств и ресурсов подразделений пожарной охраны на объекте пожара (Рисунок 2.12).

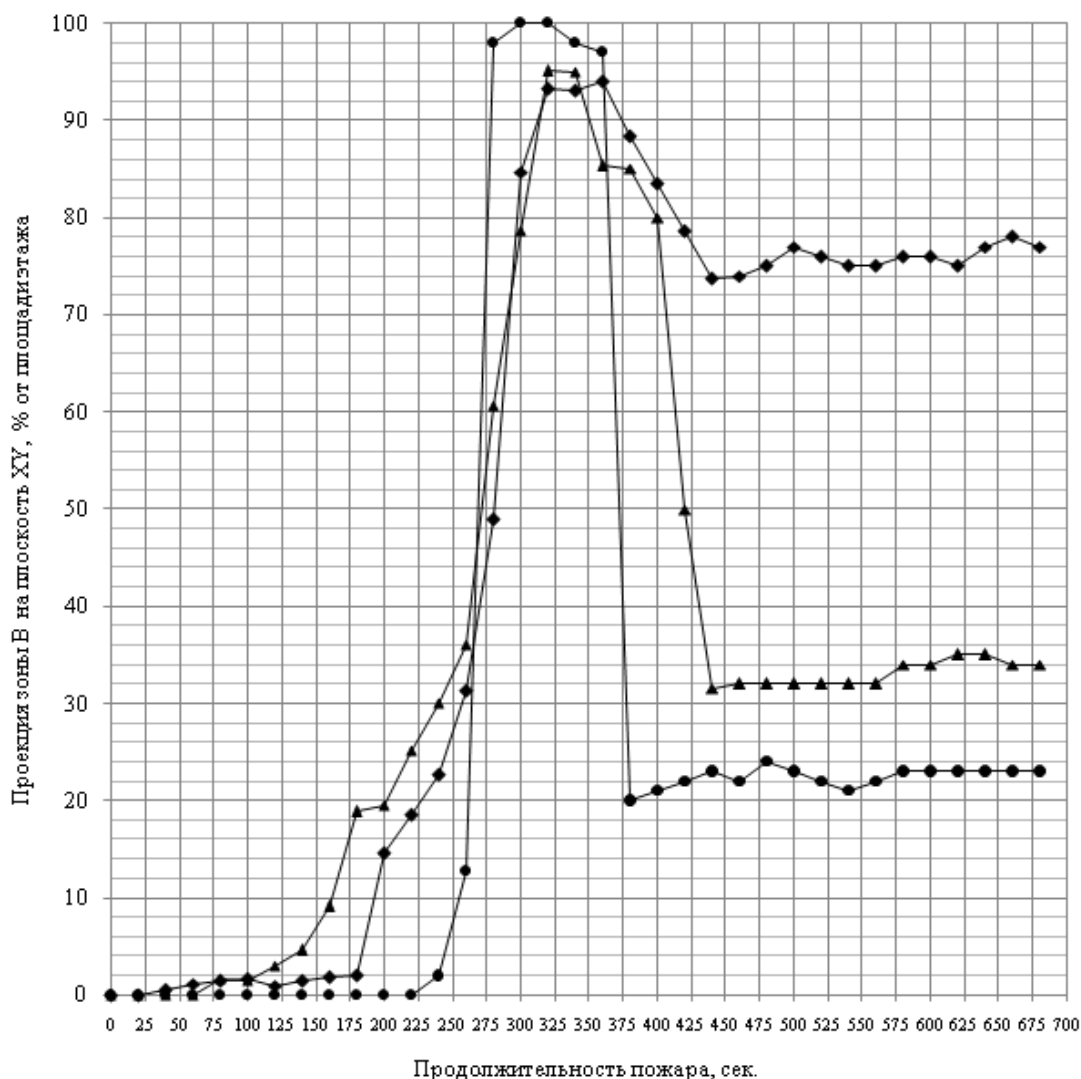


Рисунок 2.11 – Увеличение зоны В на этажах здания при пожаре на внутренней лестнице, где  $\blacktriangle$  – 1 этаж;  $\blacktriangle$  – 2 этаж;  $\bullet$  – чердачное помещение

Также установлено, что зоны недоступности для создания ПТ, помимо горящего помещения, получают скорейшее развитие еще до прибытия оперативных отделений ПП к месту вызова на путях эвакуации, ряде внутренних помещений и в чердачном пространстве (с 4 по 6 минуту от начала развития пожара), что подтверждается исследованиями произошедших пожаров (Приложение № 3). Наблюдаемое сокращение зоны недоступности (В) в объеме чердачного пространства (на III и IV этапах (рисунок 2.12) говорит о выгорании образовавшейся ранее газоздушнoй смеси, после чего в период с 5 по 10

минуты на практике наблюдается обрушение конструкций кровли («складывание» внутрь здания или разрушение покрытия – в зависимости от материала кровли) [8, 35, 36, 119, 120].

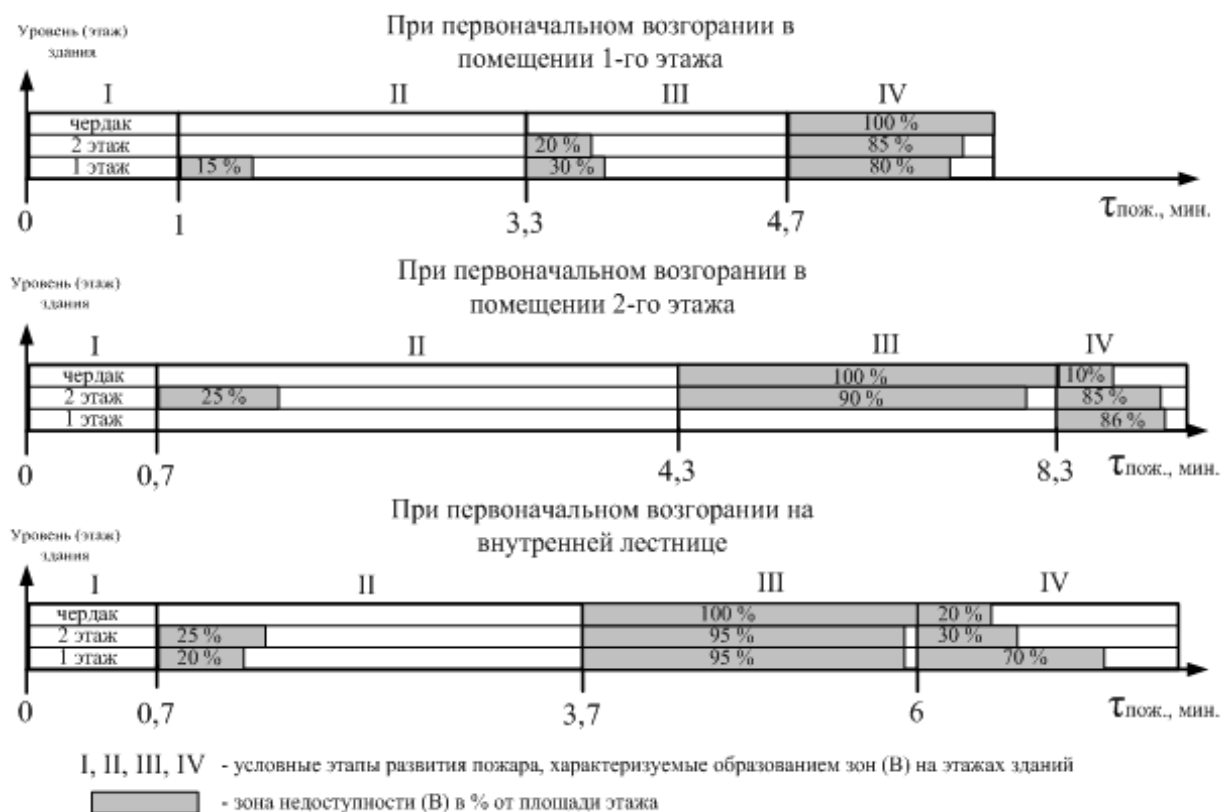


Рисунок 2.12 – Динамика развития зоны В при различных сценариях развития пожара [120]

Аналогичное сокращение зоны (В) в пространстве помещений первого и второго этажей здания свидетельствует о возникновении скрытых очагов горения в пустотах (в перекрытиях, перегородках и стенах), распространение которого в дальнейшем интенсифицирует процесс развития пожара и его распространение в объемы соседних помещений (этажей).

Данные показатели накладывают ограничения на решения, принимаемые РТП на блоке 2, а именно:

- на возможность расстановки прибывающих сил и средств подразделений на позиции, отличающиеся большим качественным показателем реализации тактического потенциала (звенья ГДЗС);
- на вариативность путей и способов ввода ресурсов подразделений на решающем направлении действий.

С учетом статистических данных о среднем времени прибытия ПП к месту пожара (Таблица 2.1) можно сделать заключение о невозможности своевременного ввода СиС подразделений в местах наиболее активного распространения пожара (на путях эвакуации и чердачном помещении), поскольку личный состав подразделений (в том числе звеньев ГДЗС) имеет возможность ведения ОТД в достаточно ограниченном диапазоне температур и плотности теплового потока [82, 101, 115, 117].

Таблица 2.1 – Среднее время прибытия ПП к месту пожара в Российской Федерации

Среднее время прибытия ПП, мин	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
все пожары	11,89	11,57	10,12	9,57	9,08	8,76	8,40	8,37	8,21	8,20
в городах	8,19	8,02	7,08	6,86	6,66	6,50	6,29	6,25	6,08	6,13
в сельской местности	18,71	17,93	15,03	13,81	12,87	12,18	11,59	11,40	11,24	11,25

Продвижение звеньев ГДЗС внутрь помещений объекта пожара возможно только:

- при активном маневрировании средствами подачи ОТВ с целью создания зоны А на пути продвижения (создания условий для размещения ПТ) [35, 36, 119];
- при создании зоны А другими (смежными) позициями по тушению пожара.

Таким образом, учитывая статистические данные о среднем времени прибытия ПП к месту пожара (Таблица 2.1) и данные выборки произошедших пожаров (Приложение № 5), установим диапазон временных параметров реализации алгоритмов структурирования СУ.

Так, в ходе исследования установлено, что проведение ОТД оперативными отделениями ПП при тушении пожара в ЗНППУ возможно не ранее III–IV временного этапа развития пожара (Рисунок 2.12), т. е. на этапе уже развившегося пожара.

Ограничениями по составу ресурсов, привлекаемых ПП, и ресурсов, затрачиваемых на тушение, будут являться:

1) наличие в составе пожарной и аварийно-спасательной техники прибывающих ПП таких специальных и (или) основных автомобилей, как АПК (ППП), АЛ, ТПЛ, АЛ с пожарным насосом, АЦЛ, АЦПК, АПСЛ [79, 80];

2) наличие в районе ведения ОТД двух и более источников ППВ или источников с неограниченными (в рамках действующего пожара) ресурсами ОТВ (река, озеро, водохранилище, водный канал) [121, 122];

3) наличие в расчете прибывающих оперативных отделений ПП личного состава в количестве, необходимом для формирования не менее чем одного звена ГДЗС [78, 123].

Моделирование развития пожаров в ЗНППУ и анализ произошедших пожаров позволяют классифицировать пути распространения пожара исходя из интенсивности распространения его опасных факторов. Предлагаемая классификация обладает свойством адаптации к пожару в зависимости от первоначального очага и предназначена для определения потенциальных позиций по тушению пожара. Исходя из характеристик средств защиты личного состава и снаряжения, наибольшую опасность для участников тушения представляют пламя (характеризующееся мощностью тепловыделения) и повышенная температура среды. Это позволяет характеризовать части объекта пожара:

1) как обладающие низшим потенциалом подверженности распространению ОФП (пути «А») и, соответственно, большим потенциалом для создания ПТ;

2) как обладающие высшим потенциалом подверженности распространению ОФП (пути «В») и, как следствие, наименьшим потенциалом для создания ПТ.

Данный потенциал определяется как отношение времени достижения предельно допустимых для личного состава ПП значений мощности теплового потока и температуры среды к фактическому времени следования оперативных отделений к месту вызова:

$$P_{\text{ОФП}} = \frac{\tau_{\text{ОФП}}^{\text{пред.}}}{\tau_{\text{приб.}}^{\text{факт.}}} \quad (2.2)$$

где  $\tau_{\text{ОФП}}^{\text{пред.}}$  – время достижения предельного значения ОФП, мин (сек),  $\tau_{\text{приб.}}^{\text{факт.}}$  – фактическое время прибытия оперативных отделений к месту вызова, мин (сек)



Смысл данного показателя состоит в установлении для каждого помещения объекта пожара возможности нахождения личного состава ПП, входящего в состав позиции по тушению, т. е. в возможности создания позиции вообще. Фактическое применение предложенного критерия будет рассмотрено на примере описания произошедшего пожара в ЗНППУ в Главе 3.

Планирование оперативной работы ПП и проведение ОТД по тушению пожаров предложено осуществлять на основе алгоритмизации процесса пожаротушения. Построение алгоритмов позиционно-балансового проектирования в рамках предложенной модели является позиционным структурированием СУ.

Определим цели, на реализацию которых направлен процесс проектирования СУ:

- 1) сокращение времени достижения требуемой интенсивности подачи ОТВ для локализации и ликвидации пожара;
- 2) сокращение необходимых для локализации и ликвидации пожара ресурсов ПП исходя из ресурсного баланса сил и средств;
- 3) концентрация действий звеньев ГДЗС на поиск и спасание возможных пострадавших (и их эвакуацию);
- 4) создание условий для безопасной работы звеньев ГДЗС на объекте пожара в ходе пожаротушения;
- 5) обеспечение повышения тактического потенциала позиций по тушению пожара.

Исходными данными для построения алгоритмов позиционно-балансового проектирования СУ являются:

- 1) оперативно-тактические характеристики объекта пожара;
- 2) параметры развития пожара на момент прибытия первых оперативных отделений ПП;
- 3) состав (качественный и количественный) ресурсов ПП, прибывших (прибывающих) к месту пожара;
- 4) основная задача ПП при ведении ОТД по тушению пожара;

- 5) решающее направление действий;
- 6) наличие и состояние источников ППВ;
- 7) время прибытия (скорость сосредоточения) ресурсов пожарной охраны.

Ресурсный баланс при этом понимается как набор показателей, характеризующих достаточность ресурсов ПП на месте пожара (Таблица 2.2): входящие и затрачиваемые на тушение пожара ресурсы.

Таблица 2.2 – Баланс ресурсов пожарных подразделений на месте пожара

Входящие ресурсы (ресурсы ПП, прибывающие на место пожара)	Затрачиваемые ресурсы (ресурсы ПП, расходуемые при тушении пожара)
1) пожарная техника	<b>Явный расход, подлежащий расчету:</b>
2) огнетушащие вещества	1) ГСМ
3) личный состав ПП	2) огнетушащие вещества
4) ПТО и АСО	3) запасенный энергоресурс средств связи
5) ГСМ	4) воздушные (кислородные) баллоны для ДАСВ (ДАСК)
6) запасенный энергоресурс средств связи	5) личный состав ПП (привлекается для создания ПТ (ПД))
7) воздушные (кислородные) баллоны для ДАСВ (ДАСК)	<b>Неявный расход, расчет которого в рамках периода тушения пожара не реализуем:</b>
8) ДАСВ (ДАСК)	1) работоспособность участников тушения пожара
	2) ресурс агрегатов пожарной техники и оборудования

На практике, для определения наступления локализации пожара по установленным критериям применяют сравнение имеющихся ресурсов с явно затрачиваемыми ресурсами, то есть делается вывод о достаточности СиС ПП для дальнейшей ликвидации пожара [82-85, 91]. Опытные руководители в ходе управления тушением пожара априори учитывают некоторые позиции неявно расходуемых ресурсов, например, степень усталости личного состава ПП, задействованного на тушении пожара, или износ пожарной техники для дальнейшего её применения на определенных позициях по тушению пожара.

На месте пожара ПП в соответствии с задачей, поставленной РТП, проводят ОТД. Эти действия, как правило, подразделяются на общие и частные. При этом общие действия выполняются в строгой последовательности, а частные – параллельно с другими [82-85, 91, 124]. Поэтому для моделирования СУ желательно сходство топологической структуры со схемой проведения ОТД оперативными отделениями на пожаре.

Для этого применим аппарат сетей Петри [125-128].

Основными задачами исследования объектов с помощью сетей Петри [127], реализованными в работе, являются:

- интерпретация, связанная с визуальным и объективным представлением моделируемого объекта соответствующей сетью Петри;
- кросс-трансляция с языка сетей Петри на языки программирования.

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

Сеть Петри представим набором элементов [128-130]:

$$P = \langle P_p, P_t, F, H, S \rangle, \quad (2.3)$$

где  $P_p$  – конечное, непустое множество, именуемое позицией  $P_p = \{P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pi}\}$ ;  $P_t$  – конечное, непустое множество, именуемое переходом (событий, 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  $|P_t, P_p|$ ;  $S$  – конечное, непустое множество, именуемое функциональные правила инициирующие переход.

Функциональные правила представим следующими элементами:

$$S = \{P_B^{ПТ}, P_P^{ПТ}, P_B^{ПД}, P_P^{ПД}, P_t\}, \quad (2.4)$$

где  $P_t$  – показатель времени.

Поэтому модель организации системы управления ПП на пожаре представим в виде трансформированной сети Петри ( $P$ ), состоящей из комплекта подсетей, описывающих динамику отдельных подпроцессов [130, 131] ведения ОТД на пожаре:

$$P = P^{p1} \cup P^{p2} \cup P^l, \quad (2.5)$$

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

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 пожаротушения, также воспользуемся графическим способом задания сетей Петри (Таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Элементарные фрагменты сетей Петри

Обозначение элементарных фрагментов сети	Интерпретация элементарных фрагментов сети	Графическое изображение элементов сети
Позиция «Вершина», обозначающая оперативную задачу (или 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 $P_{tTr_{kij}}^{Zr_k Sis_m}$	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 $P_{pPoz}^{Zr_k Sis_m}$	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 $Zr_k$ и СиС $Sis$ , перемещение маркера в управляемый переход с последующим его срабатыванием обозначает завершение выполнения ОТД	

Опишем процесс построения подсетей  $P^{p1}$ ,  $P^{p2}$ ,  $P^l$ , моделирующих исходное размещение, процесс перемещения ресурсов, СиС ПП между позициями пожаротушения [126-133].

Дугам приписываются следующие характеристики [133, 134]:  $t_{min} \left( P_{tTr_j}^{Zr_k} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{tTr_j}^{Zr_k} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое ресурс ( $Zr_k$ ) может быть задействован на выполнении отдельного ОТД;  $t_{min} \left( P_{tTr_j}^{Sis_m} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{tTr_j}^{Sis_m} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое СиС могут быть задействованы на выполнении отдельного ОТД;  $t_{min} \left( P_{tTr_j}^{Zr_kSis_m} \right)$  и  $t_{max} \left( P_{tTr_j}^{Zr_kSis_m} \right)$  – минимальное и максимальное нормативное (расчётное) время, за которое ресурс ( $Zr_k$ ) может быть перемещен с одной позиции на тушение пожара на следующую позицию, используя для перемещения СиС вида  $m$ ;  $I_{Poz_iPoz_j}^{Zr_kSis_m}$  – максимально возможное количество единиц ресурсов или СиС которое может быть доставлено по позицию за указанное время. Приведенные характеристики формируют функциональные правила S [128].

Вышеописанные положения позволили провести моделирование ОТД подразделений при пожаротушении в ЗНППУ [133, 134] (Рисунок 2.13).

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 (является условием срабатывания управляемых переходов);

$P_{t2}^S$  – 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 ( $PR_1^{Pp2} \dots PR_5^{Pp6} : (PR_1^{Pp2}=5, PR_2^{Pp3}=4, PR_3^{Pp4}=3, PR_4^{Pp5}=2, PR_5^{Pp6}=1)$ ), т. е. дальнейшие процессы являются частично зависимыми;

$P_{P2}$  – 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 горение 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 (является условием срабатывания управляемых переходов);

$P_{P7}$  – 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».

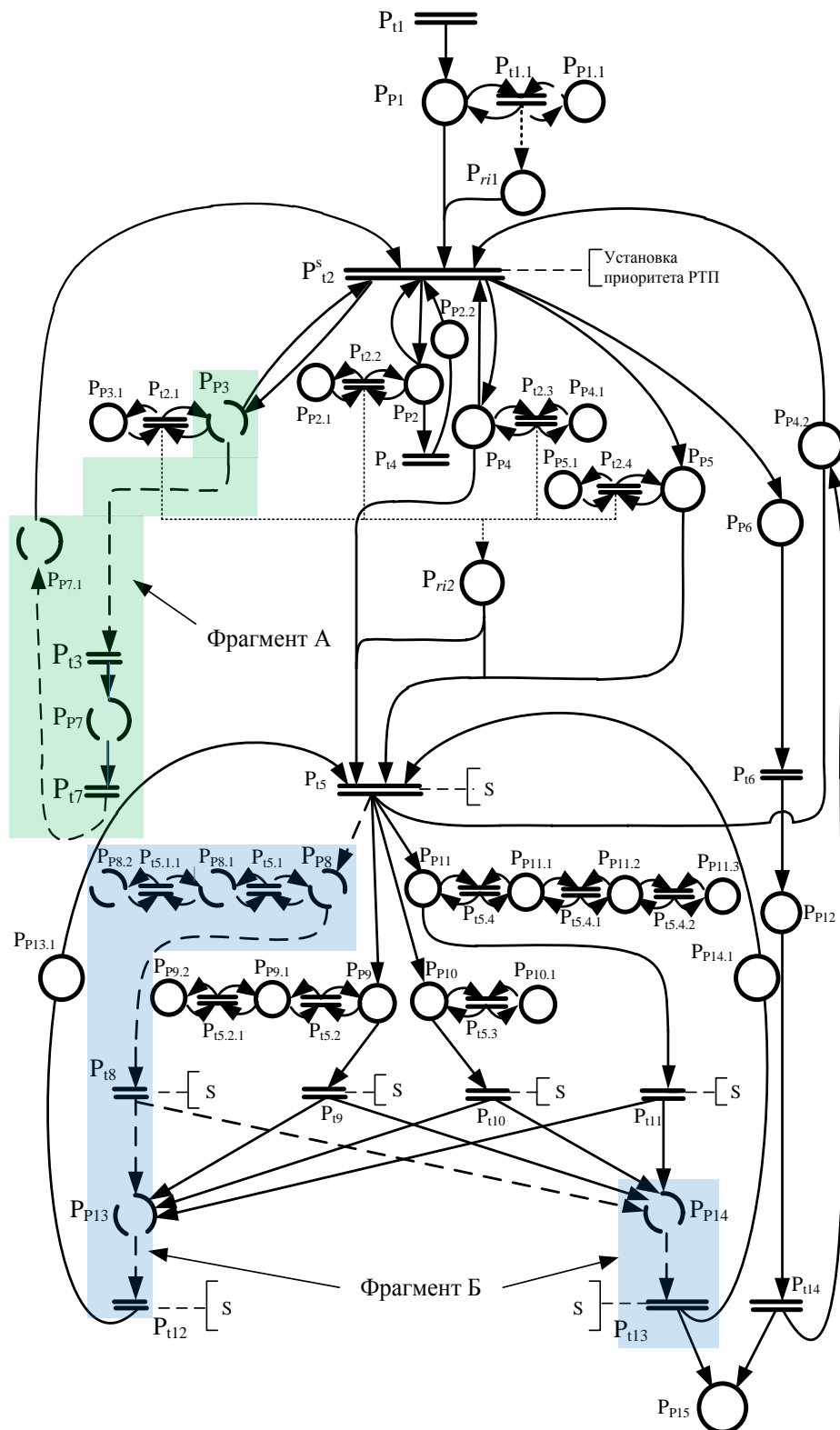


Рисунок 2.13 – Сеть Петри, отображающая модель организации системы управления ИП при тушении пожаров [134]

Возможность модификации общей сети Петри на различные подсети существует вследствие того, что:



- не все переходы являются потенциально достижимыми для каждой из возможных возникающих ситуаций на пожаре;
- ряд фрагментов сети ведения ОТД можно сначала рассматривать укрупнено, как единую позицию или переход, а затем более детально, по мере необходимости.

На основании приведенных обозначений и правил формирования опишем фрагмент А подсети  $P^{P1}$  (Рисунок 2.13), описывающей перемещение ресурсов [133] (Рисунок 2.14).

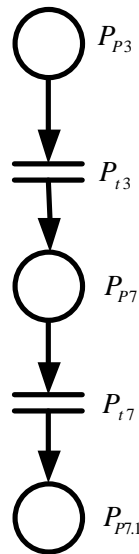


Рисунок 2.14 – Фрагмент подсети А, отображающий процесс перемещения ресурсов и СиС между позициями

В этом фрагменте подсети кратности дуг и задержки переходов имеют вид [133]:

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

$$t_{min}(P_{t3}) \geq 0; t_{min}(P_{t7}) \geq 0; t_{max}(P_{t3}) = t_{туш.}; t_{max}(P_{t7}) = t_{туш.};$$

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.

Аналогичным способом формализуются сети  $P^{P^2}$  и  $P^l$ .

Начальная маркировка подсети  $M_0$  будет задавать исходное размещение ресурсов ПП по позициям тушения пожара.

Процесс перемещения ресурсов ПП между объектами будет моделироваться на примере структуры фрагмента Б (Рисунок 2.13), временных характеристик, приписанных к ее переходам и кратности дуг [133] (Рисунок 2.15).

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  $(P_{P8}, P_{t8}) \geq 1$ .

Таким образом, построенная подсеть позволяет моделировать:

- исходное размещение СиС подразделений на позициях по тушению пожара;
- перемещение ресурсов между позициями по тушению пожара;
- перемещение СиС подразделений между позициями по тушению пожара;
- перемещение ресурсов между позициями по тушению пожара, с использованием имеющихся СиС;
- временные характеристики перечисленных процессов перемещения.

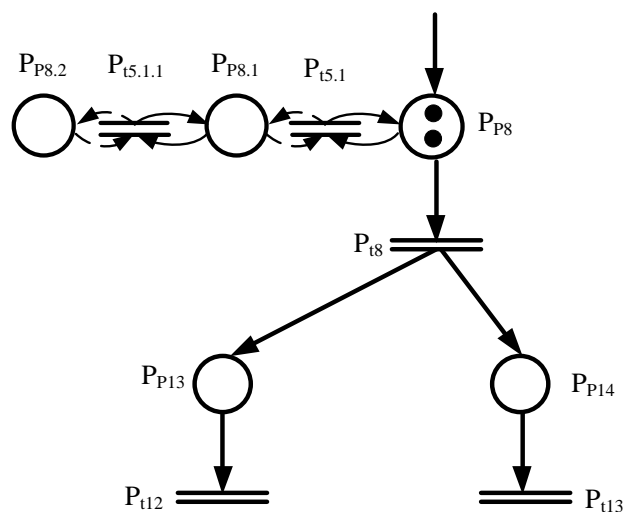


Рисунок 2.15 - Фрагмент подсети Б, позволяющий моделировать перемещение СиС и ресурсов [134]

Пожар считается ликвидированным, когда действия, направленные на прекращение горения, исключили возможность его повторного возникновения [82-85, 135, 136]. Это определение в терминах сети Петри будет интерпретировано следующим заключением – ликвидация пожара будет продолжаться до тех пор, пока число маркеров, моделирующих СиС и ресурсы ПП, в позициях не достигнет заданного (требуемого) уровня (что моделируется условиями срабатывания переходов и их достижимостью).

Как показывает анализ правового поля [43, 44, 95], возможны три типа (этапа) управления пожарной безопасностью на объекте:

- предотвращение причин возгорания;
- локализация и ликвидация пожара (создание условий для быстрого тушения пожара);
- максимальное ослабление последствий пожара.

Приведенные типы управления взаимосвязаны, и при необходимости следует осуществить переход от одного типа управления к другому. Например, переход между «локализацией и ликвидацией пожара» и «максимальным ослаблением последствий пожара» заложен в принципы определения решающего направления действий по тушению пожара [43, 44].

Поскольку разработка полного фрагмента сети Петри, формализующего процесс принятия управленческих решений для обеспечения пожарной безопасности объекта в целом, на всех этапах функционирования, не входит в задачи данной работы, формализуем только подсеть, моделирующую управление оперативными отделениями ПП на начальном этапе процесса пожаротушения в ЗНППУ.

Факт принятия управляющего решения в подсети управления силами и средствами будет моделироваться срабатыванием соответствующего управляющего перехода ( $P_t$ ) в момент времени  $T$  и перемещением маркера в управляющую позицию ( $P_p$ ). Минимальное время, требуемое на передачу управляющих воздействий, зависит от используемого канала связи. Если переход  $P_t$  сработает несколько раз подряд и кратность дуги соответствует условию

перемещения маркеров, то в управляющую позицию поступит несколько маркеров. Число занесенных маркеров будет ограничивать число срабатываний управляемого перехода и будет отражать количество задействованных на выполнение поставленной задачи СиС и ресурсов. Каждая управляющая позиция обладает временной характеристикой, определенной (т. е. нормативной) или определяемой по правилам (расчетным формулам).

На основании вышеизложенного, управление  $Y$  в модели структурирования системы управления ПП, в которой отражаются процессы возникновения, развития, локализации и ликвидации пожара, формализуется как:

$$Y = (P_i^{(y)}, k, t), \quad (2.6)$$

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

Постановка и реализация задач планирования и оперативного управления СиС на пожаре заключается в нахождении управления  $Y$ , максимально приближенного к заданным критериям РТП:

$$\begin{cases} \min_Y I(M_r(p)) \\ \min K(M_r(p), T, \tau_H) \end{cases}, \quad (2.7)$$

где  $M_r(p)$  – число маркеров в позиции  $P$ ,

$\tau_H$  – нормативное (расчетное) время выполнения поставленной задачи на пожаре.

Если приложенное управляющее воздействие не может быть реализовано, то подразумевается о дефиците СиС и ресурсов для выполнения операций по локализации и ликвидации пожара. Рациональное управление в этом случае будет заключаться в распределении имеющихся сил и средств для выполнения поставленной задачи в кратчайшие сроки:

$$\begin{cases} \overrightarrow{\tau}_H = \min_Y I \\ I(M_r(p)) \leq \overrightarrow{I} \\ \min K(M_r(p), T, \overrightarrow{\tau}_H) \end{cases}, \quad (2.8)$$

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

Формализуем постановку оперативных задач для рационального управления силами и средствами подразделений на пожаре.

Алгоритмы позиционно-балансового проектирования системы управления ПП представляются как:

– алгоритм создания позиций по тушению пожара исходя из ситуационно-сценарного рассмотрения процесса развития пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре (Рисунок 2.16);

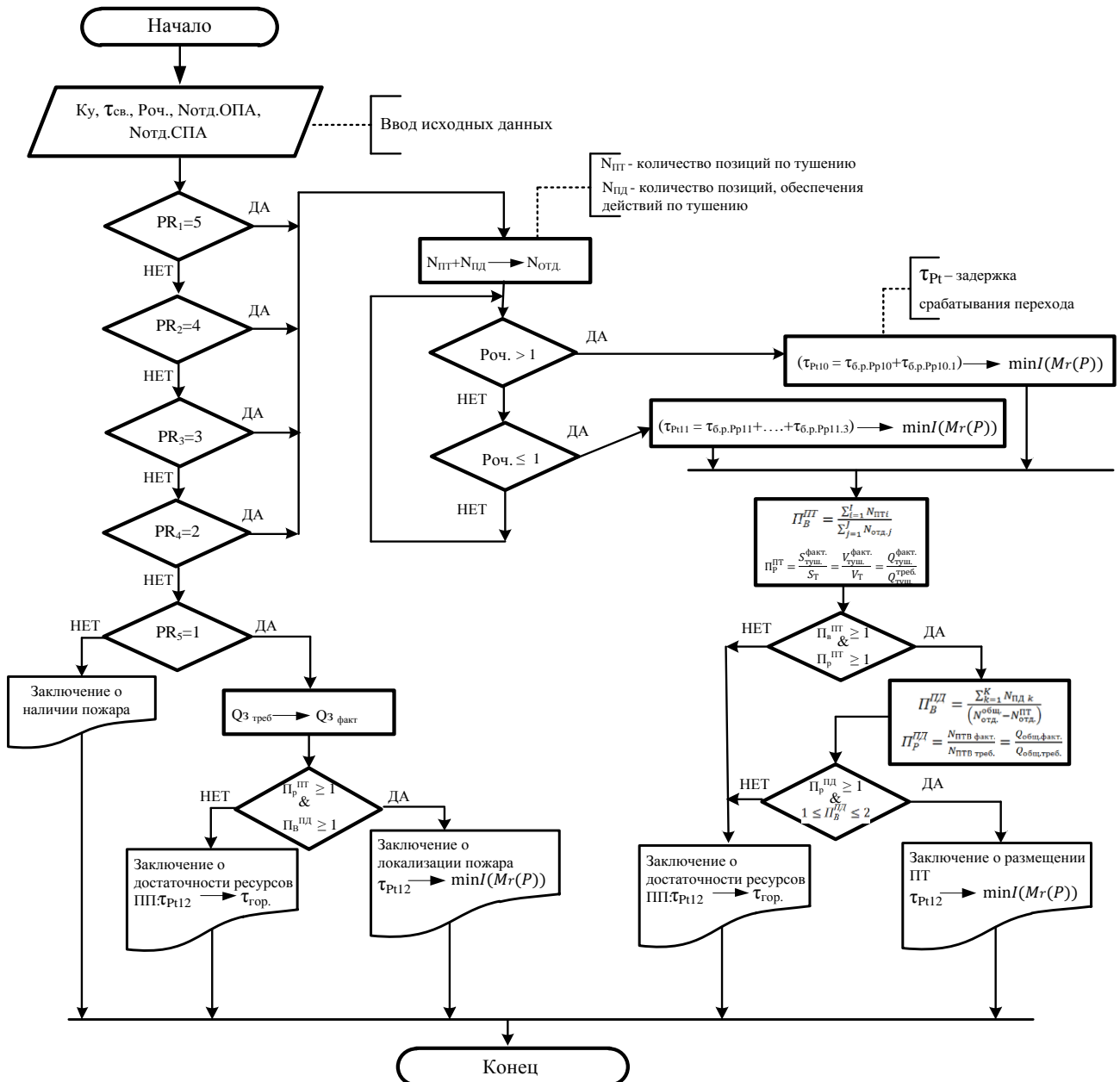


Рисунок 2.16 – Алгоритм создания позиций по тушению пожара, где  $R_{оч}$  – уровень нахождения очага пожара,  $K_y$  – коэффициент укомплектованности оперативных расчетов,  $N_{отд.ОПА}$  – количество оперативных отделений на ОПА,  $N_{отд.СПА}$  – количество оперативных отделений на СПА [113]

– алгоритм проектирования системы управления подразделениями на месте пожара при различном составе ресурсов пожарной охраны (Рисунок 2.17);

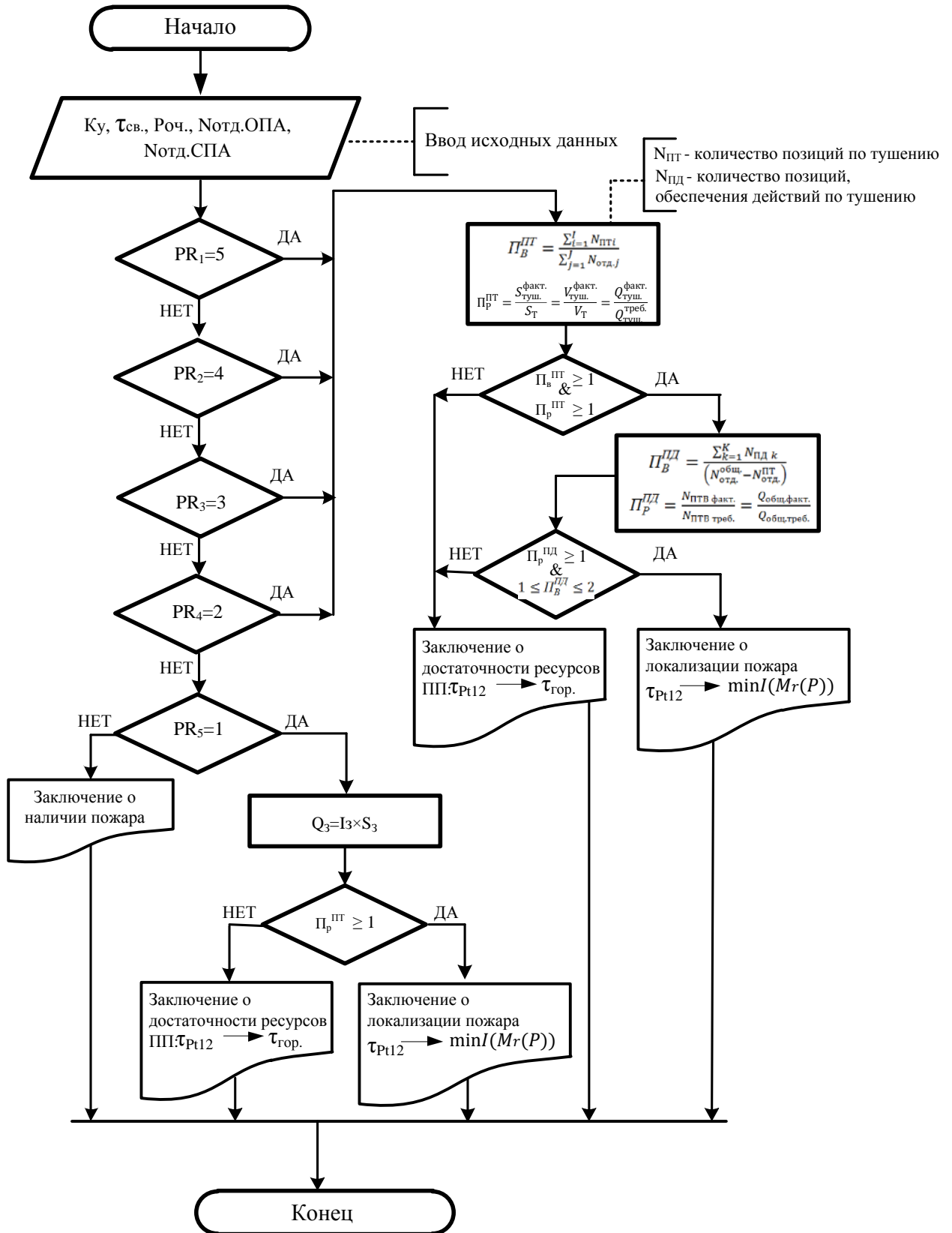


Рисунок 2.17 – Алгоритм проектирования СУ подразделениями [113]

– алгоритм перемещения ресурсов подразделений при выполнении задач по тушению пожара (Рисунок 2.18).

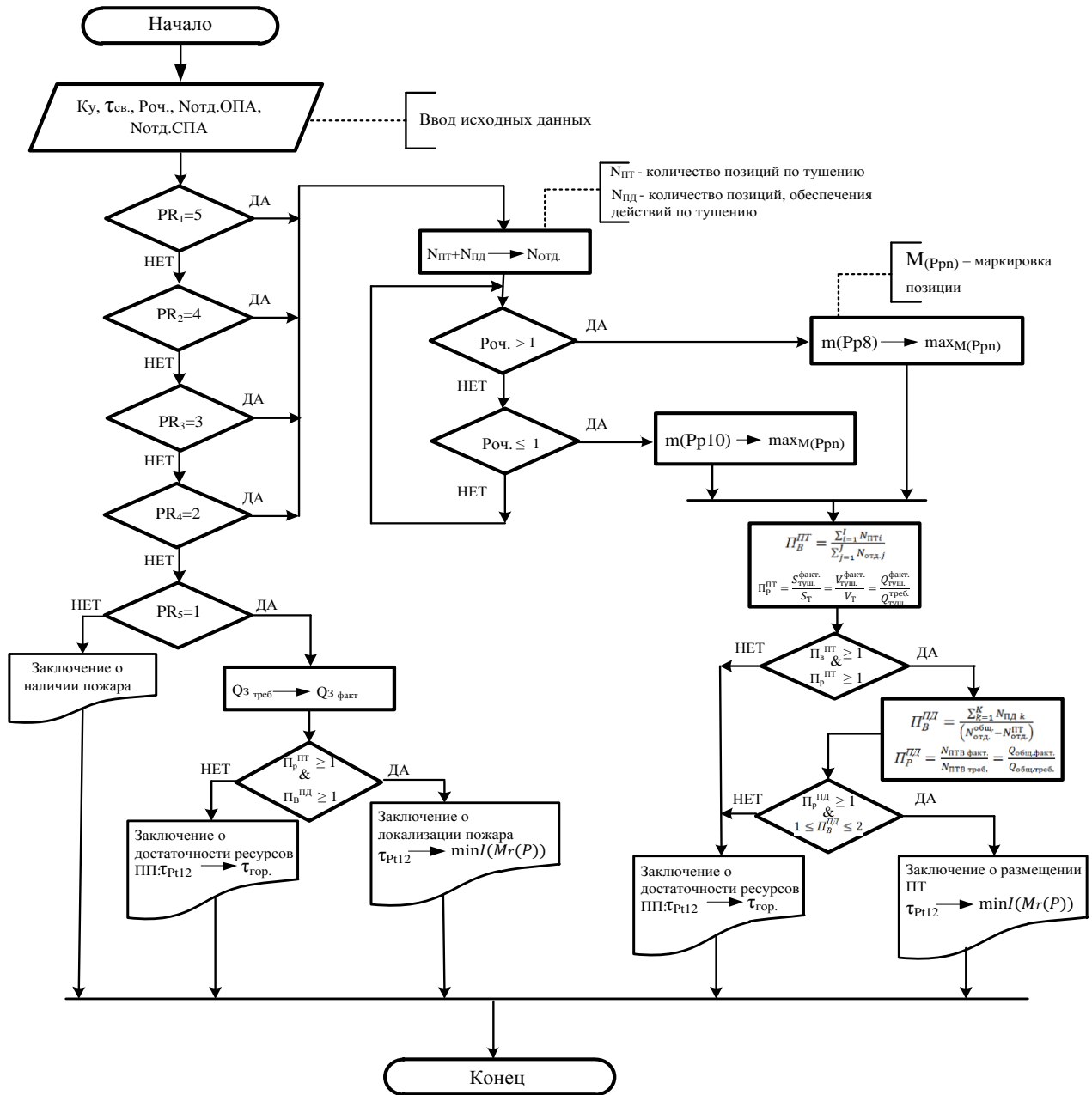


Рисунок 2.18 – Алгоритм перемещения ресурсов подразделений [113]

В ходе программной реализации модели срабатывание составного перехода  $P_{t2}^S$  задается оператором, т. е. лицом, принимающим решения с соблюдением установленного приоритета ( $PR_1^{Pp2} \dots PR_5^{Pp6} : (PR_1^{Pp2}=5, PR_2^{Pp3}=4, PR_3^{Pp4}=3, PR_4^{Pp5}=2, PR_5^{Pp6}=1)$ ).

Время срабатывания составного перехода  $P_{t2}^S$  определяется выбранной схемой развертывания и ее реализацией ресурсами ПП (срабатыванием  $P_{t2}^S$ ), после чего маркеры могут поступать в позиции  $P_{P2}, P_{P3}, P_{P4}, P_{P5}, P_{P6}$ .

Время срабатывания переходов  $P_{t2.1}, P_{t2.2}, P_{t2.3}, P_{t2.4}$  определяется исходя из количества маркеров, поступивших в позиции  $P_{P2}, P_{P3}, P_{P4}, P_{P5}$ , т. е. условиями  $m(P_2) > 0, m(P_3) > 0, m(P_4) > 0, m(P_5) > 0$  и продолжительностью выполнения действий (нормативной или заданной).

При этом временные показатели выполнения действий  $P_{P2.1}, P_{P3.1}, P_{P4.1}, P_{P5.1}$ , установленные эмпирическим путем для одной секции (подъезда) ЗНППУ, соответствуют значениям от 5 до 15 минут в зависимости от количества и состава звеньев ГДЗС (Таблица П.9.1. Приложение №9).

В целях задания исходных параметров имитационного моделирования представим время срабатывания переходов  $P_{t2.1}, P_{t2.2}, P_{t2.3}, P_{t2.4}$  как:

$$m(P_2 \dots P_5) = 0: t(P_{t2.1} \dots P_{t2.4}) = 4,$$

$$m(P_2 \dots P_5) = 1: t(P_{t2.1} \dots P_{t2.4}) = 3,$$

$$m(P_2 \dots P_5) = 2: t(P_{t2.1} \dots P_{t2.4}) = 2,$$

$$m(P_2 \dots P_5) = 3: t(P_{t2.1} \dots P_{t2.4}) = 1,$$

что соответствует результатам натурального эксперимента.

Время срабатывания переходов  $P_{t5.1} \dots P_{t5.4}$  определяется периодом достижения требуемых значений параметров пожаротушения ( $Q_{\text{треб.}}^{\text{туш.}}$  – требуемая подача ОТВ для тушения,  $V_{\text{ПО}}^{\text{треб.}}$  – требуемый объем пенообразователя,  $N_{\text{ств.}}^{\text{треб.}}$  – требуемое количество стволов (средств подачи ОБ),  $N_{\text{л/с}}^{\text{треб.}}$  – требуемое количество личного состава ПП для создания СУ), т. е. поступлением маркеров в позиции ( $P_{P8}, P_{P9}, P_{P10}, P_{P11}$ ).

Правила срабатывания переходов  $P_{t8}, P_{t9}, P_{t10}, P_{t11}$  определяются масштабом распространения пожара (а именно параметрами: площадь пожара ( $S_{\text{п}}$ ), потенциал подверженности распространению ОФП ( $P_{\text{ОФП}}$ ), площадь тушения ( $S_{\text{т}}$ )) и изменяются с его развитием. Указанные правила выражаются через



соотношение требуемой и фактической интенсивностей подачи ОТВ ( $I_{тр.}$  и  $I_{ф.}$ ) и направление дальнейшего перехода маркеров в позиции  $P_{P13}$  или  $P_{P14}$ , заданного приоритетом.

Для этого применяется следующее правило срабатывания переходов:

$$\begin{cases} I_{mp.} \leq I_{ф.} \\ PR^{P_{P13}} = 2 \\ PR^{P_{P14}} = 1 \\ \min I(M_r(P)) \end{cases}, \quad (2.9)$$

где  $PR^{P_{P13}}$  – приоритет перехода маркеров в позицию  $P_{P13}$ ;  $PR^{P_{P14}}$  – приоритет перехода маркеров в позицию  $P_{P14}$

Условие выполнения операций ОТД определяется возможностью создания позиций, способных обеспечивать постоянное воздействие на параметры пожара, что задается требованиями, включающими требования по работе ПТ при ограничении источника ППВ, минимизации ПТ при достижении требуемых параметров работы СУ подразделениями:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \tau_{p1i} = \frac{W_u - \sum_{j=1}^J n_{pj} W_j}{Q} \\ \sum_{i=1}^N \tau_{p1i} \geq (\tau_{сл.2} + \tau_{б.р.2}), \\ I_{P_{oz_i} P_{oz_j}}^{Z_{rk}(\max)} \leq \sum_{i=1}^N \tau_{p1i} \end{cases}, \quad (2.10)$$

где  $\tau_{p1i}$  – время работы позиций по тушению от первого прибывшего ПП без установки на источник ППВ;  $i$  – позиция по тушению;  $N$  – максимальное количество ПТ, созданных первым прибывшим ПП;  $W_u$  – объем цистерны АЦ первого прибывшего ПП;  $n_{pj}$  – количество пожарных рукавов  $j$ -го вида;  $W_j$  – объем пожарного рукава  $j$ -го вида;  $\tau_{сл.2}$  – время следования последующего ПП;  $\tau_{б.р.2}$  – время разворачивания последующего ПП;  $Q$  – подача ОТВ пожарными стволами.

Это определяет фактическое время задержки маркеров в позициях  $P_p$  при работе ПА оперативных отделений ПП на неограниченном источнике ППВ.

Согласно статистическим данным [1-5], более 83 % пожаров потушено силами и средствами ПП в составе от 1 до 4 единиц техники.

Для целей настоящего исследования формализуем алгоритмы позиционно-балансового проектирования для первого прибывшего ПП в составе 3 единиц техники (2 АЦ, 1 АЛ) в полном составе расчетов. Дальнейшее прибытие ПП к месту пожара не моделируется. Распространение пожара составило на момент

прибытия  $100 \text{ м}^2$  на уровне второго этажа и чердака. Форма площади пожара для приводимого примера работы модели не существенна, так как рассматривается процесс исключительно структурообразования СУ. В качестве ближайшего источника ППВ для схематичного представления ПД примем открытый водоем, доступный и расположенный в непосредственной близости к объекту пожара.

Задачами формализации будут:

- поиск максимального распределения меток позиций на путях движения меток, обеспечивающего выполнение основной задачи;
- определение максимальной достижимости переходов с помощью имеющихся СиС и ресурсов ПП.

Алгоритм примем соответствующим ситуации, при которой установлено отсутствие угрозы людям (эвакуация проведена до прибытия или производится из частей здания, в которых отсутствует воздействие ОФП на эвакуируемых людей). Это однозначно задаст приоритет срабатывания перехода  $P_{t2}^S$ .

Рассмотрим последовательность проектирования системы управления ПП.

Прибытие оперативных отделений первого ПП (переход  $P_{t1}$ ) становится активным с момента выезда ПП к месту пожара и срабатывает без задержки по факту прибытия оперативных отделений ПП ( $t(P_{t1}) = 0$ ) (Рисунок 2.19).

Следующим действием прибывших оперативных отделений ПП будет являться оценка параметров развития пожара по данным аналитической и экзогенной разведки ( $P_{P1.1}$ ), в результате которой определяется:

- наличие угрозы людям ввиду распространения ОФП;
- наличие угрозы взрыва или обрушения конструкций;
- уровень (этаж) или место предположительного расположения очага и пути дальнейшего распространения горения;
- решающее направление действий по тушению (Рисунок 2.3) и проведение предварительного развертывания СиС ( $P_{P1}$ ).

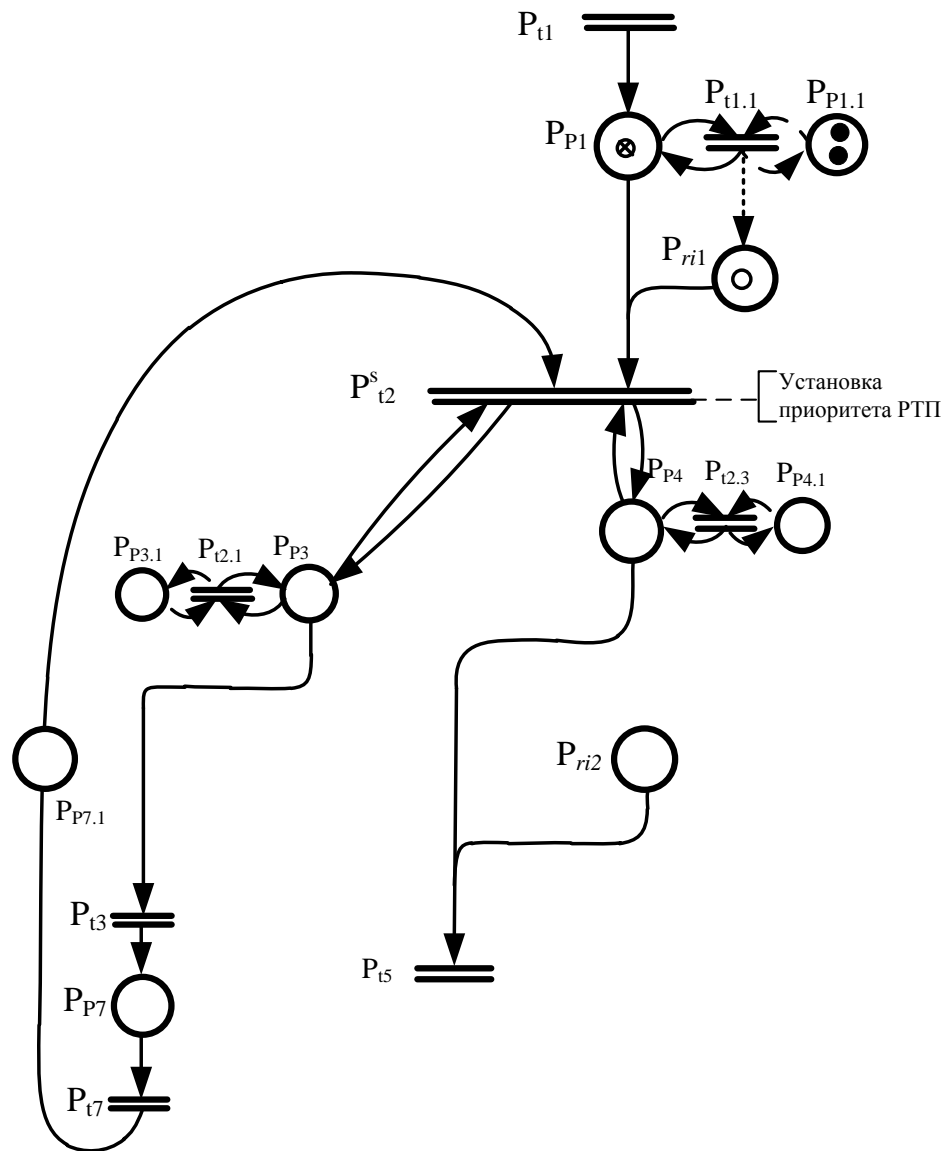


Рисунок 2.19 – Сеть Петри, отображающая процесс ОТД при тушении пожара в ЗНППУ, где  $\bullet$  – маркер ПТ, созданной ресурсами на ОПА;  $\circ$  – маркер информационного ресурса;  $\otimes$  – маркер ПТ, созданной ресурсами СПА

Задержка маркеров в позиции  $P_{P1}$  может быть представлена суммой:

$d(P_{P1}) = t(P_{t1.1}) + d(P_{P1.1})$  всегда больше 0, т. к. время проведения экзогенной разведки и предварительного развертывания СиС всегда составляет значение больше 0. В дальнейшем по условию приоритет срабатывания перехода  $P_{t2}^s$  задан (исключен наивысший приоритет –  $PR_1^{P_{p2}} = 5$ ), время его срабатывания принимаем равным 0, т. к. действий со стороны РТП и СиС не производится.

Прибывшие СиС и ресурсы ПП создают ПТ и ПД, что моделируется появлением маркеров в позиции  $P_{P3}$ .

Задержка маркеров в позиции  $P_{P3}$  устанавливается нормативным временем развертывания отделения на АЦ с установкой на источник ППВ, т. к. отделение на АЦ (в отсутствии перспективы прибытия последующих ПП) должно создать ПД в обязательном порядке. Невыполнение данного действия исключает создание ПТ (не обеспечивается бесперебойная подача ОВ, позиции ствольщиков (звена ГДЗС) могут остаться без ОВ), что, как следствие, приведет к недостижимости последующих переходов. То есть  $d(P_{P3}) = d(P_{P3.1}) + t(P_{t2.1})$  (Рисунок 2.20).

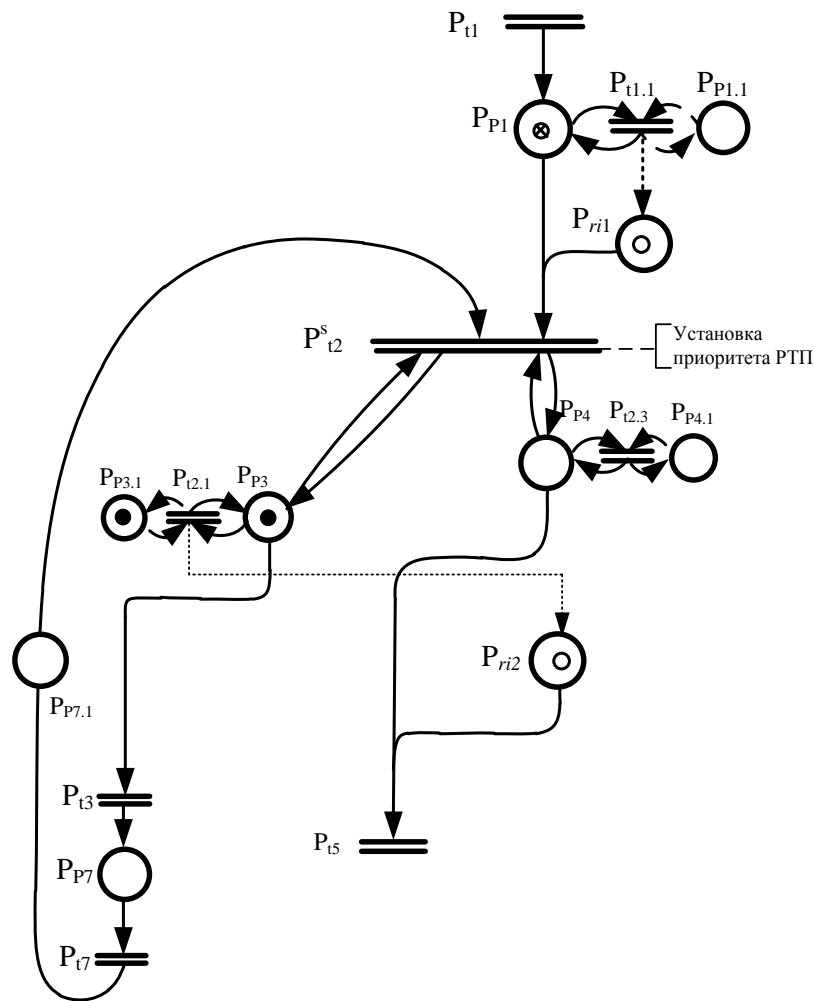


Рисунок 2.20 – Сеть Петри, отображающая процесс ОТД при тушении пожара в ЗНППУ

При появлении маркеров в позиции  $P_{P3}$  становится возбужденным переход  $P_{t3}$ , который срабатывает при условии маркировки:

$$\begin{cases} m(P_{P3}) > 0 \\ m(P_{ri2}) > 0 \end{cases}$$

Маркер информационного источника появляется в позиции  $P_{ri2}$  при срабатывании  $P_{t2.1}$ .

Схема развертывания для приведенных условий (без учета расстояний, ТТХ АЦ и характеристик прибора подачи ОВ) будет следующей (Рисунок 2.21).

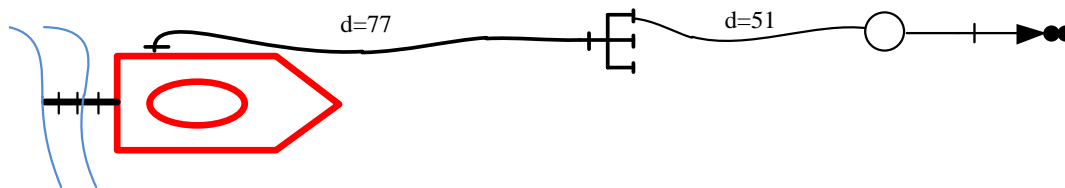


Рисунок 2.21 – Схема развертывания ПП при создании 1 ПТ

В дальнейшем переход  $P_{t3}$  срабатывает без задержки ( $t(P_{t3}) = 0$ ). Если установлена угроза взрыва (обрушения конструкций), которая может быть ликвидирована СиС и ресурсами ПП, задержка маркера в  $P_{P7}$  принимается 1, если угроза не может быть ликвидирована (например, образовался существенный прогар либо наблюдается обрушение конструкций кровли), СиС и ресурсы перемещаются на безопасную позицию. При создании ПТ, способной ликвидировать указанные угрозы, переход  $P_{t7}$  становится возбужденным и срабатывает с ( $t(P_{t7}) = 0$ ). Задержка маркеров в позиции  $P_{P7.1}$  также не происходит, т. к. у ПТ меняется целеполагание по следующему приоритету перехода  $P_{t2}^S$ . Маркеры поступают в  $P_{P4}$ , т. е. ( $m(P_{P4}) > 0$ ), переход  $P_{t5}$  становится возбужденным и срабатывает с ( $t(P_{t5}) = 0$ ).

Известно, что к месту вызова прибыло 1 отделение на АЦ и 1 отделение на АЛ. При создании ПТ и ПД РТП должен исходить из максимальной реализации тактических возможностей отделений.

Если в целях внутреннего пожаротушения создана 1 ПТ (звено ГДЗС со средством подачи ОВ), то считаем, что количественный критерий тактического

потенциала составил  $П_{В}^{ПТ} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{ПТ}}{\sum_{i=2}^n N_{отд.}} = \frac{1}{1} = 1$ , качественный критерий,

выраженный отношением  $П_{Р}^{ПТ} = \frac{I_{\phi}^{туш.}}{I_{mp.}}$ , будет зависеть от средства подачи ОВ, но

по условию примера, очевидно, будет меньше 1, т. к. одна ПТ не обеспечит требуемой интенсивности тушения одновременно на уровне 2-х этажей, на которых развивается пожар.

Для обеспечения ПТ РТП должен создать ПД, которая обеспечит постоянную работу созданной ПТ, при этом этой ПД является та же единственная АЦ.

Количественный критерий ПД определяется с учетом создания ПТ

$$P_{\text{В}}^{\text{ПД}} = \sum_{i=1}^m N_{\text{ПД}} / (N_{\text{отд.}}^{\text{общ.}} - N_{\text{отд.}}^{\text{ПТ}}) = \frac{1}{2-0} = 0,5.$$

При этом 1 единица пожарной техники (АЛ) является пассивной ПД, т. к. не применяется (Рисунок 2.22).

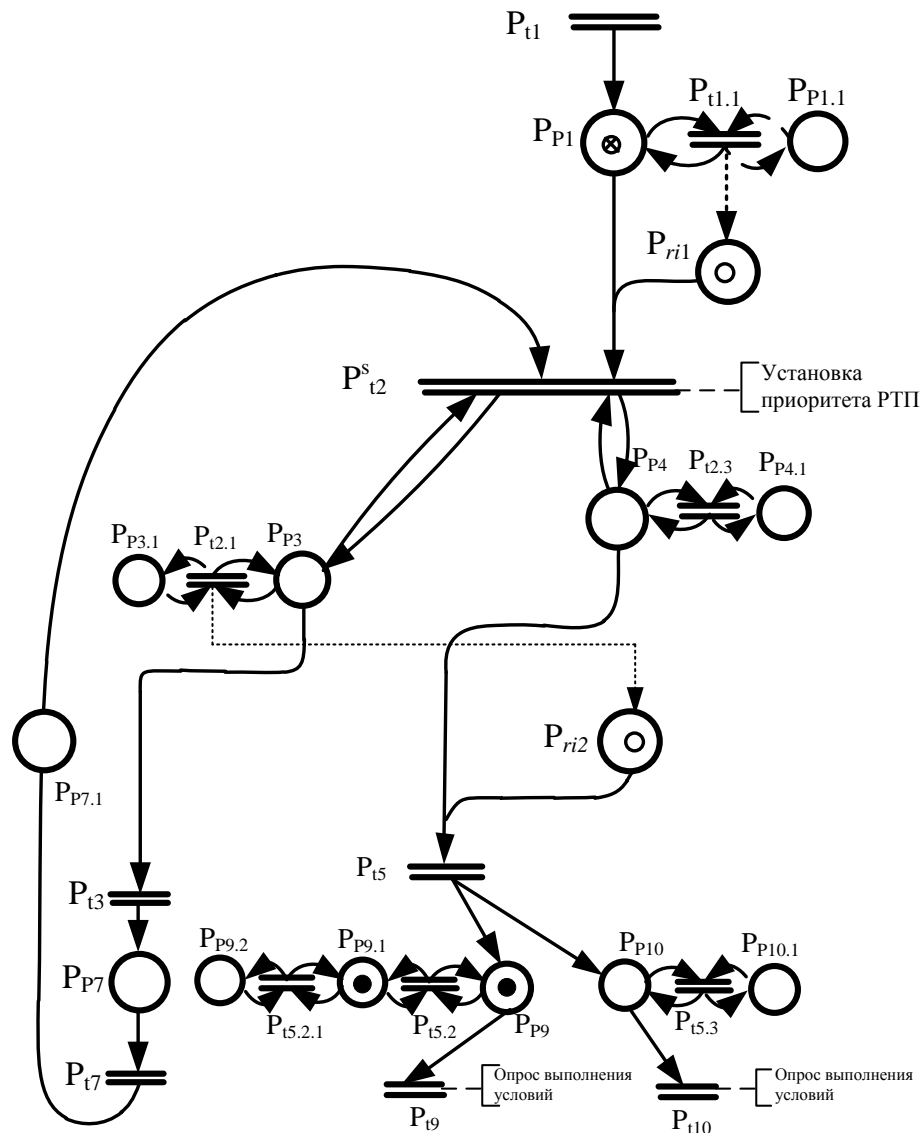


Рисунок 2.22 - Завершающий этап имитационного моделирования

При наличии только 1 ПТ (звено ГДЗС) маркер данной ПТ перемещается в позицию  $P_{P9}$ , что, исходя из условий, показывает невозможность локализации пожара (недостижимость переходов  $P_{t9}$ ,  $P_{t10}$ ) (Рисунок 2.22):

- для перехода  $P_{t9}$  – отсутствие маркеров  $m(P_{P9.1}) = 0, m(P_{P9.2}) = 0$ ;
- для перехода  $P_{t10}$  – не выполняется условие  $I_{mp.} \leq I_{\phi}$ , отсутствие маркеров  $m(P_{P10}) = 0$ .

На данном этапе построения СУ заключаем о недостаточности СиС и ресурсов ПП на месте пожара.

При этом на месте пожара имеется 1 пассивная ПД – АЛ. Применение данной техники в вышеописанной модели создания СУ в качестве ПТ позволит дополнить маркировку сети 1 ПТ в позиции  $P_{P10}$ .

В этом случае  $\Pi_B^{ПТ}$  составит 2,  $\Pi_B^{ПД}$  составит 1 (Рисунок 2.23).

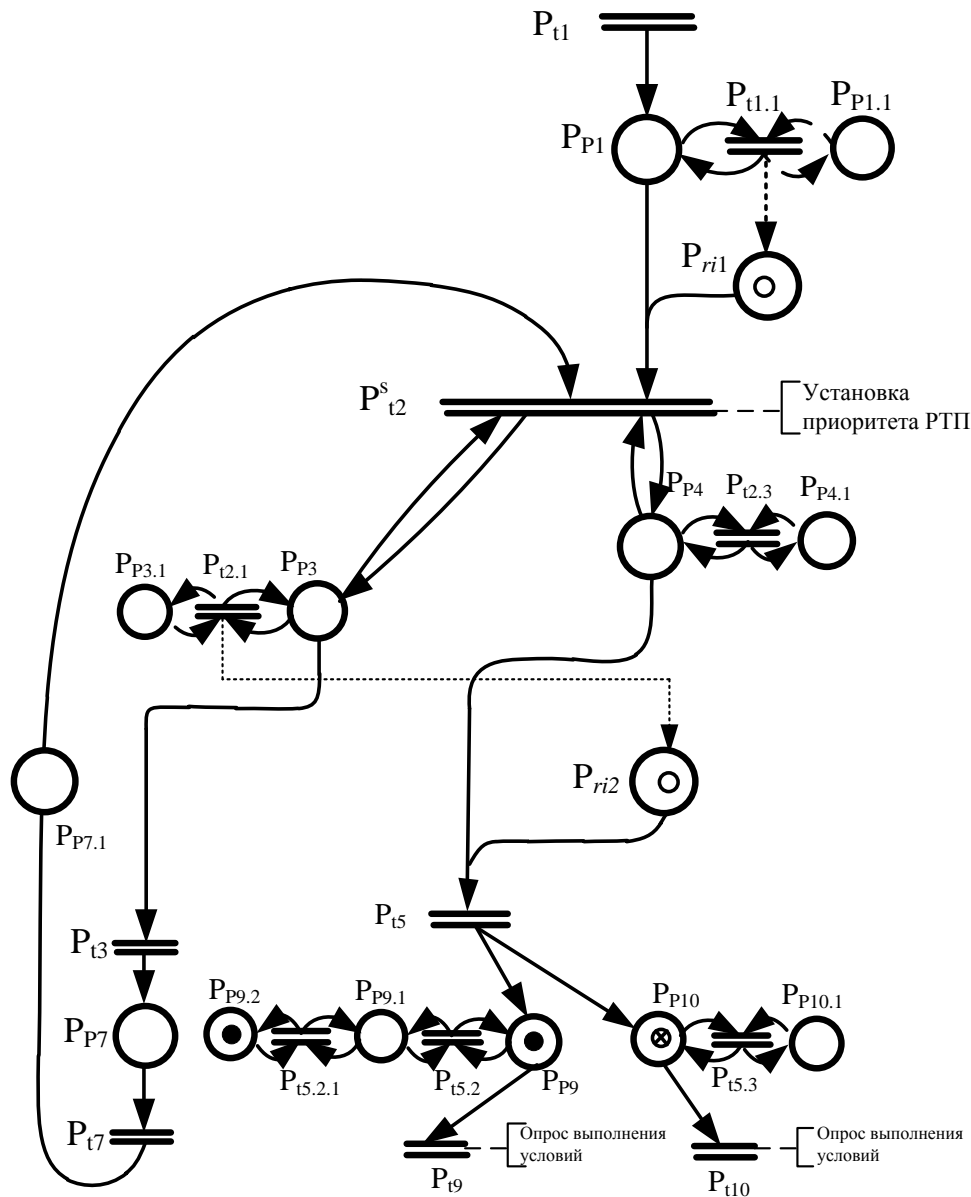


Рисунок 2.23 - Окончательная маркировка

Смоделированная сеть в среде Petri .NET Simulator 2.0 с этапа завершения разведки пожара и получения РТП объективной информации об обстановке на объекте пожара [137] (Рисунок 2.24) позволяет заключить о достижимости переходов.

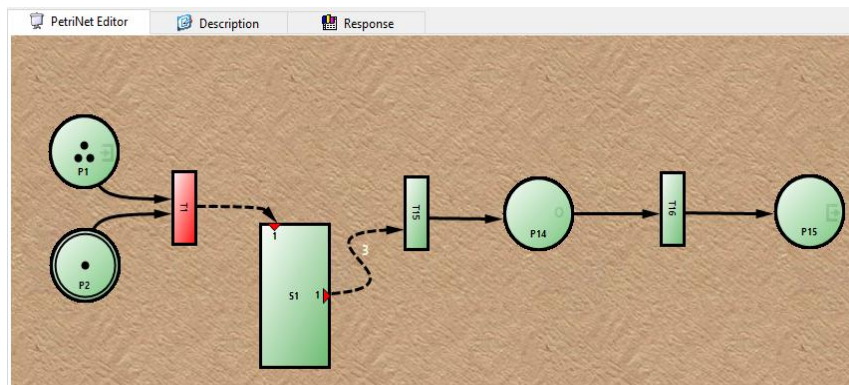


Рисунок 2.24 – Сегмент сети, моделирующий перемещение ресурсов ПП [137]

В представленном сегменте сети позиции [137]:  $P_1$  – 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 ПТО и возвращение к месту дислокации.

Переходы в сети [137]:  $T_1$  – 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 (Рисунки 2.25, 2.26), моделирующие перемещение ресурсов ПП (создание позиций по тушению пожара) на этажах здания ( $P_5 - P_{13}$ ).

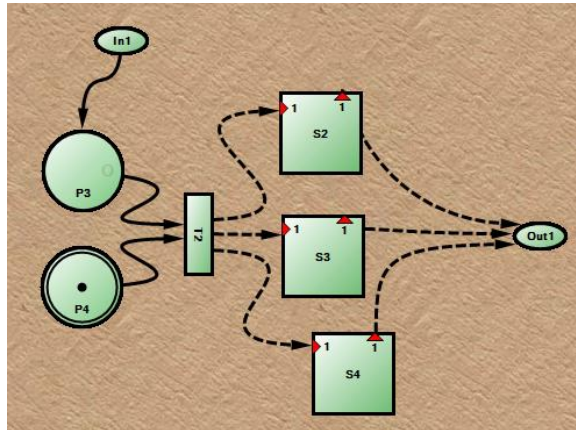


Рисунок 2.25 – Структура блока подсистемы  $S_1$  [137]

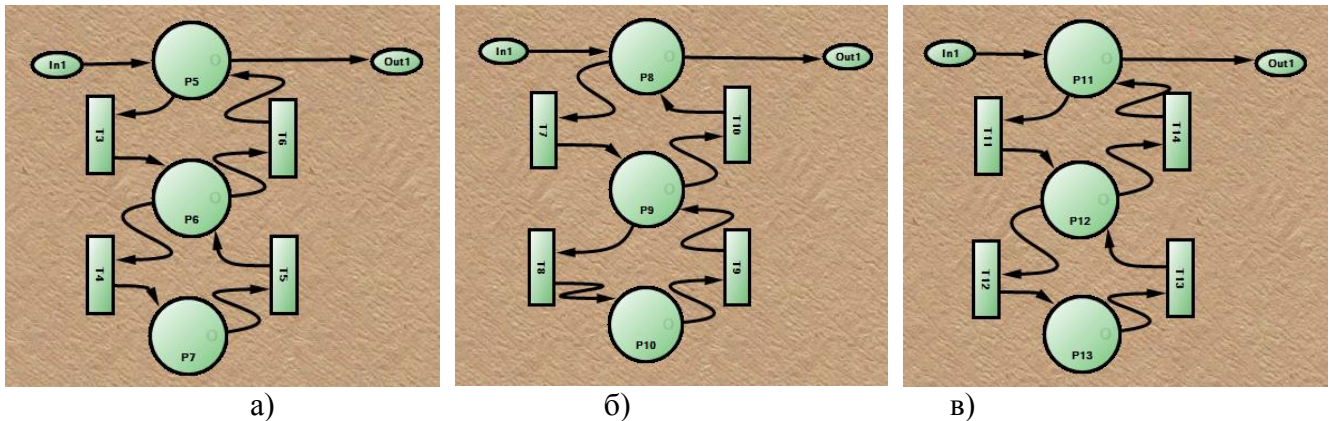


Рисунок 2.26 – Подструктура блоков  $S_2$  (а),  $S_3$  (б),  $S_4$  (в) в составе  $S_1$  [137]

Сеть после эмуляции будет представлена следующей структурой (Рисунок 2.27).

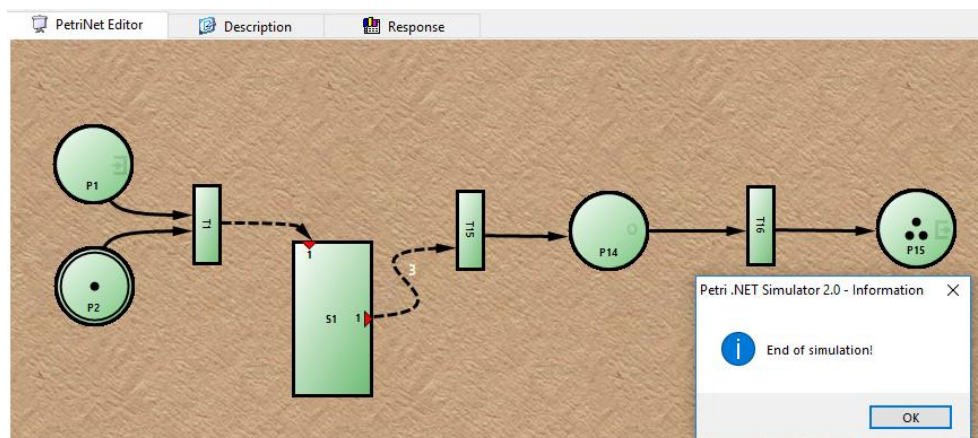


Рисунок 2.27 – Окончательная маркировка сети после эмуляции [137]

При условии недостаточности ресурсов ПП на месте пожара для создания соответствующих позиций по тушению на этажах объекта пожара достижение позиции  $P_{14}$  (Рисунок 2.13) будет не возможным, окончательная маркировка будет недостижима.

Схема развертывания при этом (без учета расстояний, ТТХ АЦ и характеристик прибора подачи ОВ) будет следующей (Рисунок 2.28).

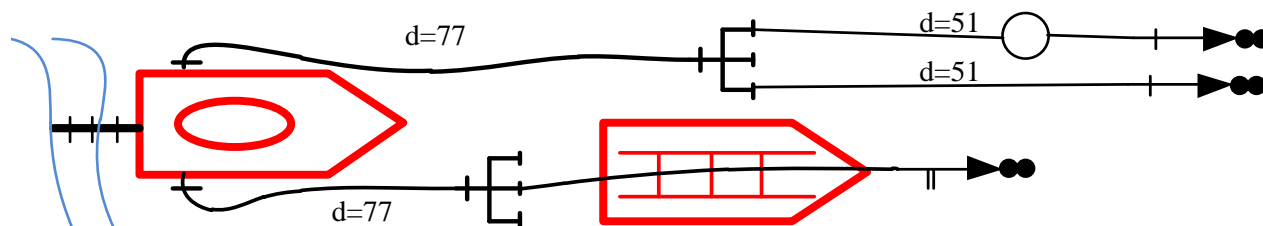


Рисунок 2.28 – Схема развертывания ПП при создании 3 ПТ

В связи с этим сделаем вывод о полной реализации тактических возможностей прибывших отделений, при этом для срабатывания переходов  $P_{t9}$ ,  $P_{t10}$  необходима проверка выполнения условий  $I_{mp.} \leq I_{\phi}$  и  $m(P_{P9.2}) = 0$ .

В результате реализации алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления ПП установлено повышение тактического потенциала ( $\Pi_B^{ПТ}$ ,  $\Pi_B^{ПД}$ ) оперативных отделений ПП. При этом качественная составляющая ( $\Pi_P^{ПТ}$ ,  $\Pi_P^{ПД}$ ) оценивается с учетом параметров развития фактического или расчетного пожара. Приведенная схема является концептуальной, не имеет конкретной привязки к объекту пожара, имеющимся источникам наружного противопожарного водоснабжения, характеристикам пожарной техники и пожарно-технического оборудования.

Рассмотрим исходные данные и полученные результаты системообразующих элементов путем решения задачи линейного программирования.

От отделения на АЦ максимально возможно создать 4 ПТ и 1 ПД, от АЛ возможно создать 1 ПТ. В целях объективности оценки веса позиций ПД будет представлять собою 1 ПТ, обеспеченную работой АЦ рассматриваемого

отделения, что можно дефрагментировать в решении на чистые составляющие (ПТ и ПД).

В каком составе необходимо распределить ресурсы 3 отделений (2 АЦ, 1 АЛ) на позициях (ПТ и ПД), если дано:

в составе отделений 12 человек личного состава (на АЦ – 5 человек, на АЛ – 2 человека);

от приведенного состава пожарной техники усреднено можно обеспечить работу 3 ПТ (4 ПТ от АЦ, 1 ПТ от АЛ), 2 ПД (только от АЦ);

ограничением по личному составу будет участие 2 человек на ПТ и 4 человек на ПД;

вес одной ПТ – 0,5 (по оценке количественного критерия тактического потенциала отделения), одной ПД – 1,0.

Обозначим  $X_1$  – число ПТ,  $X_2$  – число ПД.

Обязательное условие существования системы:  $X_1 \geq 0; X_2 \geq 0$

Задача распределения ресурсов имеет вид:

$$0,5X_1 + 1,0X_2 \rightarrow \max \quad (2.11)$$

$$2X_1 + 4X_2 \leq 12 \quad (2.12)$$

$$0,33X_1 + 1,33X_2 \leq 3 \quad (2.13)$$

В формуле 2.11 выписана целевая функция, ее требуется максимизировать, выбирая оптимальные значения переменных  $X_1$  и  $X_2$ . При этом должны быть выполнены ограничения по личному составу (2.12) и пожарным автомобилям (2.13).

Условия задачи можно изобразить на координатной плоскости.

Будем по горизонтальной оси абсцисс откладывать значения  $X_1$ , а по вертикальной оси ординат – значения  $X_2$ .

Тогда ограничения по личному составу и последние две строчки оптимизационной задачи выделяют возможные значения  $(X_1, X_2)$  числа позиций в виде треугольника (Рисунок 2.29).

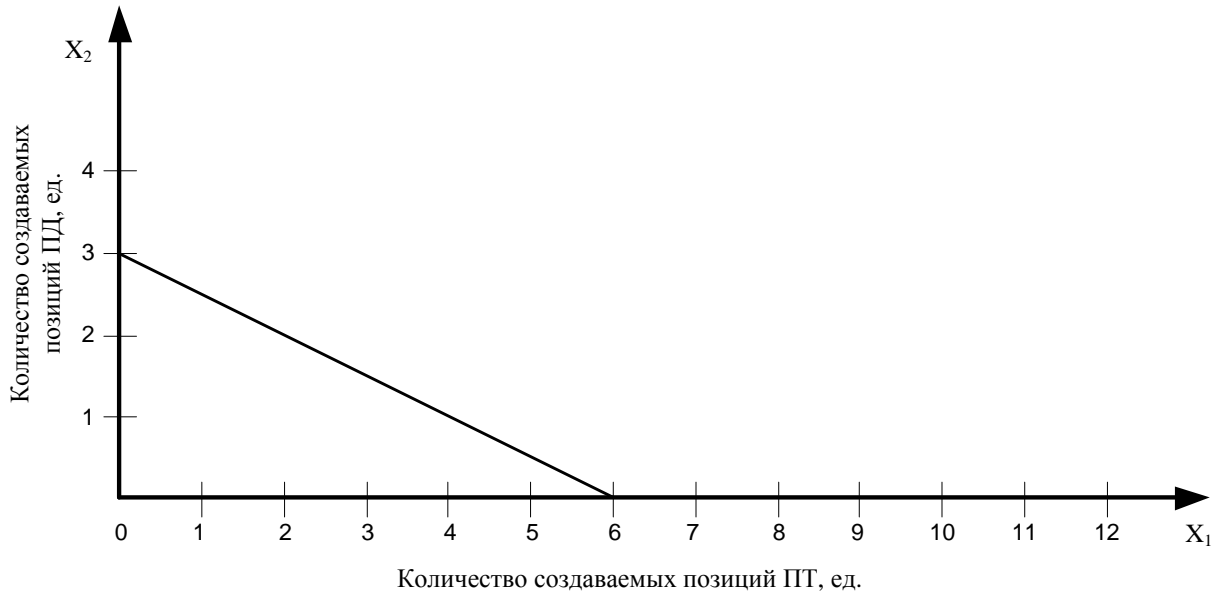


Рисунок 2.29 – Графическая интерпретация ограничения по личному составу

Аналогичным образом отобразим и ограничения по пожарным автомобилям (Рисунок 2.30).

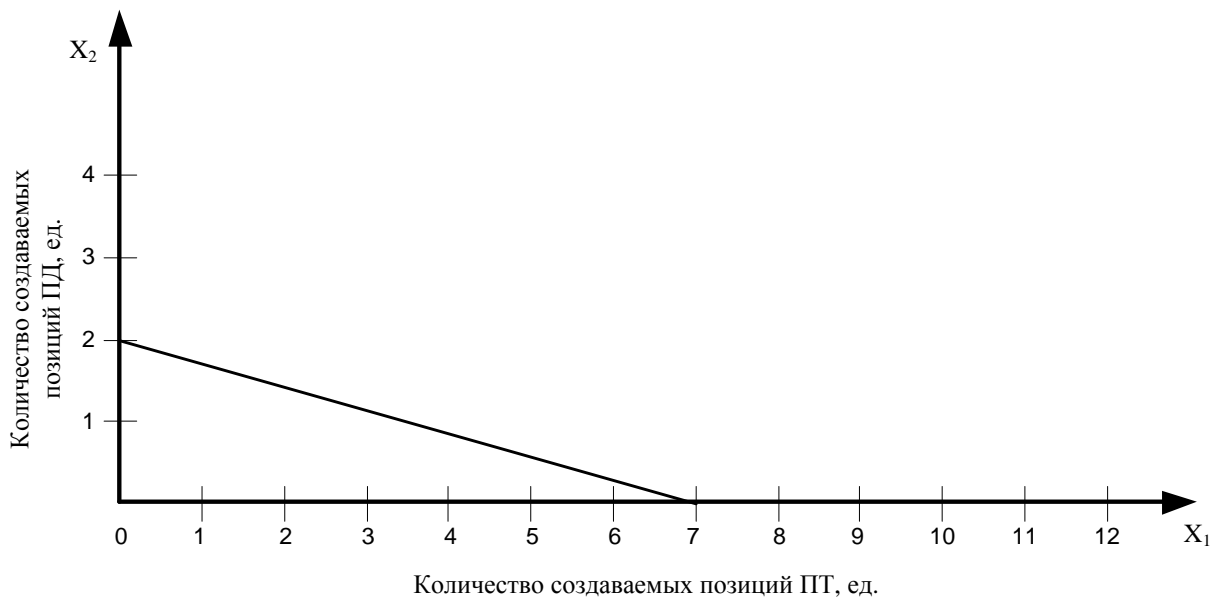


Рисунок 2.30 – Графическая интерпретация ограничения по ПА

Совместив рисунок 2.29 и рисунок 2.30, получим область возможных решений, а затем оценим, какие значения принимает целевая функция на этом множестве (Рисунок 2.31).

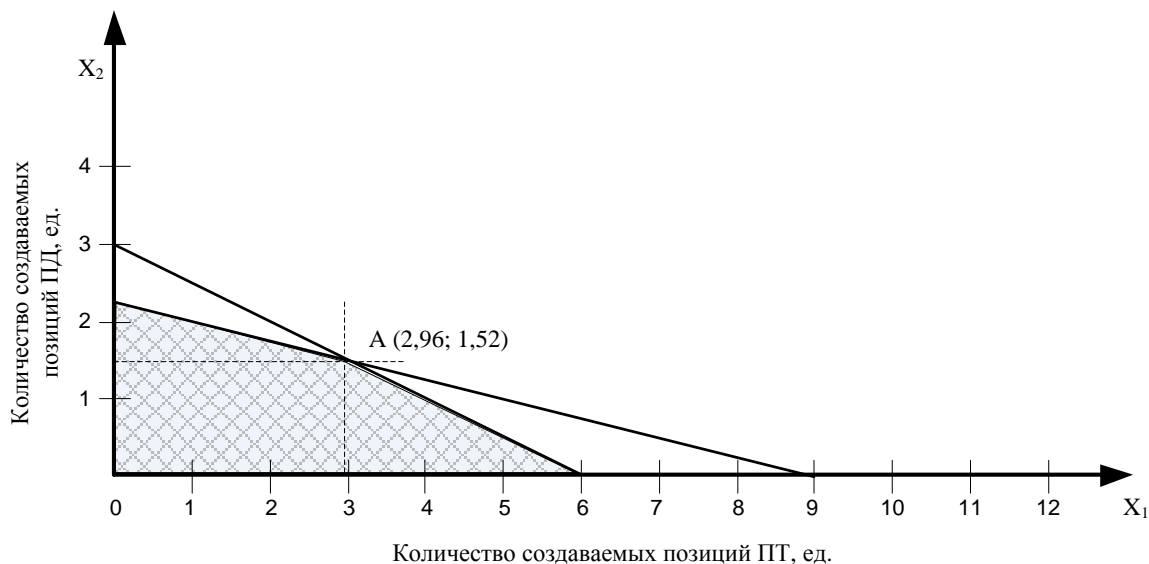


Рисунок 2.31 – Графическая интерпретация решения задачи

Точка А это пересечение двух прямых – границ треугольников на рисунке 2.29 и рисунке 2.30, что является решением системы уравнений:

$$\begin{cases} 2X_1 + 4X_2 = 12 \\ 0,33X_1 + 1,33X_2 = 3 \end{cases}$$

Из второго уравнения  $0,33X_1 + 1,33X_2 = 3$  представим  $X_1 = 9,09 - 4,03X_2$ .

Подставим  $X_1$  во второе уравнение  $2X_1 + 4X_2 = 12$ . Получим  $2(9,09 - 4,03X_2) + 4X_2 = 12$ , откуда  $X_2 = 1,52$ . Определим  $X_1$  исходя из полученного значения  $X_1 = 9,09 - 4,03 \times 1,52 = 2,96$ .

Таким образом, выбирая вариант распределения, необходимо исходить из условия того, что позиции являются целыми числами, в этом случае представляются возможными 2 варианта.

Вариант распределения №1:

$$X_1 = 2; X_2 = 2$$

В данном варианте задействуется 12 человек личного состава и все ПА для создания позиций ПТ и ПД.

Вариант распределения №2:

$$X_1 = 3; X_2 = 1$$

В данном варианте задействуется 10 человек личного состава и 1 АЦ и 1 АЛ для создания позиций ПТ и ПД.

Значение тактического потенциала по варианту №1 выше, поскольку на создание позиций задействовано максимальное количество ресурсов. Вес позиций системы по варианту №1 составляет 4 единицы, по варианту №2 составляет 3 единицы.

Задавая дополнительные ограничения по личному составу, например работа звеньев ГДЗС с постами безопасности, представленный вариант распределения ограничится 3 ПТ без снижения числа ПД, что будет соответствовать рисунку 2.28.

### 2.3. Выводы по Главе 2

По результатам анализа СУ подразделениями, созданным при тушении произошедших крупных пожаров в ЗНППУ:

1) разработана общая структурно-функциональная модель развития СУ в ходе процесса пожаротушения, позволяющая выделить управляющую и управляемую подсистемы СУ и рассматривать управляемую подсистему как совокупность позиций по тушению пожара и позиций, обеспечивающих деятельность по тушению;

2) формализован алгоритм выбора РТП решающего направления действий ПП при тушении пожара;

3) формализована модель организации СУ подразделениями на начальном этапе пожаротушения в виде сети Петри, включающая в себя набор подсетей, каждая из которых описывает динамику отдельного подпроцесса возникновения, развития и ликвидации пожара;

4) в ходе математического моделирования пожара в ЗНППУ построена модель возникновения и распространения ОФП в помещениях объекта пожара;

5) предложен и обоснован способ зонирования объекта пожара на зоны, доступные для создания позиций по тушению, отличающихся высоким качественным показателем тактического потенциала, и исследованы временные параметры развития зон недоступности, выявлены зоны объекта пожара, наиболее

подверженные распространению пожара и его ОФП;

б) приведен способ применения модели организации СУ подразделениями в виде алгоритмического рассмотрения ОТД оперативных отделений на пожаре в ЗНППУ в составе 3-х отделений (на основных и специальном пожарных автомобилях);

7) проверена правильность распределения ресурсов методом линейного программирования.

### Глава 3. Аналитическое обоснование модели организации и алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями при тушении пожаров

Тушение пожаров в ЗНППУ производится СУ подразделениями, имеющими разделение на управляющую и управляемую подсистемы, при этом управляемая подсистема представляет собой совокупность задействованных СиС и ресурсов, зачастую распределенных по участкам тушения пожара (Рисунок 1.9).

Позиции по тушению в СУ подразделениями на исследованных пожарах рассматриваются непосредственно на объекте пожара, при этом вся управляемая подсистема подразумевается как набор ПТ и ПД. Неоднократно в ряде СУ применялись способы расширения тактических возможностей оперативных отделений ПП путем применения СПА в качестве ПТ. Наиболее характерным являлось активное применение СПА, а также приспособленной техники для подачи ОТВ в зону горения и вскрытия конструкций горящего здания, создания ПТ на начальном этапе пожаротушения (Рисунок 3.1).



а)



б)

Рисунок 3.1 – Фрагмент процесса пожаротушения в здании брусчатой конструкции с применением специальной и приспособленной техники (г. Ханты-Мансийск, 2012 год), где а) работа личного состава ПП со стационарным лафетным пожарным стволом в люльке СПА; б) работа личного состава ПП с ручным пожарным стволом в люльке СПА



Возможность подачи ОТВ при этом реализуется одним из нижеприведенных способов:

1) работа личного состава ПП с ручным пожарным стволом в люльке (лифте) СПА (на подъемной стреле) (Рисунок 3.1, б);

2) работа личного состава ПП со стационарным пожарным стволом в люльке СПА (Рисунок 3.1, а);

3) работа стационарного пожарного ствола, дистанционно управляемого оператором с пульта пожарного автомобиля (Рисунок 3.2);

4) работа стационарного пожарного ствола (стволов), управляемого путем перемещения лестницы, коленчатой и (или) телескопической подъемной стрелы (Рисунок 3.3);

5) работа стационарного пожарного ствола (стволов), управляемого личным составом с применением тяговых устройств (Рисунок 3.4).

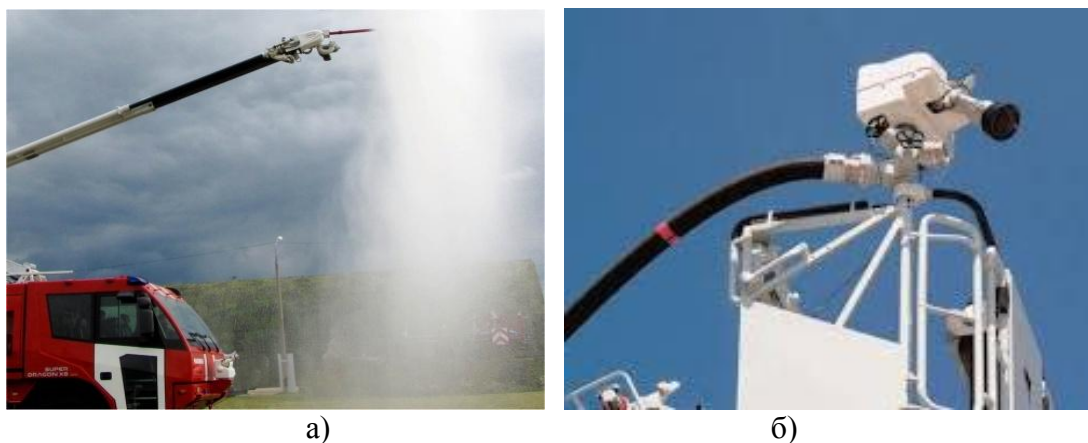


Рисунок 3.2 – Дистанционно управляемые приборы подачи огнетушащих веществ, где а) без люльки СПА; б) из люльки СПА



Рисунок 3.3 – Фрагмент процесса тушения пожара в здании сборно-щитовой конструкции серии «БАМ» с применением АЛ-30 для подачи ОТВ в зону горения (г. Ноябрьск, 2008 год)

Реализацией вышеописанной позиции по тушению пожара РТП упрощают процесс применения средств подачи ОТВ в зоне повышенной (для человека) опасности, минимизируя (или вообще исключая) его непосредственное участие в работе со средством подачи ОТВ [81, 114]. За исключением 1-го и 2-го перечисленных способов реализации ПТ, личный состав привлекается на стадии подготовки ПТ через органы управления пожарной техники в процессе функционирования ПТ и на стадии ее вывода из зоны применения на объекте пожара.

Но в случае применения 1-го и 2-го способов позиции по тушению являются источником информации для РТП (из множества  $\{J_{ад}^C, J_{\bar{ад}}^C\}$ ), что не реализуемо при иных способах ввода средств подачи ОВ.



Рисунок 3.4 – Фрагмент ПТУ (Нижневартовский район, 2007 год)

Процесс управления подразделениями, несмотря на предварительное планирование действий и систему подготовки личного состава, протекает в заранее неопределенных условиях и может сопровождаться случайными ошибками в оценке параметров пожара, получении и выполнении команд, передаче информации [138-140].

Для рационального распределения позиций по ведению ОТД, с учетом выбранного направления действий по тушению пожара, необходимо применять модель организации системы управления ПП (Рисунок 2.20) с учетом возникновения ОФП, представляющих угрозу позициям и размещенным на них силам, ресурсам.

При этом, безусловно, следует считать, что создание ПТ по поиску возможных пострадавших в условиях отсутствия абсолютно достоверных

источников информации об объекте ( $J_{ад}^C$ ) обязательно, ввиду достаточно высокой вероятности нахождения пострадавших на рассматриваемых объектах пожара (0,1656 ... 0,1723) [1-5].

Для анализа произошедшего пожара [140] применим модель организации системы управления ПП для проверки процесса структурирования системы, определения достижимости управляющих переходов.

### **3.1. Расчетно-аналитическая проверка системы управления подразделениями при пожаротушении в здании низкой устойчивости при пожаре**

03.09.2007 года в 23 часа 23 минуты на ЦППС от очевидцев поступило сообщение о пожаре по адресу: г. Ноябрьск, ул. Советская, д. 28.

Со слов заявителя, на момент обнаружения пожара наблюдалось открытое горение второго подъезда, люди проживают только в первом подъезде.

В 23 часа 24 минуты диспетчером ЦППС к месту вызова были высланы СиС по рангу пожара «Вызов № 2», направлена СПТ, о пожаре сообщено начальствующему составу ПСГ. Одновременно диспетчером ЦППС к месту пожара вызваны городские службы жизнеобеспечения. При подтверждении с места вызова от РТП ранга пожара «Вызов № 2» объявлен сбор личного состава, свободного от несения службы.

В 23 часа 26 минут оперативный дежурный ПСГ (начальник дежурной смены СПТ) в пути следования отдает распоряжение командиру первого оперативного отделения ПЧ-63 звеном ГДЗС организовать подачу ствола РСКЗ-70 [141, 142] на тушение лестничной клетки второго подъезда здания с одновременным проведением разведки на путях эвакуации в целях обнаружения возможных пострадавших; командиру второго отделения ПЧ-63 звеном ГДЗС организовать подачу ствола РСКЗ-70 на тушение чердачного помещения здания.

В 23 часа 27 минут к месту вызова прибывает дежурный караул ПЧ-63 в составе 5 оперативных отделений: 3 АЦ, 1 АЛ-30, 1 АА-60, в количестве 12

человек личного состава ( $N_{отд.}^{осн.} = 4$ ,  $N_{отд.}^{спец.} = 1$ ). Переход  $P_{t1}$  становится активным с момента выезда ПП к месту пожара и срабатывает по факту прибытия оперативных отделений ( $t(P_{t1}) = 0$ ).

Одновременно к месту вызова прибывает дежурная смена СПТ в составе: начальника дежурной смены СПТ (РТП-1), помощника начальника дежурной смены СПТ.

$$\tau_{св.} = \tau_{д.с.}^{факт.} + \tau_{сб.}^{факт.} + \tau_{сл.}^{факт.} + \tau_{б.р.}^{факт.} = 6 + 1 + 3 + 4 = 14 \text{ мин.}$$

На момент прибытия РТП-1 к месту пожара обстановка складывалась следующим образом:

- с балкона квартиры № 15 самостоятельно выпрыгнул мужчина, происходило интенсивное горение внутренней лестницы второго подъезда здания с выходом горения через оконные и дверной проемы наружу;
- огонь распространялся на квартиры первого и второго этажа и в чердачное помещение, наблюдалось сильное задымление.

Общая площадь горения составляла ориентировочно  $500 \text{ м}^2$  (на первом этаже –  $100 \text{ м}^2$ , на 2 этаже и в чердачном помещении –  $200 \text{ м}^2$ ). Существовала угроза распространения пожара на соседний жилой подъезд (приведенная обстановка соответствует результатам моделирования по сценариям первоначального возникновения горения на 1 этаже или лестничной клетке).

Расчетный путь, пройденный огнем, составил (Рисунки 3.5-3.7):

$$L = 5 \times V_{л} + V_{л} \times \tau_2 = 5 \times 2 + 2 \times 4 = 18 \text{ м}$$

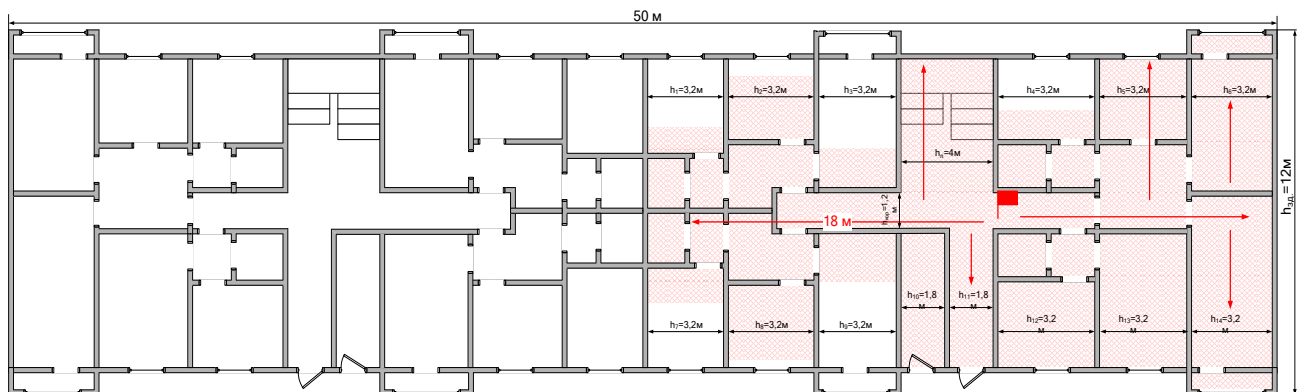


Рисунок 3.5 – Развитие пожара на момент подачи 1-го ствола на 1-м этаже

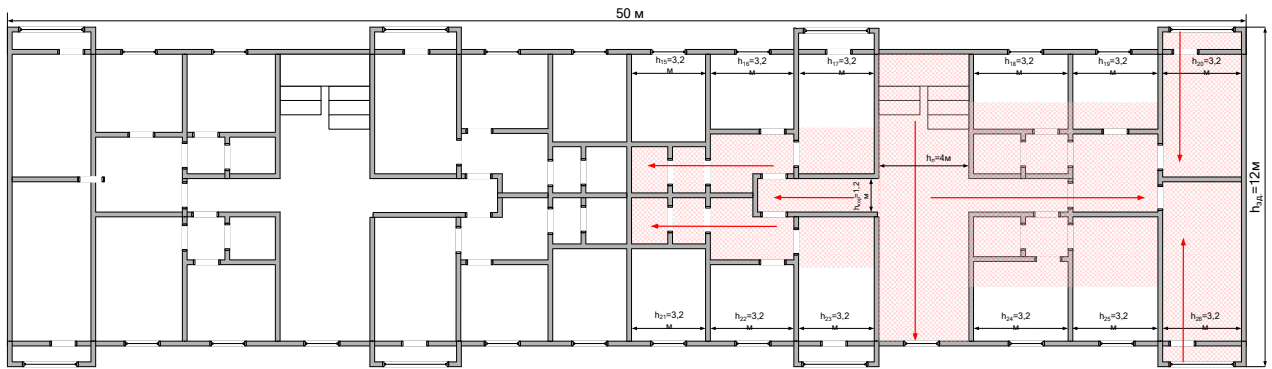


Рисунок 3.6 – Развитие пожара на момент подачи 1-го ствола на 2-м этаже

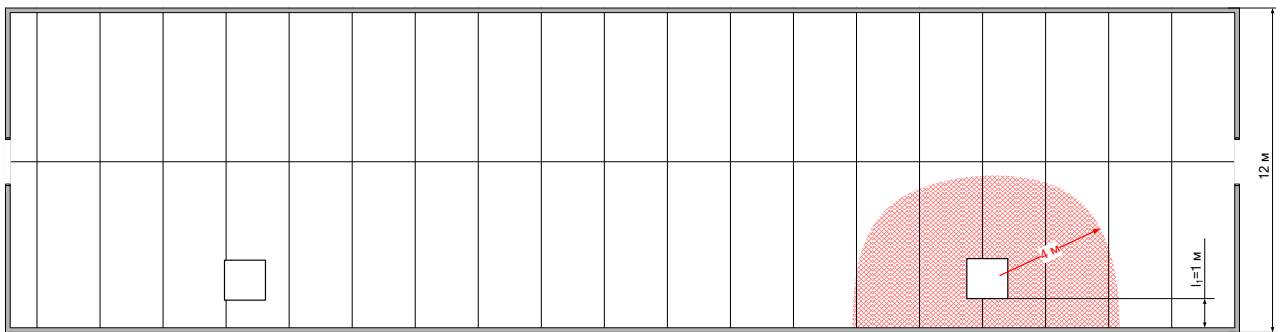


Рисунок 3.7 – Развитие пожара на момент подачи 1-го ствола в чердачном пространстве

Расчетная площадь пожара на момент подачи первого ствола имела сложную форму (расчетный путь, пройденный огнем ( $L = 18$  м), превышает ширину здания  $a = 12$  м), состояла из суммы площадей пожара на этажах здания:

$$S_{\Pi} = S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}} + S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}} + S_{\Pi}^{\text{ч}} = 212 + 180 + 33 = 425 \text{ м}^2,$$

где  $S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}}$  – расчетная площадь пожара на 1-м этаже объекта пожара;  $S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}}$  – расчетная площадь пожара на 2-м этаже объекта пожара;  $S_{\Pi}^{\text{ч}}$  – расчетная площадь пожара в чердачном пространстве объекта пожара.

Соответственно  $S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}}$ ,  $S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}}$ ,  $S_{\Pi}^{\text{ч}}$  определяются как:

$$S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}} = \sum S_{\Pi}^{\text{ном.1эт.}} = 212 \text{ м}^2;$$

$$S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}} = \sum S_{\Pi}^{\text{ном.2эт.}} = 180 \text{ м}^2;$$

$$S_{\Pi}^{\text{ч}} = \left( \frac{\pi R^2}{2} \right) + 2R \cdot l_1 = \left( \frac{3,14 \cdot 4^2}{2} \right) + 8 \cdot 1 = 33 \text{ м}^2.$$

РТП-1 подтвердил ранг пожара («Вызов № 2») и сбор личного состава, свободного от несения службы, отдал распоряжение диспетчеру ЦППС о направлении к месту вызова служб жизнеобеспечения и об организации отключения электроснабжения в районе пожара, произвел расстановку техники и подтвердил ранее поставленные задачи первому и второму отделению ПЧ-63.

ПНК ПЧ-63 звеном ГДЗС организовал подачу ствола РСКЗ-70 в горящий подъезд на путях эвакуации с целью проведения разведки и отыскания возможных пострадавших, однако, звену ГДЗС пройти во внутреннюю лестницу второго подъезда не удалось из-за высокой температуры и образовавшихся прогаров. В связи с этим РТП-1 принимает решение передислоцировать данное звено ГДЗС с задачей подачи ствола РСКЗ-70 через окно в горящую квартиру № 13 на втором этаже слева от подъезда.

Личным составом первого отделения ПЧ-63 подан ствол РСК-50 на тушение горящего подъезда снаружи:

$$N_{\text{ПТ}} = 2.$$

СиС провели предварительное и полное развертывание, маркеры, соответствующие созданному ПТ, поступили в позицию  $P_{P1.1}$  ( $m1(P_{P1.1}) = 2$ ). После срабатывания перехода  $P_{t1.1}$  в сети появился маркер информационного источника  $P_{ri1}$ .

Задержка маркеров в позиции  $P_{P1}$  составляет  $d(P_{P1}) = t(P_{t1.1}) + d(P_{P1.1})$ . Как видно из дальнейшего описания и сложившейся обстановки, провести ОТД в позиции  $P_{P1.1}$  возможно было только в негорящей секции здания, поэтому данные ОТД проводились последующими образованными ПТ, а маркеры созданных ПТ (Рисунок 3.8) переместились в позиции  $P_{P2}$ ,  $P_{P4}$ , согласно принятому РТП решающему направлению действий по тушению пожара (заданному приоритету) – переход  $P_{t2}$ . Переход  $P_{t2.2}$ , исходя из масштаба распространения пожара и поступивших маркеров, стал активен, но не мог сработать по условию невозможности создания ПТ, обеспечивавшей постоянное воздействие на зону горения на данном участке. После срабатывания перехода  $P_{t4}$  СиС и ресурсы ПП из позиции  $P_{P2}$  перераспределяются на позицию  $P_{P4}$ , так как в условиях развившегося пожара невозможно выполнять действия по спасению людей без ликвидации ОФП на позициях по тушению. Задержка маркеров в позиции  $P_{P4}$  определяется нормативным временем развертывания отделения на АЦ с установкой на источник ППВ, т. е.  $d(P_{P4}) = d(P_{P4.1}) + t(P_{t2.3})$ .

Второе отделение ПЧ-63 установило АЦ на ПГ-5 (в 70 метрах от объекта пожара), проложило магистральную линию к месту пожара для подачи ствола РСКЗ-70 на тушение чердачного помещения со стороны ул. Советской (тем самым создана 1 ПД).

При появлении маркеров в позиции  $P_{P4}$  становится возбужденным переход  $P_{t5}$ , который срабатывает при условии:

$$\begin{cases} m(P_{P4}) > 0 \\ m(P_{ri2}) > 0 \end{cases}$$

Маркер информационного источника появляется в позиции  $P_{ri2}$  при срабатывании перехода  $P_{t2.3}$ .

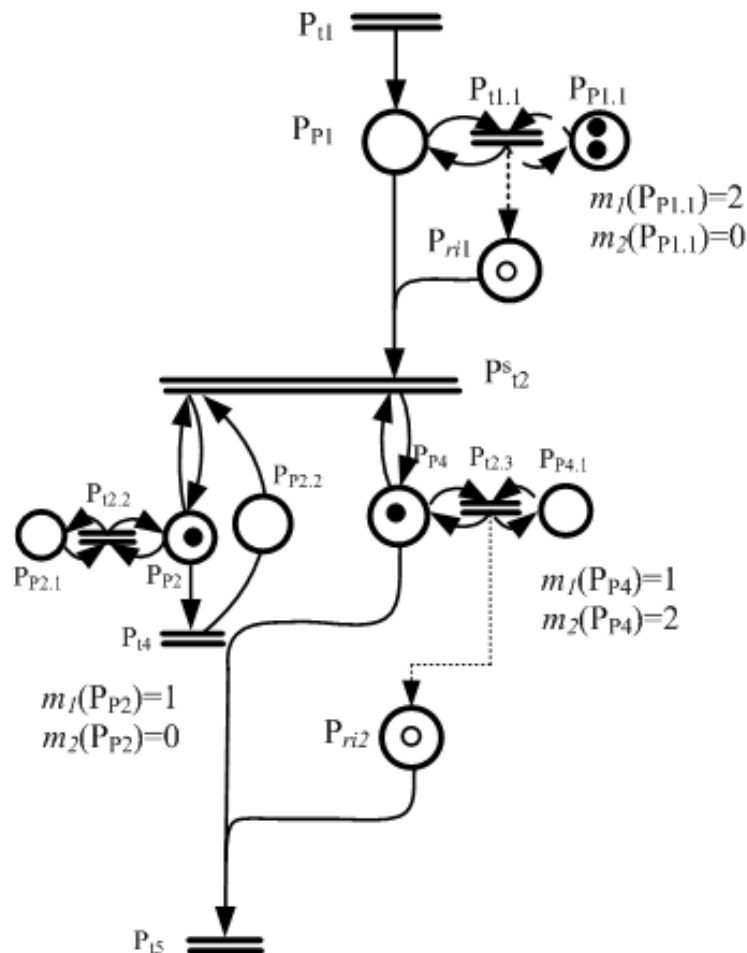


Рисунок 3.8 – Фрагмент сети, моделирующий принятие решений РТП на этапе прибытия первого ПП,

где ● – маркер ПТ, созданной ресурсами на ОПА; ○ – маркер информационного ресурса

Из всех зон объекта пожара (в рамках горящего подъезда), на которых потенциально было возможно размещение ПТ (30 зон, исходя из наличия

оконных и дверных приемов), ОФП в предельных значениях возник в 22 зонах. В данном случае 22 потенциальных ПТ не могли быть реализованы без предварительной ликвидации ОФП или применения средств защиты ( $R_{\text{ОФП}}$  составлял менее 1).

Расчетная площадь тушения, исходя из формы пожара и возможности ввода средств подачи ОТВ через оконные проемы и вход в здание, составила:

$$S_T = S_T^{1\text{эт.}} + S_T^{2\text{эт.}} + S_T^{\text{ч}} = 180 + 100 + 33 = 313 \text{ м}^2,$$

где  $S_T^{1\text{эт.}}$  – расчетная площадь тушения на 1-м этаже объекта пожара;  $S_T^{2\text{эт.}}$  – расчетная площадь тушения на 2-м этаже объекта пожара;  $S_T^{\text{ч}}$  – расчетная площадь тушения в чердачном пространстве объекта пожара (на момент подачи первого ствола равна  $S_{\text{П}}^{\text{ч}}$ ).

Соответственно  $S_T^{1\text{эт.}}$ ,  $S_T^{2\text{эт.}}$ ,  $S_T^{\text{ч}}$  определяются (исходя из глубины тушения ручного ствола ( $h_T$ )):

$$S_T^{1\text{эт.}} = \sum S_T^{\text{пом.1эт.}} = 180 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{2\text{эт.}} = \sum S_T^{\text{пом.2эт.}} = 100 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{\text{ч}} = 33 \text{ м}^2.$$

С учетом выбранного решающего направления действий по тушению пожара ресурсы прибывших ПП создали 2 ПТ, при этом позиции не могли обеспечить выполнение поставленной задачи в полном объеме, так как их тактический потенциал был ниже требуемых значений параметра пожаротушения:  $I_{\text{факт.}}^{\text{туш.}} < I_{\text{треб.}}^{\text{туш.}}$  (Рисунок 3.9).

Фактическая площадь тушения, исходя из примененного средства подачи ОВ, составила:

$$S_{\text{туш.}}^{\text{факт.}} = \frac{q_{\text{ств.}}}{I_{\text{тр.}}} = \frac{7,4+3,7}{0,15} = 74 \text{ м}^2.$$

Качественным показателем реализации тактического потенциала ПТ является значение:

$$P_P = \frac{S_{\text{туш.}}^{\text{факт.}}}{S_T} = \frac{74}{313} = 0,24.$$

В 23 часа 29 минут командир отделения ПЧ-63 получает информацию от людей, находящихся на месте пожара, о том, что на первом этаже в квартире № 10, окна которой выходят на ул. Советскую, может находиться человек.



Звеном ГДЗС со стволом РСКЗ-70 через балкон проникает в квартиру № 10, где был обнаружен и вынесен на свежий воздух пострадавший.

Переход  $P_{t8}$  становится возбужденным ( $m(P_{p8}) > 0$ ), но не может сработать, т. к. не выполняется условие  $I_{mp.} \leq I_{\phi}$ .

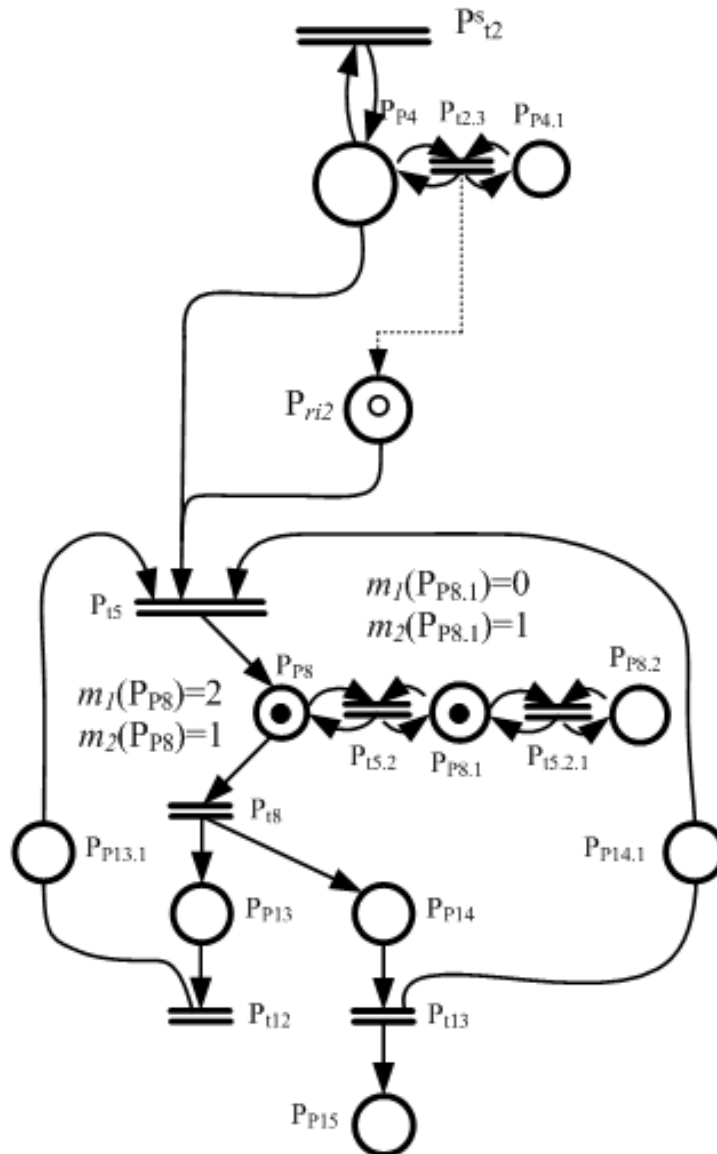


Рисунок 3.9 – Фрагмент сети, моделирующий действия ПП в ходе выполнения принятых РТП решений (на момент создания 2 ПТ), где ● – маркер ПТ, созданной ресурсами на ОПА; ○ – маркер информационного ресурса

Помощником начальника дежурной смены СПТ по распоряжению РТП на данном этапе организована установка АЦ на источники ППВ и прокладка магистральных линий в целях наращивания сил и средств.

В 23 часа 30 минут к месту вызова прибывает дежурный караул ПЧ-109 в составе двух оперативных отделений на 2 АЦ и передвижная емкость с водой на а/м «Урал» (вывозимым объемом  $18 \text{ м}^3$ ), в составе 9 человек личного состава:

$$N_{\text{отд.}}^{\text{осн.}} = 6, N_{\text{отд.}}^{\text{спец.}} = 2.$$

Начальнику караула ПЧ-109 РТП-1 поставил задачу:

– первому отделению по 3<sup>x</sup> коленной лестнице звеном ГДЗС через балкон подать ствол РСКЗ-70 для проведения разведки и тушения пожара в квартире № 15 на втором этаже со стороны ул. Советской;

– второму отделению подать ствол РСКЗ-70 через оконный проем на тушение внутренней лестницы со стороны ул. Советской.

В 23 часа 32 минуты личным составом второго отделения ПЧ-63 и второго отделения ПЧ-109 по 3<sup>x</sup> коленной и штурмовой лестнице [143] спасено 3 человека со второго этажа (квартира № 7). После проведения спасательных работ второе отделение ПЧ-63 передислоцировано для тушения чердачного помещения со стороны первого подъезда, второе отделение ПЧ-109 на тушение пожара в квартире № 14:

$$N_{\text{ПТ}} = 5.$$

Со слов жильцов, больше в доме никого нет. Однако РТП-1 принимает решение на дальнейшее проведение разведки по возможным направлениям эвакуации, соответствующую информацию передает на ЦППС.

В 23 часа 34 минуты первое отделение ПЧ-109, обеспечив подпитку АЦ водой от АА-60 ПЧ-63, звеном ГДЗС по 3<sup>x</sup> коленной лестнице через балкон подало ствол РСКЗ-70 на тушение пожара в квартире №15, однако продвинуться сразу дальше одной комнаты звено не смогло из-за интенсивного горения прихожей:

$$N_{\text{ПТ}} = 6.$$

Поскольку  $m(P_{p8}) > 0$ ,  $m(P_{p9}) > 0$ ,  $m(P_{p10}) > 0$  переходы  $P_{t8}$ ,  $P_{t9}$ ,  $P_{t10}$  становятся возбужденными (Рисунок 3.10). Задержки маркеров в позициях  $P_{p8}$ ,  $P_{p9}$ ,  $P_{p10}$  составят время достижения условия  $I_{mp.} \leq I_{\phi}$  на соответствующих участках объекта пожара (участках распространения пожара).

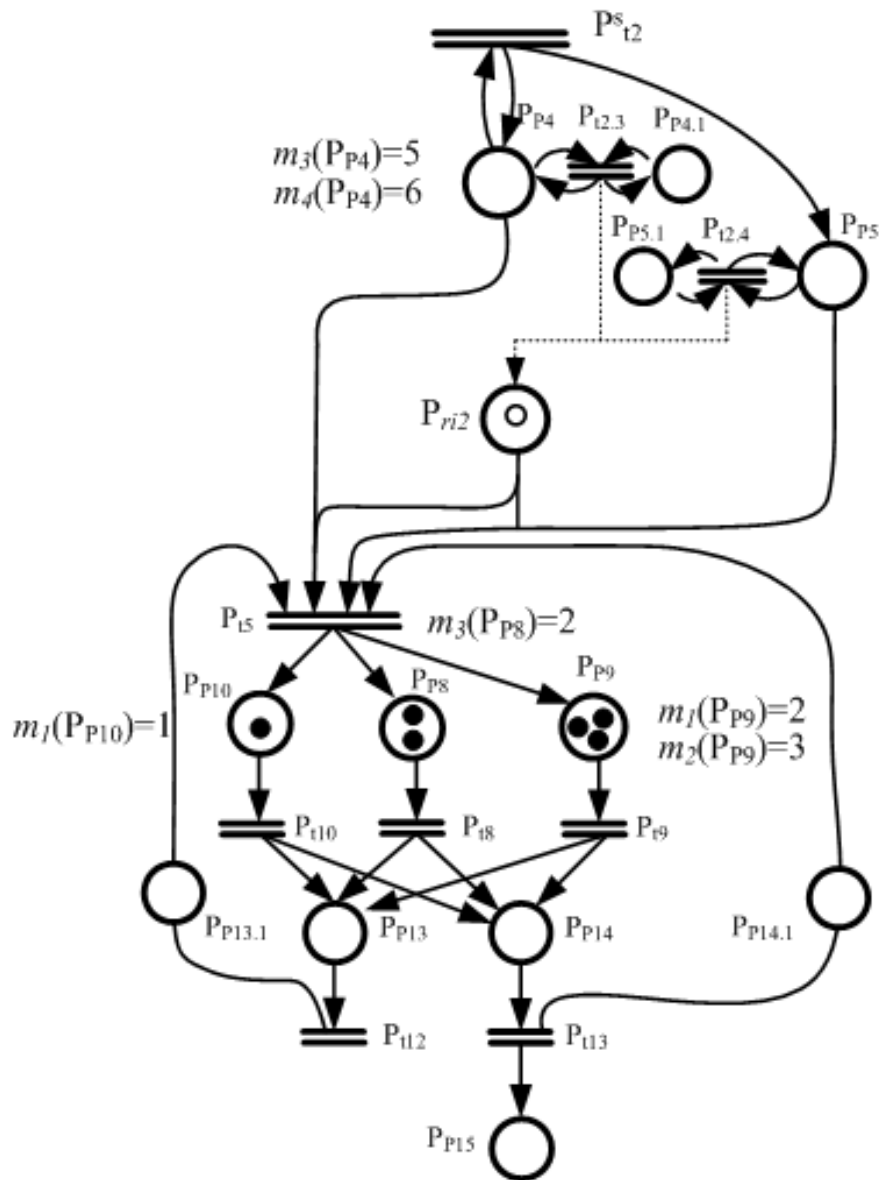


Рисунок 3.10 – Фрагмент сети, моделирующий действия ПП в ходе выполнения принятых РТП решений (на момент создания 6 ПТ), где ● – маркер ПТ, созданной ресурсами на ОПА; ○ – маркер информационного ресурса

Согласно докладом личного состава первого и второго отделения ПЧ-63, а также ПЧ-109 в квартирах, в которые они проникли со стороны подъездов и со стороны ул. Советской, было сильное задымление и очень высокая температура.

В 23 часа 36 минут личным составом второго отделения ПЧ-63 и второго отделения ПЧ-109 в первом подъезде обнаружено и выведено на воздух 2 человека.

В 23 часа 40 минут звено ГДЗС при проведении разведки в квартире № 15 обнаружило 4 погибших.

В 23 часа 40 минут к месту пожара прибывает личный состав, свободный от несения службы, по объявленному сбору.

В 23 часа 43 минуты для обеспечения деятельности ГДЗС на пожаре РТП-1 вызывает к месту пожара КПП ГДЗС ПЧ-109.

В 23 часа 43 минуты для организации управления силами и средствами РТП-1 создает два БУ:

БУ-1 с задачей по тушению пожара со стороны ул. Советской; приданные силы: второе отделение ПЧ-63, первое отделение ПЧ-109, личный состав, прибывающий по сбору.

БУ -2 с задачей по тушению пожара со стороны подъездов, приданные силы: первое отделение ПЧ-63, личный состав, свободный от несения службы, прибывающий по сбору.

В 23 часа 44 минуты РТП-1 отдает распоряжение силами личного состава, прибывшего по сбору, подать звеном ГДЗС под руководством начальника караула ПЧ-109 дополнительно ствол РСКЗ-70 от АЦ второго отделения ПЧ-63 на тушение квартиры № 10 со стороны ул. Советской, по 3<sup>х</sup> коленной лестнице звеном ГДЗС подать ствол РСКЗ-70 на тушение квартиры № 16 от АЦ первого отделения ПЧ-63:

$$N_{\text{ПТ}} = 8.$$

В 23 часа 47 минут по распоряжению РТП-1 организована подача двух стационарных стволов РС-70, установленных на АЛ-30, в чердачное помещение через вскрывшуюся кровлю:

$$N_{\text{ПТ}} = 9.$$

Переходы  $P_{t8}$ ,  $P_{t9}$ ,  $P_{t10}$  являются возбужденными (Рисунок 3.11) и срабатывают при достижении локализации, маркеры перемещаются в позицию  $P_{p13}$ , причем  $d(P_{p13}) = 0$ , переход  $P_{t12}$  становится возбужденным и срабатывает без задержки  $t(P_{t12}) = 0$ . Фактически СиС и ресурсы не перемещаются (позиция  $P_{p13.1}$ ), изменяется целевая функция – ОТД «ликвидация открытого горения» (позиция  $P_{p14}$ ).

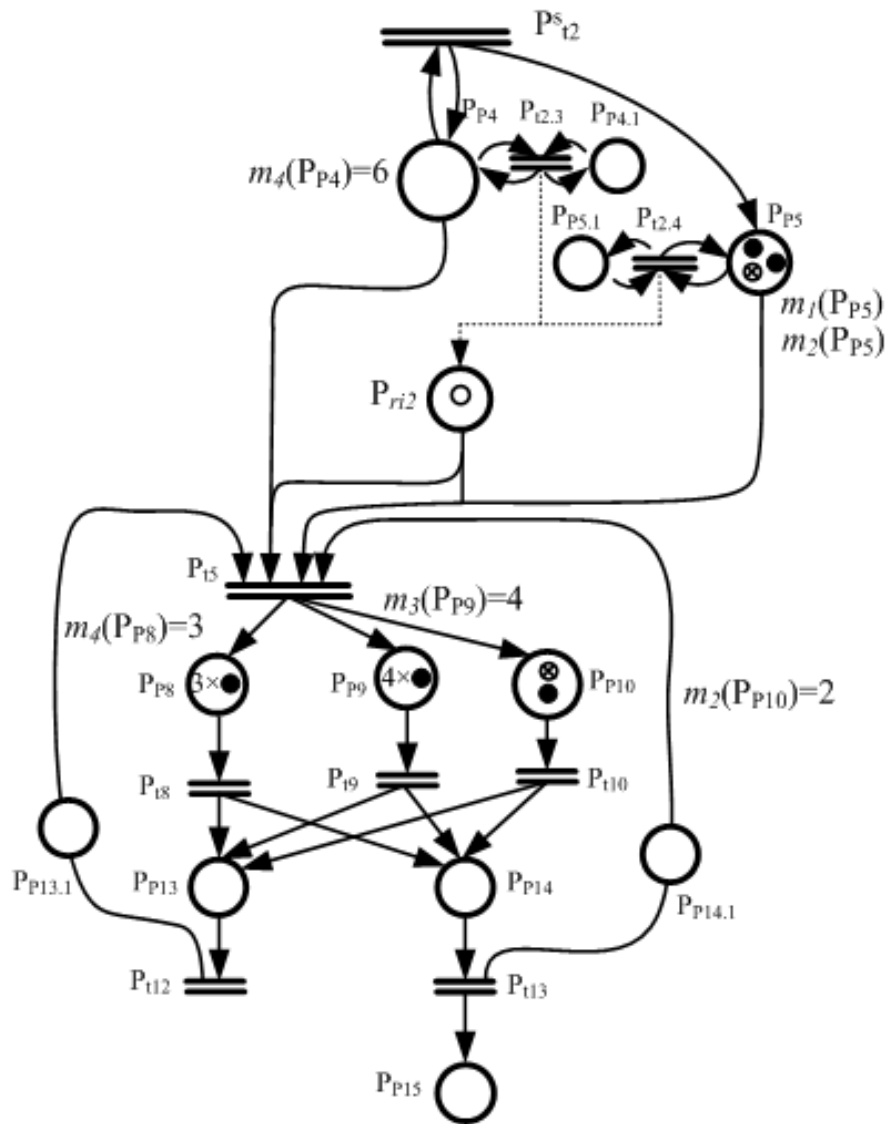


Рисунок 3.11 – Фрагмент сети, моделирующий действия ПП в ходе выполнения принятых РТП решений (на стадии создания 9 ПТ),  
 где ● – маркер ПТ, созданной ресурсами на ОПА; ○ – маркер информационного ресурса;  
 ⊗ – маркер ПТ, созданной ресурсами СПА

Маркеры поступают в позицию  $P_{P14}$ , задержка которой составит:

$$0 \leq d(P_{P14}) \leq T,$$

где  $T$  – время, за которое  $S_{\Pi}$  примет значение 0 с момента срабатывания перехода  $P_{t12}$ .

При выполнении данного условия срабатывает возбужденный переход  $P_{t13}$ , условиями срабатывания которого являются:

$$\begin{cases} m(P_{P14}) > 0 \\ S_{\Pi} = 0 \end{cases}.$$

В 23 часа 49 минут к месту вызова прибывает начальник СПТ 9-ОГПС (РТП-2).

На момент прибытия РТП-2 обстановка на пожаре складывалась следующим образом (Рисунки 3.12-3.14):

- горение крыши на площади более  $300 \text{ м}^2$ ;
- горение второго этажа на площади  $300 \text{ м}^2$ ;
- горение первого этажа на площади  $200 \text{ м}^2$ .

Расчетный путь, пройденный огнем на момент прибытия РТП-2, составил:

$$L = 5 \times V_{л1} + V_{л1} \times \tau_2 + 0,5 \times V_{л2} \times \tau_3 = 5 \times 2 + 2 \times 4 + 0,5 \times 2 \times 22 = 40 \text{ м.}$$

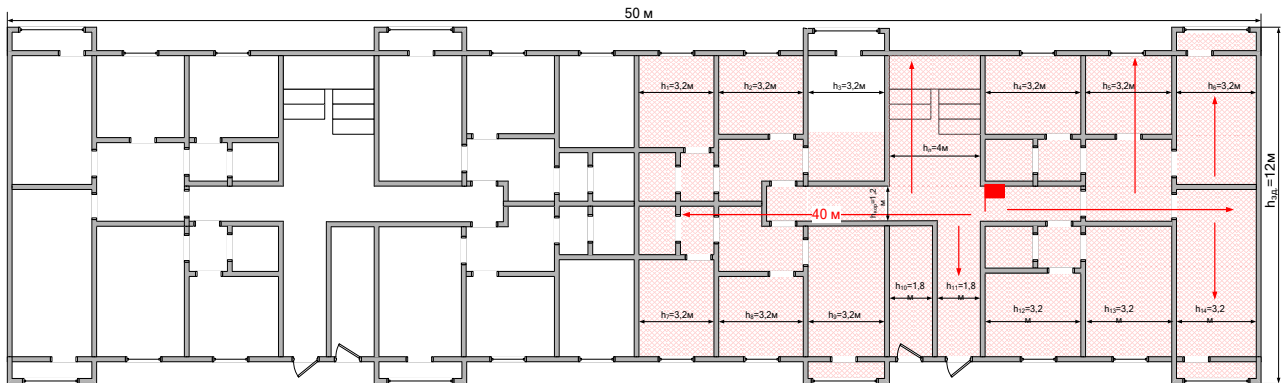


Рисунок 3.12 – Развитие пожара на момент прибытия РТП-2 на 1-м этаже

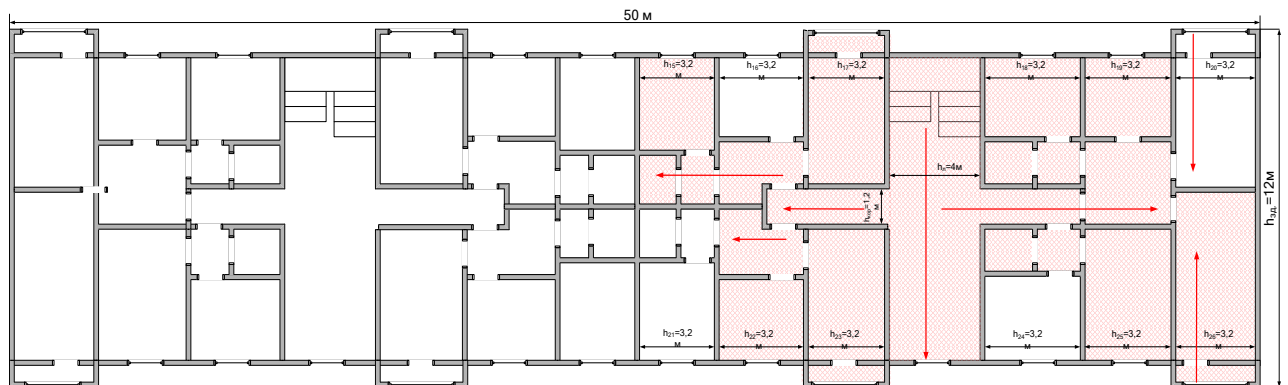


Рисунок 3.13 – Развитие пожара на момент прибытия РТП-2 на 2-м этаже

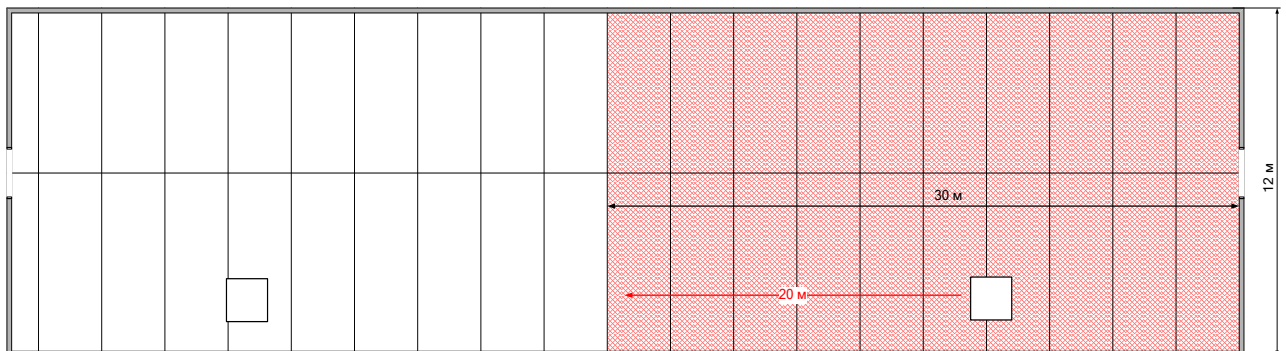


Рисунок 3.14 – Развитие пожара на момент прибытия РТП-2 в чердачном пространстве

Расчетная площадь пожара на момент прибытия РТП-2 имела сложную форму (расчетный путь, пройденный огнем ( $L = 40$  м), превышает ширину здания  $h_{зд.} = 12$  м), состояла из суммы площадей пожара на этажах здания и составила:

$$S_{\Pi} = S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}} + S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}} + S_{\Pi}^{\text{ч}} = 249 + 208 + 360 = 817 \text{ м}^2,$$

где  $S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}}$  – расчетная площадь пожара на 1-м этаже объекта пожара;  $S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}}$  – расчетная площадь пожара на 2-м этаже объекта пожара;  $S_{\Pi}^{\text{ч}}$  – расчетная площадь пожара в чердачном пространстве объекта пожара.

Соответственно  $S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}}$ ,  $S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}}$ ,  $S_{\Pi}^{\text{ч}}$  определяются:

$$S_{\Pi}^{1 \text{ эт.}} = \sum S_{\Pi}^{\text{ном.1эт.}} = 249 \text{ м}^2;$$

$$S_{\Pi}^{2 \text{ эт.}} = \sum S_{\Pi}^{\text{ном.2эт.}} = 208 \text{ м}^2;$$

$$S_{\Pi}^{\text{ч}} = l \cdot h_{зд.} = 30 \cdot 12 = 360 \text{ м}^2.$$

Расчетная площадь тушения, исходя из формы пожара и возможности ввода средств подачи ОТВ через оконные проемы и вход в здание, составила:

$$S_T = S_T^{1 \text{ эт.}} + S_T^{2 \text{ эт.}} + S_T^{\text{ч}} = 220 + 175 + 320 = 715 \text{ м}^2.$$

Соответственно  $S_T^{1 \text{ эт.}}$ ,  $S_T^{2 \text{ эт.}}$ ,  $S_T^{\text{ч}}$  определяются (исходя из глубины тушения ( $h_m$ )):

$$S_T^{1 \text{ эт.}} = \sum S_T^{\text{ном.1эт.}} = 220 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{2 \text{ эт.}} = \sum S_T^{\text{ном.2эт.}} = 175 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{\text{ч}} = 320 \text{ м}^2.$$

Фактическая площадь тушения, исходя из примененного средства подачи ОТВ, составила:

$$S_{\text{туш.}}^{\text{факт.}} = \frac{\sum q_{\text{ств.}}}{I_{\text{пр.}}} = \frac{8 \cdot 7,4 + 3,7}{0,15} = 419 \text{ м}^2.$$

Качественным показателем реализации тактического потенциала ПТ является значение:

$$P_p = \frac{S_{\text{туш.}}^{\text{факт.}}}{S_T} = \frac{419}{715} = 0,59.$$

При этом распространение площади пожара остановлено, поскольку площадь тушения на участках распространения ( $S_T^{\text{расп.}}$ ) составляла:

$$S_T^{\text{расп.}} = S_T^{\text{расп.1 эт.}} + S_T^{\text{расп.2 эт.}} + S_T^{\text{расп.ч}} = 60 + 60 + 60 = 180 \text{ м}^2.$$

Соответственно  $S_T^{1\text{эт.}}$ ,  $S_T^{2\text{эт.}}$ ,  $S_T^{\text{ч}}$  определяются (исходя из глубины тушения ( $h_m$ )):

$$S_T^{\text{расп.1 эт.}} = 12 \times 5 = 60 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{\text{расп.2 эт.}} = 12 \times 5 = 60 \text{ м}^2;$$

$$S_T^{\text{расп.ч}} = 12 \times 5 = 60 \text{ м}^2.$$

Дальнейший анализ приведенного пожара не входит в область интересов данного исследования, так как в настоящий момент доказано, что ОТД, проведенные СУ в составе сосредоточенных на месте вызова ресурсов ПП, позволили обеспечить достижимость переходов  $P_{t12}$  и  $P_{t13}$  до охвата пожаром всего объекта.

На тушение пожара были сосредоточены СиС и ресурсы ПП по рангу пожара «Вызов № 2»: 3 АЦ-40, 1 АЛ-30, 1 АА-60 ПЧ-63, 2 АЦ-40, емкость с водой (УРАЛ-44202) 109-ПЧ, АСМ.

При тушении пожара задействованы два ПГ:

ПГ-3 Т-150;

ПГ-5 К-200.

Создано 2 БУ, проложено 6 магистральных линий, работало 7 звеньев ГДЗС. На тушение поданы 1 ствол РСК-50, 8 стволов РСКЗ-70 (РС-70):

- на тушение чердачного помещения 3 ствола РСКЗ-70 (РС-70);
- на тушение 2-го этажа здания 4 ствола РСКЗ-70;
- на тушение 1-го этажа 1 ствол РСКЗ-70 и 1 ствол РСК-50.

В 23 часа 54 минуты РТП-2 произвел передислокацию сил и средств на пожаре, создал третий БУ, переназначил начальников БУ-1 и БУ-2.

Продолжительность пожара с момента прибытия первых оперативных отделений до ликвидации открытого горения ( $\tau_{\text{туш.}}$ ) составила 59 минут. Временные показатели сосредоточения оперативных отделений ПП на основных ПА (Рисунок 3.15) соответствуют скорости сосредоточения 0,19 отд./мин (в среднем происходило прибытие 1 оперативного отделения каждые 5,2 минуты).



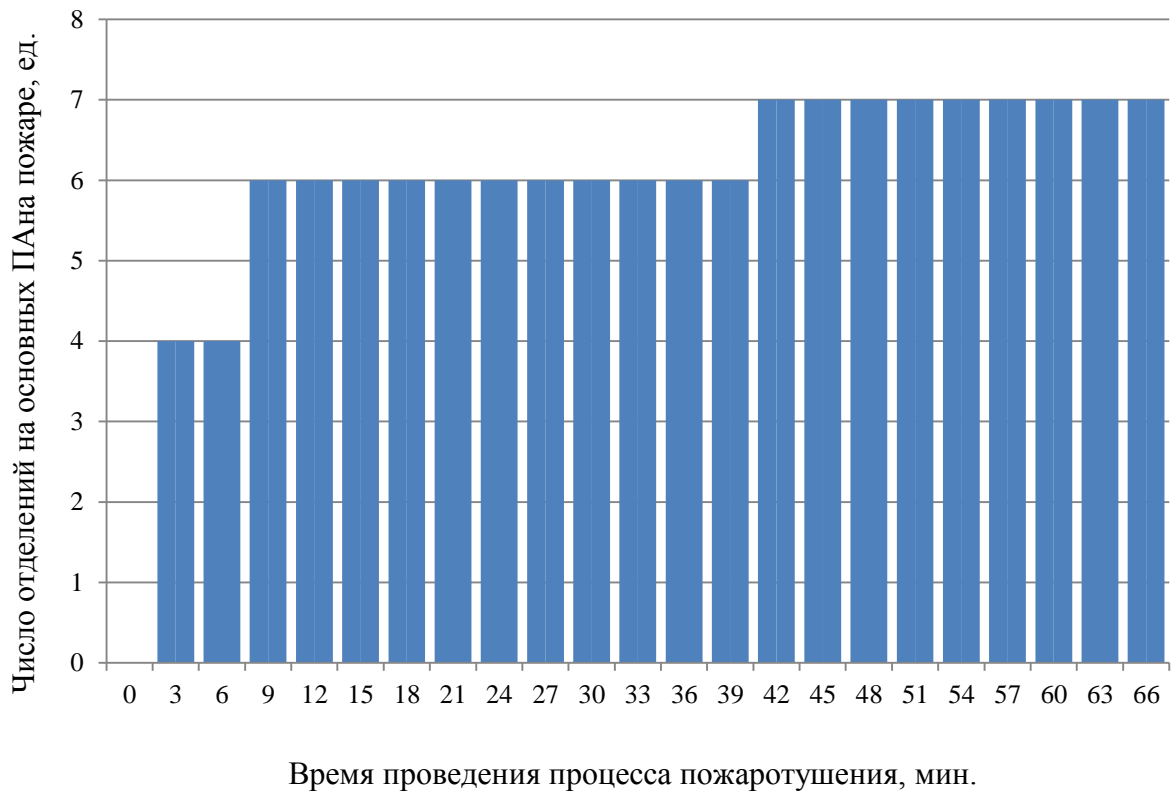


Рисунок 3.15 – Динамика сосредоточения оперативных отделений ПП на основных ПА на месте пожара [100]

Создание ПТ и ПД также характеризовалось временными показателями (Рисунки 3.16, 3.17), которые в совокупности с показателями сосредоточения оперативных отделений на основных ПА позволяют сделать вывод о полноте реализации тактических возможностей ресурсов ПП.

Очевидно, что при  $P_p \rightarrow 1$  время наступления локализации ( $\tau_{лок.}$ )  $\rightarrow \min$ , при этом на значение потенциала  $P_p$  влияют:

- скорость сосредоточения оперативных отделений ПП на месте пожара;
- скорость создания ПТ на месте пожара;
- реализация созданными ПТ тактических возможностей (пожарной техники и ПТО).

Анализируя затраты ОТВ на рассмотренном пожаре, можно заключить, что непосредственно на тушение пожара работали 1 ствол РСК-50 и 13 стволов РСКЗ-70 (РС-70), что составляет 100 % от фактического расхода ОТВ (Рисунок 3.18).

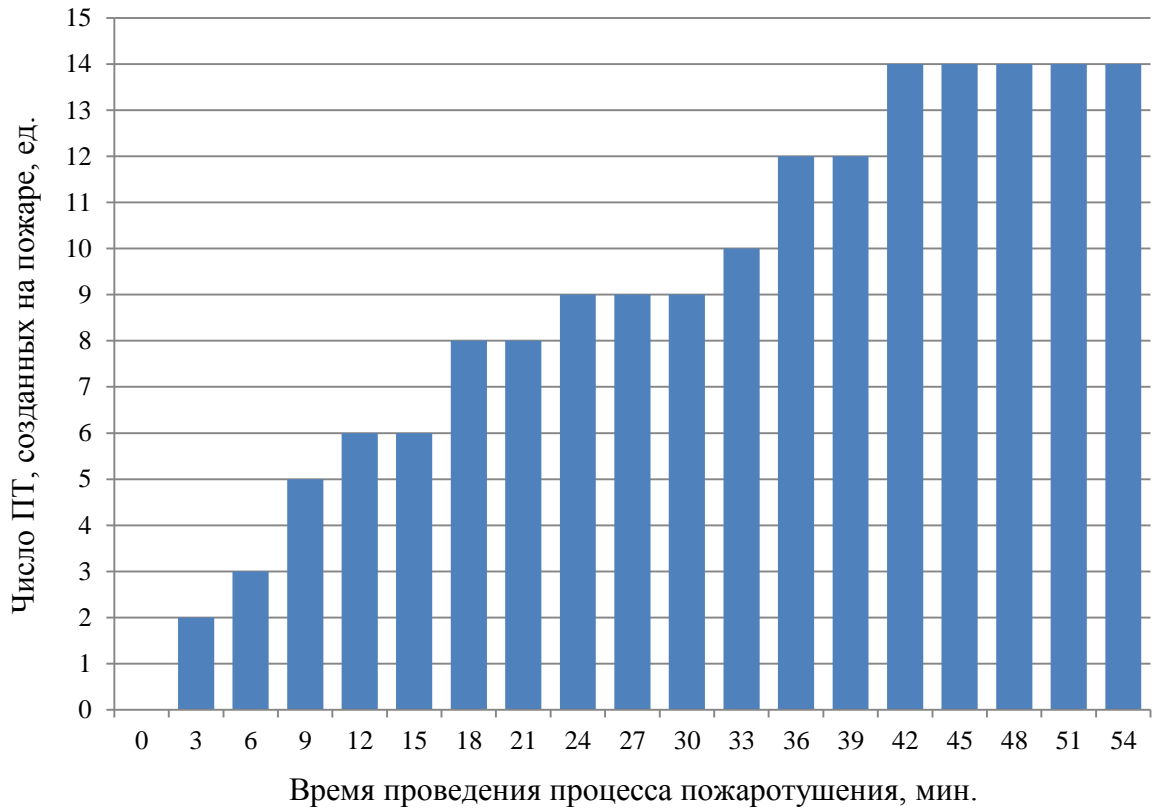


Рисунок 3.16 – Динамика создания ПТ на пожаре [100]

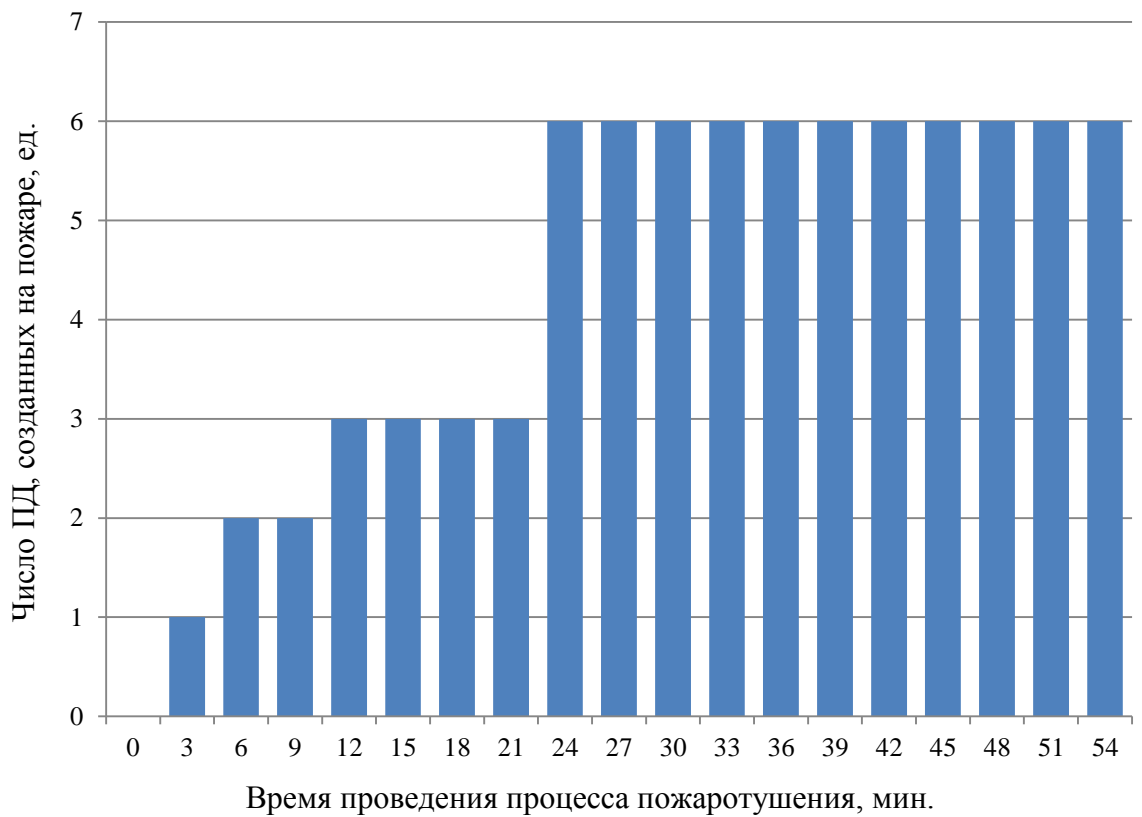


Рисунок 3.17 – Динамика создания ПД на пожаре [100]

Соответственно, качественный показатель реализации тактического потенциала по рассмотренным пожарам составил 0,83 (при значении количественного показателя – 2,0).

Проанализировав работу СиС и ресурсов подразделений на ПТ и ПД на исследованном пожаре, заключим, что:

- выявлена побочная задержка маркера ПТ в позиции  $P_{P2}$  ввиду невозможности проведения ОТД в зоне горящего подъезда, что потребовало передислокации ПТ;

- на протяжении 24 минут тушения пожара имелась пассивная позиция (АЛ), в дальнейшем примененная для создания ПТ в чердачном пространстве, что не позволило максимально реализовать тактический потенциал первого ПП в начальный период построения управляемой подсистемы СУ;

- выявлена недостоверность источников информации на месте пожара (жильцы и очевидцы), за исключением личного состава ПП с составе звеньев ГДЗС.

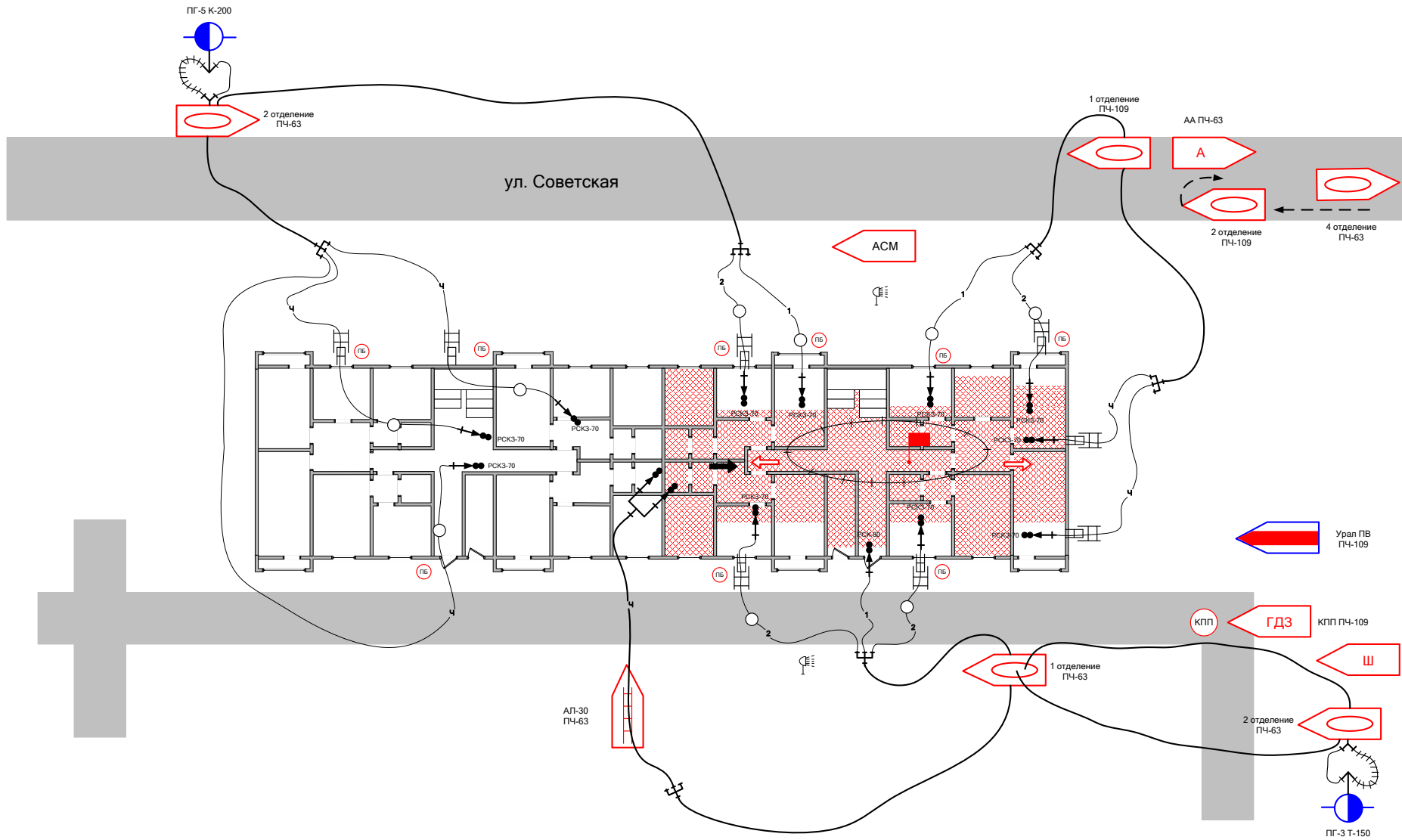


Рисунок 3.18 – Обстановка после реализации управленческого решения по локализации пожара

### 3.2. Экспериментальная оценка модели организации системы управления пожарными подразделениями при пожаротушении

Эффективность использования средств пожаротушения зависит от разности количества ОВ, поданного в зону горения  $V_{\text{ОВ}}^{\text{туш.}}$  ( $m_{\text{ОВ}}^{\text{туш.}}$ ) (участвующего непосредственно в прекращении горения), от количества ОВ, в целом затраченного для ликвидации пожара.

Эту эффективность оценим через рассмотрение качественного показателя реализации тактического потенциала как показателя рациональности размещения ПТ.

Конечной задачей ПП будет являться локализация и ликвидация пожара на определенной площади (площадь локализации).

Исходя из этого, к основной расчетной характеристике можно отнести площадь пожара, на которой осуществляется непосредственное прекращение горения – площадь тушения.

Целью количественного активного эксперимента являлось определение характеристик пожарно-технического оборудования, необходимого для реализации модели СУ пожарными подразделениями при тушении и параметров функционированию отдельных системообразующих элементов, а именно:

- площади тушения (орошения) ( $S_{\text{орош.}}$ );
- расхода огнетушащего вещества ( $Q_{\text{прибора}}$ );
- скорость проведения разведки объекта пожара звеньями ГДЗС ( $V_{\text{разведки}}$ ).

Данные характеристики являются косвенно определяемыми в условиях эксперимента, при заданных значениях следующих контролируемых факторов:

- напор рабочей жидкости в насосно-рукавной системе;
- характеристики пожарных стволов (насадков);
- геометрические и динамические параметры работы экспериментальной установки – угол подъема и скорость передвижения стрелы АЛ;
- поэтажная площадь объекта пожара.

Для целей экспериментального обоснования модели организации системы управления ПП при тушении было проведено пять независимых экспериментов (Приложения №№ 7, 8, 9):

1) Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Нижневартовский район, г. Покачи, ул. Таежная д. 13 (09.03.2012), целью которого являлось определение характеристик позиции по подаче ОТВ с применением специальных пожарных автомобилей;

2) Свердловская область, д. Большое Сидельниково, база ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (04.07.2014), основной целью которого являлось определение влияния позиции по тушению пожара (основанной на использовании специальных пожарных автомобилей в качестве платформы для подачи огнетушащих веществ) на зону горения;

3) Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Лангепас (29.10.2015); г. Ханты-Мансийск (19.04.2018); г. Когалым (23.11.2018), целью которых являлось определение временных параметров работы позиций по тушению пожара (звеньев ГДЗС) по проведению разведки на объекте пожара.

В результате экспериментов:

– установлены временные промежутки проведения отдельных ОТД (эндогенная разведка на уровне всех этажей объекта пожара, создание ПТ с применением СПА) оперативными отделениями ПП;

– установлены показатели ПТ, позволяющие оценить качественные критерии тактического потенциала;

– подтверждены расчетные параметры работы ПТО и правильность выбора исходных данных для формализации модели СУ подразделениями.

### 3.3. Обоснование алгоритмов позиционно-балансового проектирования системы управления пожарными подразделениями на основе моделирования параметров развития пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре

Для расчета параметров развития пожара в ЗНППУ применялось моделирование динамики развития опасных факторов пожара полевым методом на основе Fire Dynamics Simulator (FDS), реализующей вычислительную гидродинамическую модель (CFD) теплопереноса при горении [108-112, 119 144, 145]. FDS численно решает уравнения Навье – Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре.

Программа Smokeview служит для визуализации результатов расчетов программы FDS. FDS и Smokeview – бесплатное программное обеспечение. Согласно Кодексу США (гл. 17 ч. 105) авторские права разработчиков не защищены, программа является общедоступным программным обеспечением.

Расчетным объектом являлся сегмент двухэтажного сборно-щитового здания V степени огнестойкости типа «БАМ» (Рисунок 3.19) размерами 10×25×9 метров (один подъезд) [8, 99, 109, 119, 146]. Отделка внутренних перегородок коридоров мест общего пользования выполнена из листов гипсокартона, межэтажные перекрытия, марши внутренней лестницы, перегородки жилых помещений и кровля деревянные (не имеют огнезащиты) [147].

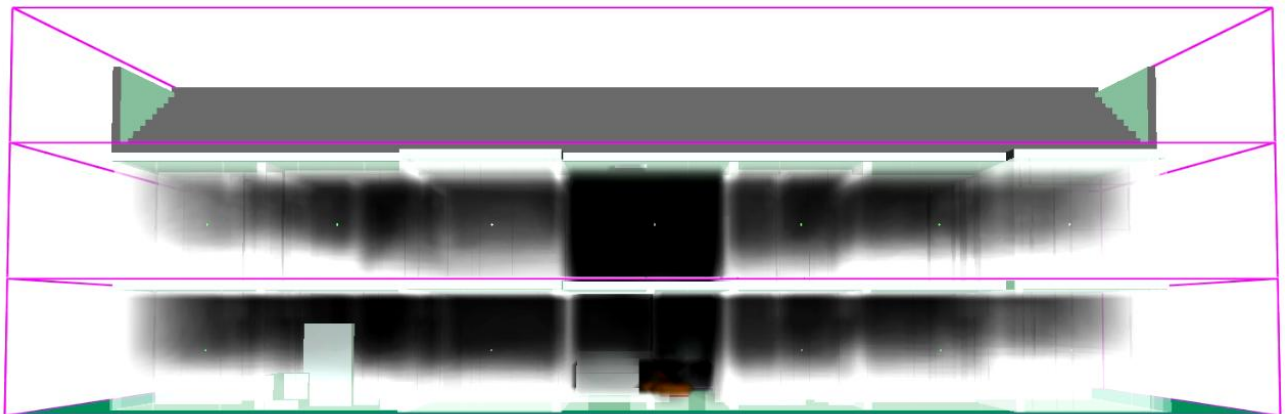


Рисунок 3.19 – Графическое изображение модели расчетного объекта пожара в Smokeview

Для целей моделирования определены временные границы от 0 до 20 минуты пожара (1200 с). Расчет предполагает свободное развитие пожара в помещениях объекта с параметрами вскрытия оконных проемов в 400 °С, что соответствует экспериментальным данным отечественных и зарубежных исследований [148-150].

Размеры дверных проемов приняты:

- межкомнатные: 0,6-0,8 м (что соответствует полностью открытому дверному проему);
- из квартир в места общего пользования: 0,2-0,3 м (что соответствует проемам открытым на 20-40 %);
- из подъезда здания: 0,8 м.

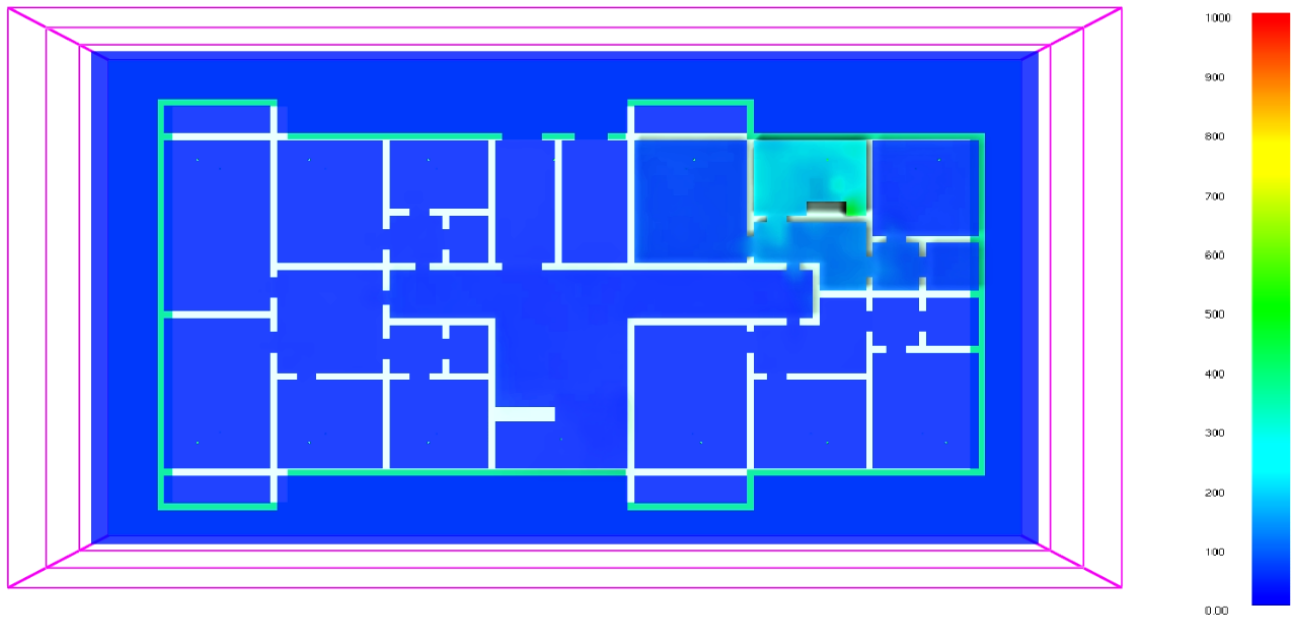
Задачами моделирования являлись:

- 1) определение динамики развития опасных факторов пожара, действие которых препятствует созданию позиций по тушению пожара или ограничивает эффективность ОТД созданных позиций;
- 2) определения наиболее целесообразных путей ввода сил и средств ПП на выполнение задач по тушению;
- 3) обоснование предлагаемых в исследовании решений по управлению оперативными отделениями ПП при тушении пожара.

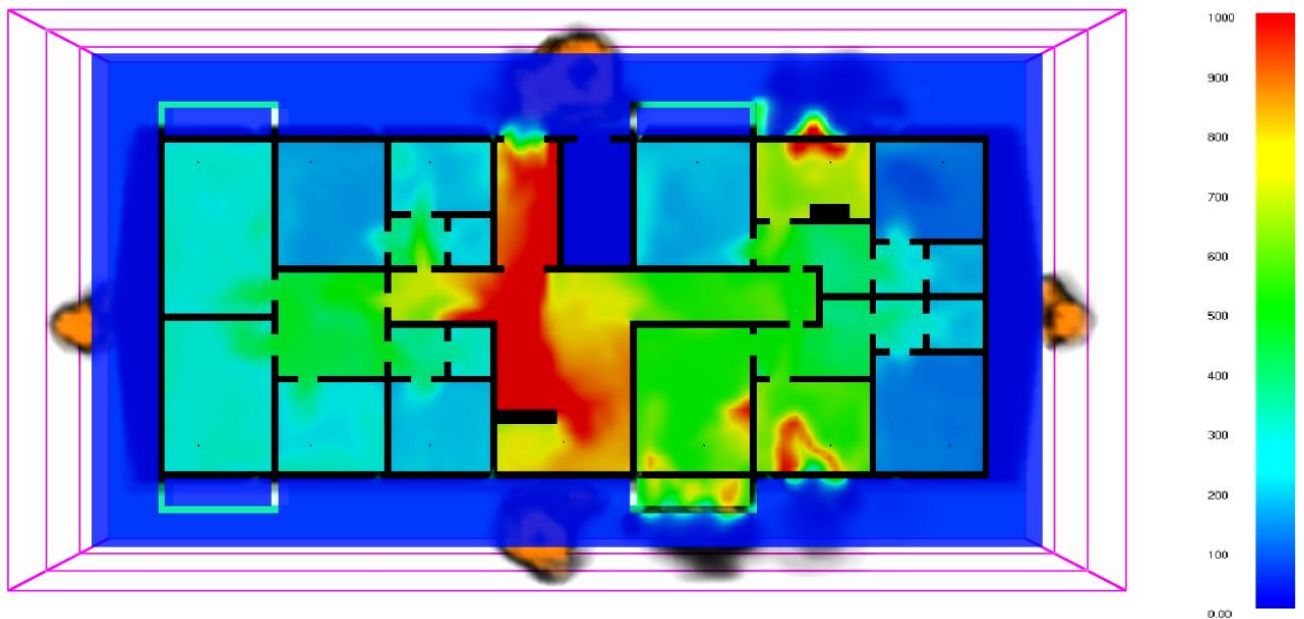
В ходе расчета пожара в помещении одного этажа здания получены значения параметров опасных факторов пожара (температура (°С), видимость (метр)), позволяющие выделить зоны ведения ОТД оперативными отделениями ПП на позициях по тушению пожара.

С помощью моделирования установлено, что с развитием пожара в ЗНППУ (на стадии активного горения) площадь зоны А  $\rightarrow$  0, а зоны В к размерам суммарной площади всех этажей здания (Рисунок 3.20). Выявилась одна из характерных особенностей, наблюдаемых при тушении реальных пожаров – быстрый переход зон А  $\rightarrow$  В на путях эвакуации и в чердачном пространстве ( $\approx$  250 сек), что может привести к попаданию звеньев ГДЗС в зону В и, как следствие, к получению травм личным составом ПП [151-153].





а)



б)

Рисунок 3.20 – Распределение температуры в помещениях 1 этажа объекта пожара (оси X, Y) на отметке 1,7 м от уровня пола на 100 (а) и 500 (б) секунде пожара [109]

Данный факт указывает на недопустимость проведения ОТД по поиску возможных пострадавших и тушению пожара в ЗНПУ звеньями ГДЗС (группами разведки) без средств подачи огнетушащего вещества или без предварительного создания условий для работы данных позиций [78, 153].

Аналогичные результаты получены в [154] при моделировании 3-х сценариев развития пожара (очаг на первом, втором этажах и лестнице) в одном подъезде ЗНППУ квартирного типа брусчатой конструкции (Рисунок 3.21).

Также установлены пути наиболее целесообразного ввода ресурсов ПП на тушение пожаров в ЗНППУ.

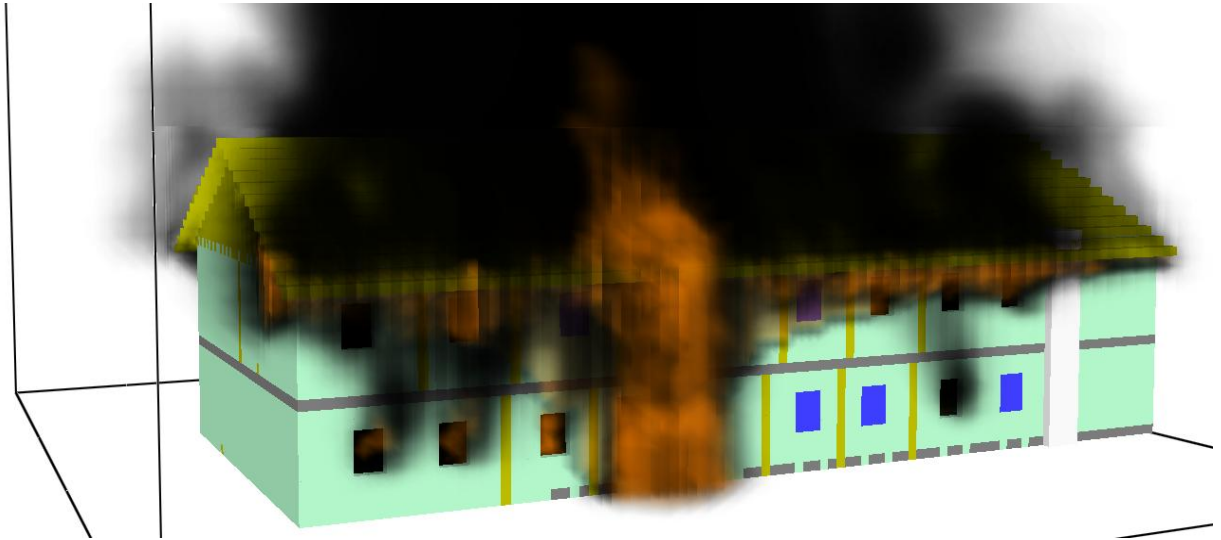


Рисунок 3.21 – Общий вид фасадной стороны дома через 3 минуты от начала моделирования возгорания

Несмотря на многообразие объемно-планировочных решений и возможную оперативную ситуацию на месте пожара при прибытии первых оперативных отделений, данными путями являются:

- 1) пути эвакуации и места общего пользования (коридор, внутренняя лестница) [154, 155];
- 2) помещения здания, находящиеся на пути распространения пожара (в основном периферийные помещения) [154, 155];
- 3) чердачное пространство здания [154, 155].

Если ввод средств подачи ОТВ в направлениях п. 1 позволяет снизить динамику развития пожара и его перехода на смежные этажи, то в п. 2, 3 может быть обеспечена работа ПТ в зоне А или имеется возможность создания локального перехода зон В → А для обеспечения работы ПТ.

Применение моделирования позволило:

- 1) получить скалярные значения интересующих параметров развития внутреннего пожара и характера распространения его опасных факторов (Рисунки 2.9-2.12);
- 2) разграничить зоны ведения ОТД оперативными отделениями ПП на позициях по тушению пожара;
- 3) установить оптимальные пути ввода средств ПП для тушения пожара;
- 4) прогнозировать развитие ОФП для исключения случаев травматизма и гибели личного состава пожарной охраны.

Результатом моделирования является установление ограничений применимости алгоритмов, исходя из установления первоначального очага пожара (Рисунок 2.12).

Сходимость с соответствующими сценариями моделирования по рассмотренной выборке пожаров (Приложение № 3) на момент прибытия СиС подразделений по образованию зон недоступности составила 73,9 %. По уровням места нахождения очага пожара сходимость представлена следующим образом (Приложение № 6):

- на уровне 1 этажа – 72,3 %;
- на уровне 2 этажа – 62,2 %;
- на уровне чердачного пространства – 87,6 %.

Частные сравнения с низким уровнем сходимости по ряду уровней нахождения очага показывают склонность модели к худшему сценарию развития пожара в сравнении с фактическим развитием пожара – это обусловлено входными данными модели секции ЗНППУ, в частности характеристиками проемов в ограждениях помещений, принятых на основании исследования последствий пожаров. Высокий уровень сходимости на уровне чердачного пространства говорит о наиболее общих характеристиках объектов пожаров на данном участке – обширным общим пространством без перегородок и препятствий с разрушаемой конструкцией покрытия и сгораемыми несущими элементами.

### **3.4. Программная реализация системы информационно-аналитического обеспечения управления пожарными подразделениями**

Несмотря на то, что по статистике 85 % пожаров тушится при помощи от 1 до 3 пожарных стволов и крупные пожары происходят редко (Таблица 1.1), на них сосредотачивается большое количество ресурсов пожарных подразделений, тем самым возрастает размерность предлагаемой модели [1-5, 17]. Для снижения размерности приведённых моделей их необходимо модифицировать для уменьшения времени, затрачиваемого на моделирование ведения ОТД, что особенно важно в случае использования их непосредственно на месте пожара.

Таким образом, при модификации сети ведения ОТД должны быть формализованы три вида задач:

- общая задача управления ресурсами ПП на пожаре;
- оперативные задачи подсистем СУ;
- задачи координации СУ.

Формировать функциональные подсистемы СУ возможно по различным признакам, например, временному признаку, величине потока, структуре и др. Описывать все в данном исследовании мы не будем, так как это достаточно полно описано в ряде исследований [33, 126, 127, 144, 156, 157].

Приведем структуру программного продукта, построенного на основе модели организации системы управления ПП (Рисунок 3.22) [137, 158, 159].

Работа программы предусмотрена в 2-х режимах применения:

- адресном, включающем задействование базы данных объектов;
- безадресном, без применения базы данных объектов.



Рисунок 3.22 – Блок-схема системы информационно-аналитического обеспечения управления ПП при пожаротушении ЗНППУ,

где  $\longleftrightarrow$  – потоки запросов информации;  $\leftarrow \rightarrow$  – потоки выводимой информации;  $\longleftarrow$  – поток подобранных графических и статистических сведений, корректируемых данных [137]

Разница в действиях оператора заключается в объеме вводимых данных: 7 параметров для адресного режима и 30 для безадресного (Рисунок 3.23).

Модули графической информации и статистической информации по произошедшим пожарам, а также базы данных объектов и справочных значений являются корректируемыми администратором, в связи с чем целесообразно аккумулировать сбор описаний пожаров, произошедших в ЗНППУ по регионам Российской Федерации в объеме, представленном в приложении №5.

Программа применима для работы следующих целевых операторов [160]:

- РТП;
- диспетчер ПСГ (радиотелефонист ПЧ);
- руководитель занятия в системе профессиональной подготовки личного состава;
- лицо, проводящее исследование произошедшего пожара.

### Входные данные при адресном вводе

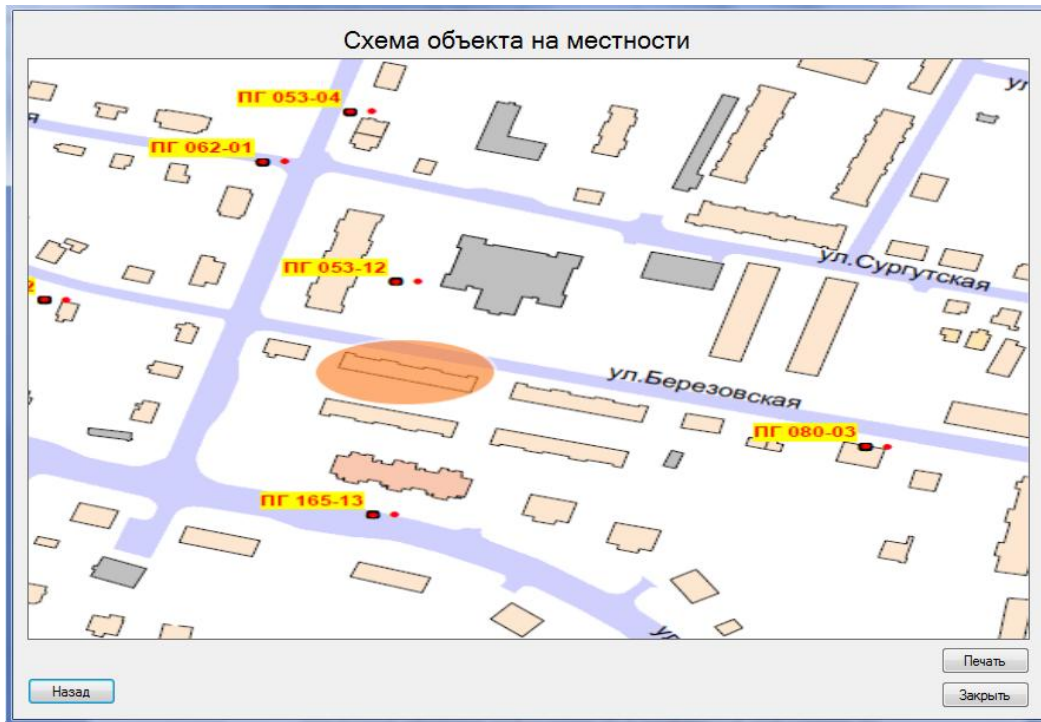
Адрес объекта пожара	Березовская 8б
Решающее направление действий	Принцип 1
Месторасположение очага пожара	2 этаж
Коэффициент укомплектованности оперативных отделений	0.6
Вид средства подачи ОВ	РС-70, РСКЗ-70, РСП-70
Время с момента сообщения, мин	5
Время следования ПП, мин	5

а)

### Вывод данных для принятия решения по адресному запросу

Тип объекта	Состояние эксплуатации	Рекомендации РТП по созданию позиций по тушению и поддержке действий по тушению																								
Не установлено	В эксплуатации	Необходима интенсивная проверка путей эвакуации и мест общего пользования, а также помещений, находящихся на пути распространения пожара. Требуется введение позиции по тушению в чердак здания через слуховые окна, наименее подверженные воздействию пожара. Возможно обрушение конструкций кровли в объем объекта пожара и за его периметр с торцов здания.																								
Наличие балонного газа	Степень огнестойкости																									
+	5	<p style="text-align: right;">Организация электроснабжения</p> <p style="text-align: center;"><b>МП "ГЭС"</b></p> <p style="text-align: right;">Организация газоснабжения</p> <p style="text-align: center;"><b>ОАО "Обьгаз"</b></p> <p style="text-align: right;">Район выезда</p> <p style="text-align: center;"><b>75 ПЧ</b></p>																								
Наличие источников наружного водоснабжения:		Ближайший ИППВ <span style="color: green;">Исправен</span>																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Расстояние, м</th> <th>Водоотдача, л/с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ПГ ПГ 053-12</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Объем</td> <td>Расстояние, м</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ПВ</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Номер	Расстояние, м	Водоотдача, л/с	ПГ ПГ 053-12	60	40	Объем	Расстояние, м		ПВ			<p style="text-align: center;"><b>Наличие пожарной техники:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ОПА</th> <th>Наименование</th> <th>АПП-0,5 (ГАЗель)</th> <th>АЦ-40 (43118)</th> <th>АЦ-40 (260) Крас</th> <th>ПСА-40 (6339)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>500</td> <td>7000</td> <td>8000</td> <td>6000</td> </tr> </tbody> </table>		ОПА	Наименование	АПП-0,5 (ГАЗель)	АЦ-40 (43118)	АЦ-40 (260) Крас	ПСА-40 (6339)	4		500	7000	8000	6000
Номер	Расстояние, м	Водоотдача, л/с																								
ПГ ПГ 053-12	60	40																								
Объем	Расстояние, м																									
ПВ																										
ОПА	Наименование	АПП-0,5 (ГАЗель)	АЦ-40 (43118)	АЦ-40 (260) Крас	ПСА-40 (6339)																					
4		500	7000	8000	6000																					
<p>Количества основных ПА достаточно для обеспечения бесперебойной подачи огнетушащего вещества, задействование АПП для подачи огнетушащих веществ не целесообразно.</p> <p>Количества личного состава достаточно для обеспечения работы позиций по тушению</p>		<p style="text-align: center;"><b>Заклучение о достаточности сил и средств</b></p>																								
<p>СПА 1</p> <p>Наименование</p> <p>АКП-37 (Камаз-)</p> <p>Возможность подачи ОВ через стационарный прибор подачи</p> <p>есть</p>		<p style="text-align: center;"><b>Пути дальнейшего распространения горения</b></p> <p>Наиболее интенсивное распространение пожара происходит в помещениях и на путях эвакуации на уровне 2 этажа (до 7 минут пожара). Переход на чердак происходит, в основном, через лаз лестничной клетки и прогары (5-7 минут пожара). Наиболее интенсивное распространение пожар получает в чердаке (до 10 минуты пожара). Переход на 1 этаж происходит, в основном, через</p>																								
<p>ППВ 0</p> <p>Наименование</p> <p>Емкость цистерн, л.:</p>		<p>Расчетная площадь пожара: 240</p> <p>Расчетная площадь тушения: 240</p>																								
<input type="button" value="Схема объекта на местности"/>		<input type="button" value="Сохранить результат обработки"/>																								
<input type="button" value="Перейти к новому запросу"/>		<input type="button" value="Схемы развертывания"/>																								
<input type="button" value="Вывести окно запроса"/>		<input type="button" value="Отправить форму"/>																								
<input type="button" value="Лог расчета"/>		<input type="button" value="Печать"/>																								
<input type="button" value="Выход"/>		<input type="button" value="Выход"/>																								

б)



в)

Рисунок 3.23 – Окно ввода (выбора) данных при адресном режиме работы (а), окно вывода результатов обработки информации (б) и графической информации (в) [158]

Алгоритм работы расчетного модуля включает поэтапное выполнение расчетов, согласно модели (Рисунок 2.20) для начального этапа тушения пожара [161], то есть для состава СиС, установленного базой данных объектов или введенного оператором и дает заключение о достаточности СиС и ресурсов для пожаротушения. Расчетный модуль, по результатам ввода данных запроса оператора, осуществляет расчет СиС, опираясь на базу данных объектов и базу справочных значений. Укомплектованность личным составом оперативных отделений ПП, в целях проведения расчета, задана коэффициентом  $K_y$ :

$$K_y = \frac{N_{\text{л.с.факт.}}}{N_{\text{л.с.норм.}}}, \quad (3.1)$$

где  $N_{\text{л.с.факт.}}$  – фактическая укомплектованность оперативных отделений ПП личным составом, чел.,  $N_{\text{л.с.норм.}}$  – нормативная численность личного состава оперативных отделений ПП, чел.

Модуль графической информации представлен:

- схемами объектов и источников ППВ на местности;
- схемами развертывания СиС первых оперативных отделений ПП (с учетом наличия или отсутствия в расчете СПА).

Подбор схем развертывания осуществляется исходя из  $K_y$  и фактически заданного сценария развития пожара.

Блок подбора рекомендаций основан на результатах математического моделирования процесса развития пожара (Рисунки 2.9-2.12) и может дополняться (корректироваться) путем включения результатов анализа новых моделей и сценариев развития пожара в ЗНППУ.

### 3.5. Выводы по Главе 3

При расчетно-аналитической проверке модели СУ подразделениями при пожаротушении в ЗНППУ представлен способ оценки ОТД оперативных отделений ПП, позволяющий заключить о достижимости локализации пожара сосредоточенными СиС и ресурсами в масштабе, соответствующем этапу развития пожара. Определены способы расширения тактических возможностей отделений ПП по созданию позиций по ведению ОТД, в том числе в рамках приоритетных (выбранных РТП) направлений действий.

Выявлены участки пожаротушения с позициями, эффективность работы которых не обеспечивала выполнения действий, направленных на сокращение времени достижения локализации пожара. Рассмотрены динамика создания позиций по тушению и обеспечению действий и закономерности создания позиций, позволяющие ее интенсифицировать, исследованы временные параметры проведения эндогенной разведки пожара различным составом СиС подразделений.

Создание позиций по тушению пожара, основанных на использовании специальных пожарных автомобилей в качестве платформы для подачи ОТВ, позволяет активно препятствовать росту зоны недоступности для действий звеньев ГДЗС. Целесообразность создания таких позиций по тушению пожара на начальном этапе пожаротушения доказана в ходе экспериментального моделирования ОТД по тушению пожара и математического моделирования развития пожара в ЗНППУ.



Создание дополнительных позиций, осуществляющих подачу ОТВ непосредственно в зону горения, без задействования личного состава оперативных отделений ПП позволяет повысить тактический потенциал сосредоточенных на месте пожара СиС и ресурсов подразделений.

Предложена программная реализация модели организации системы управления ПП, представлен разработанный программный продукт, работающий в адресном режиме реагирования на пожар в ЗНППУ.

### **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 процессе диссертационного исследования осуществлена декомпозиция пожаротушения развившихся пожаров 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 %, в зависимости от состава ресурсов дежурного караула.

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.

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 пожаротушения. 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, 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 пожаротушении. Внедрение результатов исследования способствует повышению уровня готовности пожарных 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, в ходе разведки пожара, 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.

## Перечень сокращений

АЛ – автолестница  
АПК – автомобильный коленчатый подъемник  
АПСЛ – автомобиль пожарно-спасательный с лестницей  
АСР – аварийно-спасательные работы  
АСС (Ф) – аварийно-спасательная служба (формирование)  
АЦ – автоцистерна  
АЦПК – пожарная автоцистерна с коленчатым подъемником  
БУ (СПР) – боевой участок (сектор проведения работ)  
ГДЗС – газодымозащитная служба  
ГПС – Государственная противопожарная служба  
ГСМ – горюче-смазочные материалы  
ДАСВ – дыхательный аппарат на сжатом воздухе  
ДАСК – дыхательный аппарат на сжатом кислороде  
ДСПТ – дежурная служба пожаротушения  
ЗНППУ – здания низкой устойчивости при пожаре  
НРС – насосно-рукавная система  
НБУ – начальник боевого участка  
НТ – начальник тыла  
НШ – начальник штаба  
ОВ – огнетушащее вещество  
ОТД – оперативно-тактические (боевые) действия  
ОШ – оперативный штаб пожаротушения  
ПА – пожарный автомобиль  
ПП – пожарное (пожарно-спасательное) подразделение  
ППВ – наружное противопожарное водоснабжение  
ППП – пожарный пеноподъемник  
ПСГ – пожарно-спасательный гарнизон  
ПСО – поисково-спасательный отряд  
ПСЧ – пункт связи части

ПТО – пожарно-техническое оборудование

РТП – руководитель тушения пожара

СиС – силы и средства

СИЗОД – средства защиты органов дыхания и зрения

СПА – специальный пожарный автомобиль

СПТ – служба пожаротушения

СУ – система управления пожарными подразделениями

ТПЛ – пожарный телескопический автоподъемник с лестницей

ФПС – федеральная противопожарная служба

ЦППС – центральный пункт пожарной связи

ЦУКС – центр управления в кризисных ситуациях

## Список литературы

1. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году [Текст] : стат. сб. / под общей редакцией В. И. Климкина. – М. : ВНИИПО, 2014. – 137 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году [Текст] : стат. сб. / под общей редакцией А. В. Матюшина. – М. : ВНИИПО, 2015. – 124 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году [Текст] : стат. сб. / под общей редакцией Д. М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2017. – 124 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году [Текст] : стат. сб. / под общей редакцией Д. М. Гордиенко. – М. : ВНИИПО, 2018. – 125 с.
5. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 2011 год [Текст] : письмо МЧС России от 19.01.2012 г. №19-1-10-149.
6. Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров, утвержденные МЧС России 27.02.2013 (№2-4-87-1-18) [Текст].
7. Организационно-методические указания по тактической подготовке начальствующего состава федеральной противопожарной службы МЧС России, утвержденные МЧС России 28.06.2007 [Текст].
8. Денисов, А. Н. Оперативно-тактические действия пожарных подразделений по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости (IV–V степени) при пожаре [Текст] : учеб.-метод. пособие / А. Н. Денисов [и др.]. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. – 58 с.
9. Об утверждении Правил пожарной безопасности в городе Москве [Текст] : постановление Правительства Москвы от 30.09.2008 № 880-ПП ; в редакции Постановления Правительства Москвы от 30.01.2013 № 36-ПП.
10. Предложения по снижению пожарной опасности зданий с низкой устойчивостью при пожарах, направленные письмом ГУ ГПС МВД России от 13.01.2000 №20/2.2/106 [Текст].

11. Проект методики оценки боевых действий подразделений ППО при тушении пожаров в зданиях V степени огнестойкости, утвержденной ВИПТШ МВД СССР 30.12.1976 [Текст].
12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009 [Текст] : стат. сб. / И. И. Болотов [и др.] ; Росстат. – М., 2009. – 990 с.
13. Российский статистический ежегодник. 2012 [Текст] : стат. сб. / Э. Ф. Баранов [и др.] ; Росстат. – М., 2012. – 786 с.
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013 [Текст] : стат. сб. / Н. С. Бугакова [и др.] ; Росстат. – М., 2013. – 990 с.
15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017 [Текст] : стат. сб. / Н. С. Бугакова [и др.] ; Росстат. – М., 2017. – 1402 с.
16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018 [Текст] : стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 1162 с.
17. Степанов, О. И. Стоимость тушения и ущерб от пожаров как показатели оценки управления ресурсами пожарных подразделений при тушении пожаров / О. И. Степанов [и др.] // Техносферная безопасность : интернет-журнал. – 2014. – Вып. № 4 (5).
18. О программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Улучшение жилищных условий населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» на 2005–2015 годы [Текст] : закон Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 11.11.2005 № 103-оз : принят Думой Ханты-Мансийского автономного округа – Югры 28.10.2005.
19. Протокол заседания постоянно действующего совещания по координации контрольной деятельности в Уральском федеральном округе от 22.06.2017 № 1 (г. Екатеринбург) [Текст] : письмо Аппарата полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе от 19.07.2017 № А54-05-360.
20. Об адресной программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по переселению граждан из аварийного жилищного фонда на 2013–2017 годы

[Текст] : постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 30.05.2013 № 211-п.

21. Об утверждении долгосрочной муниципальной целевой программы «Переселение граждан из ветхого и аварийного жилищного фонда, признанного непригодным для проживания» на 2011-2015 года [Текст] : постановление Администрации муниципального образования город Салехард от 30.03.2011 № 162.

22. Брушлинский, Н. Н. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе [Текст] : учебник / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов. – М. : Академия МЧС России, 2011. – 173 с.

23. Порошин, А. А. Обоснование ресурсов ГПС МЧС России на территориальном уровне [Текст] / А. А. Порошин // Международный симпозиум «Комплексная безопасность России». – М., 2012.

24. Подгрушный, А. В. Повышение тактических возможностей пожарных подразделений на основе совершенствования управления боевыми действиями [Текст] : автореф. дисс. ... канд. тех. наук : 05.13.10 / Александр Васильевич Подгрушный. – М.

25. Григорьев, А. Н. Поддержка принятия управленческих решений при тушении крупных пожаров в общественных зданиях [Текст] : автореф. дисс. ... канд. тех. наук : 05.13.10 / Алексей Николаевич Григорьев – М., 2012. – 26 с.

26. Данилов, М. М. Модели и алгоритмы поддержки управленческих решений при тушении пожаров нефтяных резервуаров [Текст] : автореф. дисс. ... канд. тех. наук : 05.13.10 / Михаил Михайлович Данилов. – М., 2015. – 27 с.

27. Данилов, М. М. Совершенствование принятия решений при управлении процессом тушения пожара [Текст] / М. М. Данилов // Сборник статей и тезисов выступлений V Московской межвузовской научно-практической конференции «Студенческая наука». – М., 2011. – С. 479-480.

28. Богданов, М. И. Справочник по пожарной технике и тактике [Текст] : учебное пособие / М. И. Богданов, Г. Ф. Архипов, Е. И. Мясенков ; Управление



государственной противопожарной службы Санкт-Петербурга и Ленинградской области МЧС России. – СПб., 2002. – 120 с.

29. Брушлинский, Н. Н. Обеспечение требуемого уровня защиты личного состава, участвующего в ликвидации пожаров аварийных фонтанов, от термического воздействия пламени с помощью теплозащитных устройств [Текст] / Н. Н. Брушлинский [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. – № 4.

30. Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны [Текст] : приказ МЧС России от 26.10.2017 № 472, зарегистрирован в Минюсте РФ 12.02.2018 г. №50008.

31. Повзик, Я. С. Тактическая и психологическая подготовка руководителя тушения пожара [Текст] / Я. С. Повзик, В. М. Панарин. – М. : Стройиздат, 1988. – 112 с.

32. Ромашов, О. В. Социология и психология управления [Текст] : учеб. пособ. / О. В. Ромашов, Л. О. Ромашова. – М. : Экзамен, 2002. – 512 с.

33. Порошин, А. А. Метод анализа сочетания пар сотрудников в подразделениях пожарной охраны как часть социометрических исследований [Текст] / А. А. Порошин, Е. Ю. Галкина, Е. В. Бобринев // Пожарная безопасность. – 2007. – № 4.

34. Kunkelmann, J. Feuerwehreinsatztaktische Problemstellungen bei der Brandbekämpfung in Gebäuden moderner Bauweise [Текст] / J. Kunkelmann, D. Brein. – 2010. – 103 p.

35. Joerger, S. Modern wood-frame construction: firefighting problems and tactics // Fire Engineering. – 2014. – Vol. 167, Issue 1.

36. Joerger, S. Firefighting Tactics for Buildings Using Modern Wood-Frame Construction.

37. Журавлев, Н. М. Формализация и постановка задачи пожарным подразделениям при тушении пожара [Электронный ресурс] / Н. М. Журавлев, А. Н. Денисов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2010. – Вып. № 2 (30).

38. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. – М. : МПСИ, 2005. – 584 с.

39. Степанов, О. И. О формализации метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости [Электронный ресурс] / О. И. Степанов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2012. – Вып. № 3 (43).
40. Тараканов, Д. В. Компьютерное моделирование процессов развития и тушения пожаров в зданиях [Электронный ресурс] / Д. В. Тараканов, Е. С. Варламов, М. В. Илеменов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2014. – Вып. № 5 (57).
41. Степанов, О. И. Теоретические основы применения метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений [Электронный ресурс] / О. И. Степанов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2013. – Вып. № 3 (49).
42. Рекомендации об особенностях ведения боевых действий и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров на различных объектах [Текст] : утверждены ГУГПС МВД РФ 02.06.2000 г.
43. Проект Боевого устава по организации тушения пожаров подразделениями пожарной охраны от 20.04.2016, направленный письмом МЧС России от 21.04.2016 №28-1-748 [Текст].
44. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Текст] : приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444, зарегистрирован в Минюсте РФ 20.02.2018 г. №50100.
45. Ларин, А. А. Теоретические основы управления. Часть 1. Процессы, системы и средства управления [Текст] : учебное пособие / А. А. Ларин. – М. : РВСН, 1998.
46. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах [Текст] : приказ МЧС России от 25.10.2017 № 467 ; зарегистрирован в Минюсте РФ 09.02.2018 №49998.
47. Брушлинский, Н. Н. Математическая модель оперативной деятельности пожарной охраны города [Текст] / Н. Н. Брушлинский, Н. Н. Соболев //

Стационарные и передвижные средства борьбы с пожарами : сб. науч. тр. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1985.

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

49. Абдурагимов, Г. И. Теория массового обслуживания в управлении пожарной охраной [Текст] : монография / Г. И. Абдурагимов, А. А. Таранцев. – М., 2000.

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

51. Абдурагимов, Г. И. Теоретические основы совершенствования управления оперативными службами мегаполисов [Текст] : автореф. дисс. ... док. тех. наук : 05.13.19 / Георгий Иосифович Абдурагимов. – М., 2000.

52. Матюшин, А. В. Проектирование размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах с использованием геоинформационных технологий [Текст] / А. В. Матюшин [и др.] // ТЕХНИКА І TECHNOLOGIA ВіТР Vol. 31 Issue 3, 2013.

53. Зернов, С. И. Первоначальные действия по факту пожара [Текст] : учеб.-практ. пособие / С. И. Зернов, Е. Ю. Павлов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2005. – 159 с.

54. Денисов, А. Н. Экспериментальное исследование развития и тушения пожаров в жилых квартирах [Текст] / А. Н. Денисов [и др.] // Сб. тезисов науч.-практ. конф. «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации».

55. Петров, И. И. Некоторые проблемы тушения пожаров в помещениях [Текст] / И. И. Петров // Пожарная безопасность. – 2009. – № 2.

56. Кошмаров, Ю. А. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / Ю. А. Кошмаров, М. П. Башкирцев. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1987. – 444 с.

57. Федосов, С. В. Математическая модель развития пожаров в системе помещений [Текст] / С. В. Федосов [и др.] // Вестник МГСУ. – 2013. – № 4. – С. 121–128.

58. Повзик, Я. С. Неравномерность нагрузки на пожарных при боевом развёртывании [Текст] / Я. С. Повзик, В. В. Терехнёв // Пожарная техника, тактика и автоматические установки пожаротушения : сб. науч. трудов. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1989.
59. Терехнёв, В. В. Математическая модель определения времени боевого развёртывания [Текст] / В. В. Терехнёв, С. Л. Паровин // Динамика пожаров и их тушение : сб. науч. трудов. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1987.
60. Пивоваров, В. В. Оценка целесообразности внедрения в практику тушения пожаров автолестниц и автоподъемников с рабочей высотой подъема более 50 метров [Текст] / В. В. Пивоваров [и др.] // Пожарная безопасность : научно-технический журнал. – 2007. – № 3.
61. Разработка методических рекомендаций по применению в подразделениях МЧС России робототехнических средств при проведении аварийно-спасательных работ и пожаротушения [Текст] : отчёт о научно-исследовательской работе / ВНИИПО ; науч. рук. темы М. В. Савин. – М., 2013. – 55 с.
62. Власов, К. С. Математическая модель организации управления роботизированными пожарными подразделениями при тушении крупных пожаров [Электронный ресурс] / К. С. Власов, С. Г. Цариченко // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2015. – Вып. № 2 (60).
63. Денисов, А. Н. Разработать информационное и программное обеспечение АРМа для служб пожаротушения [Текст] : отчёт НИР / А. Н. Денисов, А. С. Даниленко, Ю. Г. Журавлёв. – М. : МИПБ МВД России, 1993. – 210 с.
64. Денисов, А. Н. Оценка ОТД [Текст] : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014616432 / А. Н. Денисов, К. С. Власов.
65. Денисов, А. Н. Совмещенный график [Текст] : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014616625 / А. Н. Денисов, К. С. Власов.
66. Тетерин, И. М. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных

городах [Электронный ресурс] / И. М. Тетерин [и др.] // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2008. – Вып. № 4 (20).

67. Мокшанцев, А. В. Модели, методы и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами, образующимися в результате чрезвычайных ситуаций, аварий, пожаров и взрывов [Электронный ресурс] / А. В. Мокшанцев, И. М. Тетерин, Н. Г. Топольский // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – Вып. № 5 (51).

68. Тетерин, И. М. Применение математической теории игр в системе поддержки принятия решений руководителем тушения пожара [Электронный ресурс] / И. М. Тетерин [и др.] // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2008. – Вып. № 6 (22).

69. Сафонов, В. И. Об автоматизированных системах принятия решений в экстремальных ситуациях [Электронный ресурс] / В. И. Сафонов, И. В. Сафонов, Н. Г. Топольский // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2007. – Вып. № 1 (11).

70. Терещнев, В. В. Пожаротушение в жилых и общественных зданиях. Серия «Пожаротушение». Книга 1 [Текст] / В. В. Терещнев, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный ; Академия ГПС МЧС России, 2008. – Екатеринбург : Калан, 2008. – 214 с.

71. Перевалов, А. С. Математические модели управления поисково-спасательными подразделениями МЧС России на внутренних водоемах [Текст] : автореф. дисс. ... канд. тех. наук : 05.13.18 / Андрей Сергеевич Перевалов. – Санкт-Петербург, 2013. – 23 с.

72. Гундар, С. В. Модель оперативно-тактических действий пожарных подразделений при ликвидации пожаров и других чрезвычайных ситуаций [Текст] / С. В. Гундар [и др.] // Пожарная безопасность : научно-технический журнал. – 2009. – № 2.

73. Степанов, О. И. Применение систем информационно-аналитической поддержки управленческих решений при пожаротушении / О. И. Степанов [и др.] // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: материалы

- Дней науки (6-9 декабря 2016 г.) в 2-х частях / сост. М. Ю. Порхачев, О. Ю. Демченко. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2017.
74. Мухин, В. И. Исследование систем управления [Текст] : учебник для вузов / В. И. Мухин. – М. : Экзамен, 2003. – 384 с.
75. Трухаев, Р. И. Модели принятия решений в условиях неопределенности [Текст] / Р. И. Трухаев. – М. : Наука, 1981. – 258 с.
76. О федеральном государственном учреждении «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» [Текст] : указ Президента Российской Федерации от 23.10.2008 № 1515.
77. Артамонов, В. С. Методика определения рационального числа операторов и линий связи центра управления силами Федеральной противопожарной службы [Текст] / В. С. Артамонов, К. В. Погорельская, А. А. Таранцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – № 6.
78. Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде [Текст] : приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3.
79. ГОСТ Р 53247–2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения [Текст].
80. ГОСТ Р 53248–2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Номенклатура показателей [Текст].
81. Эффективность функционирования комплекса «Человеко-техническое устройство» в системе охраны объектов [Текст] : отчёт ВИПТШ / руководитель – И. А. Падей инв. № 554. – М., 1974.
82. Терехнёв, В. В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара [Текст] / В. В. Терехнёв, А. В. Подгрушный. – Екатеринбург : Калан, 2008. – 512 с.
83. Повзик, Я. С. Справочник РТП [Текст] / Я. С. Повзик. – М. : Спецтехника, 2000.

84. Иванников, В. П. Справочник руководителя тушения пожара [Текст] / В. П. Иванников, П. П. Ключ. – М. : Стройиздат, 1987. – 288 с.
85. Терещнев, В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений [Текст] / В. В. Терещнев. – М. : Пожкнига, 2004. – 248 с.
86. ГОСТ Р 53255–2009 Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
87. НПБ 190-2000 Техника пожарная. Баллоны для дыхательных аппаратов со сжатым воздухом для пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
88. Денисов, А. Н. Использование теории графов при моделировании боевых действий пожарных подразделений [Текст] / А. Н. Денисов [и др.] : мат. IX науч.-техн. конф. «Системы безопасности». 25 октября 2000 г., Москва. – М. : Академия ГПС МВД России, 2000.
89. Денисов, А. Н. Моделирование сосредоточения и введения сил и средств для планирования боевых действий пожарных подразделений [Текст] / А. Н. Денисов [и др.] // Пожары и окружающая среда : материалы XVII Международной науч.-практ. конф. – М. : ВНИИПО, 2002. – 477 с.
90. Степанов, О. И. Обоснование метода поэтапного ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров / О. И. Степанов [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – Вып. № 1 (53).
91. Терещнев, В. В. Управление силами и средствами на пожаре [Текст] : учебное пособие / В. В. Терещнев, А. В. Терещнев ; под ред. докт. техн. наук, проф. Е. А. Мешалкина. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2003. – 261 с.
92. Schröder, H. Einsatztaktik für den Gruppenführer [Текст] / H. Schröder. – W. Kohlhammer, 2009. – 124 p.
93. Наставление по службе связи Государственной противопожарной службы Министерства внутренних дел Российской Федерации [Текст] : утвержденное

приказом МВД России от 30.06.2000 № 700 (отменено приказом МЧС России от 02.07.2012 № 388).

94. Об утверждении и введении в действие Руководства по радиосвязи Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Текст] : приказ МЧС России от 26.12.2018 № 633.

95. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Текст] : федер. закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изм. и доп.).

96. Правила противопожарного режима в Российской Федерации [Текст] : утв. Пост. Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390 (с изм. и доп.).

97. Назарова, Л. Г. Проектирование гражданских зданий для Крайнего Севера [Текст] : справ. пособ. / Л. Г. Назарова, В. Е. Полуэктов, А. А. Сорокин ; под ред. Л. Г. Назаровой. – Л. : Стройиздат, 1984. – 216 с.

98. Березовский, Б. И. Строительное производство в условиях Севера [Текст] / Б. И. Березовский. – Л. : Стройиздат, 1982. – 183 с.

99. Сербинович, П. П. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания массового строительства [Текст] : учебник для строительных вузов / П. П. Сербинович. – М. : Высшая школа, 1975. – 319 с.

100. Степанов, О. И. Структура системы управления пожарно-спасательными подразделениями на начальном этапе пожаротушения / О. И. Степанов [и др.] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2017. – Вып. № 3 (73).

101. Experimentelle Untersuchungen in der holzbefeuerten Brandübungsanlage (NBUEA) der Feuerwehr Karlsruhe. – Karlsruhe : Karlsruher Institut für Technologie – Forschungsstelle für Brandschutztechnik, 2010. – 135 s. [Текст].

102. Об утверждении примерных расчетов штатной численности, нормативов положенности личного состава пожарных частей, отдельных постов и порядка определения вида подразделений и техники противопожарной службы Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [Текст] : приказ Департамента



гражданской защиты населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 28.02.2013 № 2-нп.

103. О плане привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре [Текст : распоряжение Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 01.07.2013 №341-рп.

104. Краткие окончательные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре [Текст] : статистическое издание / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по ХМАО – Югре. – ХМ., 2012. – 58 с.

105. Предварительные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года по Ямало-Ненецкому автономному округу [Текст] : статистическое издание / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ямало-Ненецкому автономному округу, 2011. – 45 с.

106. Методические рекомендации по изучению пожаров, утвержденные МЧС России 12.03.2007 [Текст].

107. Методические рекомендации по изучению пожаров, утвержденные МЧС России 27.02.2013 [Текст].

108. Шебеко, А. Ю. Применение программного комплекса FDS 5 для расчетной оценки параметров рассеивания проливов сжиженного природного газа [Текст] / А. Ю. Шебеко, Ю. Н. Шебеко, Д. М. Гордиенко // Пожарная безопасность : научно-технический журнал. – 2013. – № 1.

109. Степанов, О. И. Реализация поэтапного метода ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров [Электронный ресурс] / О. И. Степанов, М. В. Стахеев, М. Д. Джабаев // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2014. – Вып. № 6 (58).

110. СИТИС 4-12 Рекомендации по использованию программы FDS с применением PyroSim 2012 и «СИТИС: Фламмер 3» [Текст]. – 170 с.

111. Отзыв специалистов Академии Государственной противопожарной службы МЧС России о возможности использования программного комплекса «FireCat» для расчета времени эвакуации и индивидуального пожарного риска от 02 ноября 2015 года [Текст].
112. Сертификат соответствия продукции «Программа FireCat: Pyrosim, Pathfinder, Firerisk» №РОСС RU.СП15.Н00743 [Текст].
113. Степанов, О.И. Алгоритм синтеза системы управления пожарными подразделениями на месте пожара / О. И. Степанов, А. Н. Денисов // Техносферная безопасность. – 2018. – Вып. № 2 (19).
114. Fredricks, A. Little drops of water: 50 years later, part 1. Fire Engineering, 01.02.2000. Volume 153. Issue 2.
115. Blockley, W. V. Temperature Tolerance: Man: Part 1. Heat and Cold Toleranace with and without Protective Clothing, Biology Data Book, Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda, MD. – 1973. – p. 781.
116. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст].
117. Weng Poh M. AiRAH. Tenability criteria for design of smoke hazard management systems [Текст].
118. Респиратор изолирующий регенеративный «УРАЛ-10» [Текст] : руководство по эксплуатации У10.00.00.000 РЭ.
119. Степанов, О. И. Применение тактического потенциала при оценке оперативно-тактических действий пожарных подразделений при тушении пожаров [Электронный ресурс] / О. И. Степанов [и др.] // Техносферная безопасность : интернет-журнал. – 2015. – Вып. № 3 (8).
120. 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. – Вып. №27(11) – С. 58-66.
121. Методические рекомендации по вопросам эксплуатации, проверки и испытания источников противопожарного водоснабжения для целей наружного

пожаротушения для Государственной противопожарной службы МЧС России по субъектам Российской Федерации Приволжско-Уральского региона [Текст] : утвержденные Приволжско-Уральским региональным центром МЧС России 15.07.2008 (письмо №7000-7-3-03).

122. Методические рекомендации по организации контроля за наружными системами противопожарного водоснабжения [Текст] : письмо статс-секретаря – заместителя Министра В. А. Пучкова от 24.09.2008 №43-3320-18.

123. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения [Текст] : утвержденные МЧС России 05.08.2013.

124. Демидов, П. Г. Пожарная тактика [Текст] : учебник / П. Г. Демидов, Я. С. Повзик. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1976. – 362 с.

125. Копнин, М. Ю. Применение языка сетей Петри в системах сетевого планирования и управления при дефиците ресурсов [Текст] / М. Ю. Копнин, В. В. Кульба, Е. А. Микрин // Пробл. управл. – 2003. – № 2. – С. 35–42.

126. Копнин, М. Ю. Структурно-технологический резерв и его использование для повышения устойчивости производственных систем [Текст] / М. Ю. Копнин, В. В. Кульба, Е. А. Микрин // Пробл. управл. – 2005. – № 4. – С. 55–60.

127. Лескин, А. А. Сети Петри в моделировании и управлении [Текст] / А. А. Лескин, П. А. Мальцев, А. М. Спиридонов. – Л. : Наука, 1989. – 133 с.

128. Васильев, В. В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем [Текст] / В. В. Васильев, В. В. Кузьмук ; АН УССР Институт проблем моделирования в энергетике. – Киев : Наук. думка, 1990. – 216 с.

129. Колесников, В. А. Способы предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах [Текст] / В. А. Колесников. – М. : РХТУ, 1997.

130. Козлитин, А. М. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка [Текст] / А. М. Козлитин. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2000.

131. Субботин, В. Е. Чрезвычайные ситуации техногенного характера [Текст] / В. Е. Субботин ; М-во общ. и проф. образования Рос. Федерации. – Волгогр. гос. техн. ун-т, 1996.
132. Абалян, И. Г. Обеспечение жизнедеятельности людей в чрезвычайных ситуациях [Текст] / И. Г. Абалян. – СПб. : Образование, 1992.
133. Денисов, А. Н. Методы, модели и алгоритмы поддержки управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров [Текст] : дисс. ... док. тех. наук : 05.13.10 / Алексей Николаевич Денисов – М., 2018.
134. 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. – Вып. № 2 (66).
135. ГОСТ 12.1.033–81\* Пожарная безопасность. Термины и определения [Текст].
136. СП13.13130.2009. Свод правил. Атомные станции. Требования пожарной безопасности [Текст] : утв. приказом МЧС России от 07.09.2009 № 515.
137. Степанов, О.И. Модель системы информационно-аналитической поддержки управления пожарно-спасательными подразделениями / О. И. Степанов, А. Н. Денисов // Техносферная безопасность. – 2018. – Вып. № 3 (20).
138. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1964.
139. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2003. – 464 с.
140. Описание пожара, происшедшего 03.09.2007 по адресу: Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Ноябрьск, ул. Советская, 28 [Текст].
141. ГОСТ Р 53331-2009 Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
142. НПБ 177-99 Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].

143. ГОСТ Р 53275-2009 Техника пожарная. Лестницы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
144. Тараканов, Д. В. Компьютерная модель ликвидации пожаров для тактической подготовки пожарных [Электронный ресурс] / Д. В. Тараканов, И. Ф. Саттаров // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2014. – Вып. № 6 (58).
145. Илеменов, М. В. Комплекс программ для разработки электронных документов предварительного планирования тушения пожаров в зданиях [Электронный ресурс] / М. В. Илеменов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. – 2015. – Вып. № 1 (59).
146. Jürgen Kunkelmann. Bewertung der Löschmittel Wasser und Wasser mit Zusätzen für den Feuerwehreinsatz, bei besonderer Berücksichtigung von Bränden in ausgebauten Dachgeschossen. Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Forschungsstelle für Brandschutztechnik, FA. Nr. 217 (2/2011), 2014.
147. СП 54.13330.2011 Свод правил. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 [Текст].
148. Manzello, S.L., Gann, R.G., Kuckak, S.R., Prasad, K.R., and Jones, W.W., An Experimental Determination of a Real Fire Performance of a Non-Load Bearing Glass Wall Assembly, Fire Technology 43 (2007).
149. Keski-Rahkonen, O., Breaking of Window Glass Close to Fire, Fire and Materials 12 (1988).
150. Vandecasteele F., Merci B., Verstockt S. Fireground location understanding by semantic linking of visual objects and building information models // Fire Safety Journal. – 2017. – Vol. 91, p. 1026-1034.
151. Expertenmeinungen zu notwendigen künftigen Entwicklungen im Bereich «Atemschutzeinsatz im Innenangriff samt Branddienst-Ausbildung», Österreich 2010 – 92 seite.
152. Artikel von Florian Sperber. Moderne Brände. Am 14. August 2014.
153. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях ФПС ГПС [Текст]: приказ Минтруда России от 23 декабря 2014 года № 1100н.

154. Отчет о проделанной работе по моделированию возгорания жилого дома № 21 в микрорайоне Центральный, п. Талинка, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, 2015 [Текст].
155. Slaby C., Wibel A. Einsatztaktik für die Feuerwehr Hinweise zu Dachstuhlbränden. Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg, Bruchsal, 2012, 22 s.
156. Веревкин, А. П. Анализ и синтез автоматических систем регулирования сложных объектов нефтепереработки и нефтехимии [Текст] : учебное пособие / А. П. Веревкин, Л. Г. Дадаян. – Уфа : Изд. Уфим. нефт. ин-та, 1989.
157. Матюшин, А. В. Информационно-аналитическое обеспечение деятельности оперативных подразделений пожарной охраны [Текст] / А. В. Матюшин [и др.] // Пожарная безопасность. – 2007. – № 2.
158. Степанов, О. И. Информационно-аналитическая поддержка управленческих решений при пожаротушении [Текст] / О. И. Степанов, А. Н. Денисов, М. В. Стахеев // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Часть 1 : сб. статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 29-30 сентября 2016 г. : в 2 ч. / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. – 363 с.
159. Степанов, О. И. О поддержке принятия управленческих решений при подготовке личного состава пожарно-спасательных подразделений [Текст] / О. И. Степанов, А. Н. Денисов // Сб. материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». – ФКУ Центр «Антистихия» МЧС России, 2017. – С. 115-116.
160. 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, 2010. – С. 79-86.
161. Степанов, О. И. Пожарный ствол [Текст] : патент на изобретение №2641450.
162. Югорский Лесопромышленный Холдинг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ugratimber.com/buildproject.ru.tml>.

163. Спири́н, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента [Текст] : конспект лекций (отдельные главы из учебника для вузов) / Н. А. Спири́н, В. В. Лавров ; под общ. ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. – 257 с.
164. Иванников, Д. А. Проведение статистических экспериментов [Текст] : методические указания / Д. А. Иванников, С. М. Кашаев, Л. В. Шерстнёва ; НГТУ. – Н. Новгород, 2001.
165. Fredricks A. Little drops of water: 50 years later. Part 1 // Fire Engineering. – 2000. – Vol. 153, Issue 2.
166. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
167. Степанов, О. И. Выявление фактической пропускной способности пожарных рукавов эмпирическим методом [Электронный ресурс] / О. И. Степанов // Техносферная безопасность. – 2014. – Вып. № 2 (3).
168. ГОСТ Р 51017-2009 Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст].
169. Степанов, О. И. Устройство для подачи жидких огнетушащих веществ на высоту [Текст] : патент на изобретение №2657687 / О. И. Степанов.
170. Operating Manual. EVOLUTION 5600 Thermal Imaging Camera System, 36 p.
171. Сертификат пожарной безопасности ФГУ ВНИИПО МЧС России №ССПБ. US. УП001. В06231 [Текст].
172. 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» (20.03.2013)
173. Степанов, О. И. Об организации тушения пожаров в зданиях низкой устойчивости / О. И. Степанов [и др.] // Материалы II Международной научно-технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» (20.03.2013).

174. Кабелев, Н. А. Пожарная разведка: тактика, стратегия и культура [Текст] / Н. А. Кабелев. – Екатеринбург : ООО «Издательство «Калан», 2016. – 348 с.
175. Степанов, О. И. Создание позиций по тушению при управлении пожаротушением в зданиях низкой устойчивости при пожаре [Электронный ресурс] / О. И. Степанов, А. Н. Денисов, М. В. Стахеев // Техносферная безопасность. – 2018. – Вып. № 4 (21).
176. 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 [Электронный ресурс] / О. И. Степанов, М. В. Стахеев, М. Д. Джабаев, С. И. Осипенко // Техносферная безопасность. – 2016. – Вып. № 1 (10).



Массовая застройка многоквартирными жилыми домами  
в деревянном исполнении



а) завершение строительства по  
ул. Землеустроителей, г. Ханты-Мансийск



б) модель возводимого микрорайона ОМК  
в г. Ханты-Мансийск [162]



в) объекты завершеного строительства  
в микрорайоне ОМК, г. Ханты-Мансийск [162]



г) объекты завершеного строительства  
по ул. Уральская, г. Нягань [162]

## Функциональное назначение ЗНПШУ



а) гостиницы и общежития



б) жилые здания



в) административные здания



г) здания с торговыми помещениями



д) культовые здания



е) спортивные центры (школы, клубы)

## Выборка крупных пожаров в ЗНППУ с 2005 по 2018 годы

№ п/п	Субъект РФ	Адрес объекта пожара и дата возникновения	Объект пожара
1	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Советская, д. 28 03.09.2007	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
2	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Советская, д. 28 08.05.2008	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
3	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Магистральная, д. 45 13.04.2009	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
4	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Когалым, ул. Олимпийская, д. 5 19.02.2010	Двухэтажное общежитие V степени огнестойкости, типа «Финский комплекс»
5	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Ханты-Мансийск, пер. Геофизиков, д. 5 23.01.2012	Двухэтажное общежитие V степени огнестойкости, типа «Вахта»
6	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	п. Барсово, ул. Апрельская, д. 30 28.12.2009	Одноэтажное жилое здание V степени огнестойкости
7	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	п. Белый Яр, ул. Есенина, д.42 14.11.2009	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
8	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нижневартовск, ул. Заводская, д.106 28.10.2010	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
9	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нефтеюганск, 11 микрорайон, д. 7, 8 30.04.2009	Двухэтажный нежилой дом V степени огнестойкости серии «БАМ», двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
10	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, п. ГПЗ, д. 19 31.12.2009	Одноэтажное жилое здание V степени огнестойкости
11	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Ханты-Мансийск, ул. Пролетарская, д. 3, 02.03.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «ГУРА»
12	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нягань, ул. Интернациональная, д. 56 14.05.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «Вахта»
13	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Советский, ул. Губкина, д. 8 10.05.2013	Одноэтажное жилое здание, IV степени огнестойкости, типа «Бранденбург»
14	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Советский, ул. Троссовиков, д. 7 08.06.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «КДМО»
15	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нефтеюганск, жилой городок СУ-905, д.48 18.06.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
16	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нефтеюганск, 6 мкр., д. 66 15.08.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
17	Тюменская область	г. Тюмень, ул. Большая Заречная, д. 1 01.03.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
18	Тюменская область	п. Кировский ул. Центральная, д. 7 01.11.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
19	Тюменская область	г. Тюмень, ул. Сахалинская, д. 31 30.07.2013	Двухэтажный жилой дом IV степени огнестойкости
20	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, мкр. Вынгапуровский, ул. Энтузиастов, д. 8 02.01.2013	Одноэтажное жилое здание V степени огнестойкости

## Продолжение приложения № 3

21	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, ул. Железнодорожная д. 124 27.01.2013	Одноэтажное жилое здание V степени огнестойкости
22	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Надым, п. Лесной, д. 1/30 03.02.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
23	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Надым, мкр. Правобережный, в/г, АТБ-6, д. 20 13.03.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
24	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, ул. Таёжная д. 60 01.11.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
25	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нягань, п. Энергетиков, д. 42 20.01.2014	Одноэтажное жилое здание IV степени огнестойкости, типа «Бранденбург»
26	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	Октябрьский район, пос. Андра, д. 29	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
27	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г.п. Советский ул. Губкина д. 4	Одноэтажное жилое здание V степени огнестойкости
28	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Когалым, ул. Береговая, д. 22 24.01.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
29	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нефтеюганск, мкр. 11А, д. 10 13.08.2014	Двухэтажный жилой дом IV степени огнестойкости
30	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Изыскателей, д. 9А 16.06.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «Вахта»
31	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Северная, д. 16 21.04.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
32	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Советская, д. 20, корпус № 3 27.02.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, комплектной поставки, состоит из блоков-контейнеров каркасно- щитовой конструкции
33	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Магистральная, д. 17 12.07.2010	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
34	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Холмогорская, д. 62 10.11.2005	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «Вахта»
35	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Шевченко д. 96А 19.11.2005	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «Вахта»
36	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Энтузиастов д. 16А 11.01.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, типа «Вахта»
37	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, п. Кедровый-2, д. 8 01.01.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
38	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Мегион, ул. Губкина д. 4 11.06.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
39	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, ул. 60 лет Октября, д. 16 04.05.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
40	Тюменская область	с. Частые, ул. Ленина, д. 41 09.03.2014	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
41	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	п. Белый Яр, ул. Фадеева д. 10 04.08.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
42	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нягань, ул. Пионерская д. 13 11.10.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»



43	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Лангепас, ул. Светлый проезд, д. 17 01.09.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
44	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Пыть-Ях, 7 микрорайон, д. 9 07.07.2013	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости, серии «БАМ»
45	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нефтеюганск, 11 «а» мкр., д. 13 30.10.2015	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
46	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	с.п. Солнечный, ул. Космонавтов, д. 41, 10.01.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
47	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Ханты-Мансийск, ул. Мира д. 111 28.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
48	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Белоярский, квартал Молодежный, д.12 24.05.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
49	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, пос. Юность, ул. Саянская, д. 36 «А» 09.04.2016	Одноэтажный жилой дом V степени огнестойкости
50	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, ул. Парковая, д. 19/2 28.07.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
51	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Салехард, ул. Обская, д. 16 01.08.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
52	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Нягань ул. Интернациональная д.28 11.08.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
53	Ямало-Ненецкий автономный округ	пос. Пуровск, ул. Молодежная, д. 15 04.01.2016	Одноэтажный жилой дом V степени огнестойкости
54	Ямало-Ненецкий автономный округ	г.Новый Уренгой, ул. им. Молозина В.В., д.15 05.01.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
55	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Надым, поселок Лесной, д. 3/2 20.02.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
56	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, ул. Таежная д. 5 01.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
57	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Муравленко, ул. Новосёлов, д. 15 06.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
58	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Тарко-Сале, ул. 50 Лет Ямала, д. 4 06.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
59	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, Западная промзона, ул. Таежная, д. 224 09.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
60	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Лабытнанги, ул. Поисковая, д. 18 10.08.2016	Одноэтажный жилой дом V степени огнестойкости
61	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, ул. Энтузиастов, д. 26А 22.03.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
62	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, ул. Таежная, д.29 14.04.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
63	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Тарко-Сале, ул. Водников, д.8 25.04.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
64	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Лабытнанги, ул. Школьная, д. 9 01.05.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
65	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Ноябрьск, пос. УТДС, д. 141 10.05.2016	Одноэтажный жилой дом V степени огнестойкости
66	Ямало-Ненецкий автономный округ	г. Новый Уренгой, ул. Ягельная д. 5 04.08.2016	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
67	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Сургут, пос. Юность, ул. Саянская, д. 36а 09.04.2016	Одноэтажный жилой дом V степени огнестойкости
68	Тюменская область	с. Каменка ул. Мира, д. 4, стр. 2 13.01.2016	Двухэтажный гостиничный комплекс IV степени огнестойкости
69	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	г. Мегион, ул. Новая, д. 29 03.04.2018	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости
70	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	пос. Уньюган, ул. Школьная, д.24 09.04.2018	Двухэтажный жилой дом V степени огнестойкости

## Последствия крупных пожаров в ЗНППУ по выборке

Номер пожара по Приложению № 3	Погибло людей, чел.	Травмировано людей, чел.	Степень повреждения зданий
1	6	1	Повреждено 8 квартир, 860 м <sup>2</sup> поэтажной площади
2	3	0	Уничтожена кровля по всей площади чердачного помещения, повреждены нежилые квартиры первого подъезда (№№ 1-8)
3	0	0	Уничтожена кровля по всей площади чердачного помещения, уничтожено перекрытие второго этажа, повреждены квартиры второго этажа
4	4	6	Повреждены квартиры 2-го этажа, кровля здания
5	0	0	Уничтожены перекрытия первого и второго этажей, кровля горевшей половины здания
6	0	0	Внутренняя обшивка 4 квартир повреждена на площади 450 м <sup>2</sup> . Обрушена кровля на площади 300 м <sup>2</sup> , межчердачное перекрытие на площади 80 м <sup>2</sup>
7	0	0	Огнем повреждены 3 квартиры первого подъезда, 3 квартиры второго подъезда. Имеются прогары перекрытия кровли. Кровля обрушена на площади 450 м <sup>2</sup>
8	0	0	Здание уничтожено полностью
9	0	0	Уничтожен нежилой дом № 7 на площади 575 м <sup>2</sup> . Уничтожено 736 м <sup>2</sup> дома № 8 (второй этаж), повреждено 736 м <sup>2</sup> дома № 8 (первый этаж)
10	0	0	Здание повреждено огнём на площади 432 м <sup>2</sup> , обрушено на площади 350 м <sup>2</sup>
11	2	0	Огнем повреждены перекрытия первого и второго этажей, лестничная клетка по всей площади, квартира первого этажа. Все квартиры дома повреждены продуктами горения
12	0	2	Огнем повреждено 70 м <sup>2</sup> поэтажной площади. Повреждены: лестничная клетка на уровне первого и второго этажей первого подъезда на площади 15 м <sup>2</sup> ; коридор второго этажа на площади 38 м <sup>2</sup> ; коридор первого этажа на площади 7 м <sup>2</sup> ; чердачное помещение на площади 10 м <sup>2</sup>
13	2	0	В результате пожара здание повреждено огнем по всей площади и дальнейшая его эксплуатация не представляется возможной
14	2	0	В результате пожара здание повреждено огнем по всей площади и дальнейшая его эксплуатация не представляется возможной
15	0	0	В результате пожара уничтожено 2 квартиры на общей площади 310 м <sup>2</sup> ; повреждены 4 квартиры на общей площади 160 м <sup>2</sup>
16	0	0	В результате пожара повреждены: квартира № 2 на площади 50 м <sup>2</sup> , квартира № 6 на площади 10 м <sup>2</sup> , кровля на площади 300 м <sup>2</sup> . Уничтожена кровля на площади 40 м <sup>2</sup>
17	0	0	В результате пожара повреждена кровля дома и пристрой на общей площади 90 м <sup>2</sup>
18	0	2	Здание уничтожено полностью
19	0	1	В результате пожара здание повреждено огнем по всей площади
20	1	1	В результате пожара здание повреждено огнем по всей площади

## Продолжение приложения № 4

21	0	0	В результате пожара здание повреждено огнем по всей площади (676 м <sup>2</sup> )
22	1	1	В результате пожара огнем повреждены квартиры № 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12 на площади примерно 500 м <sup>2</sup> и кровля дома над 1-м и 2-м подъездом
23	0	2	В результате пожара огнем повреждены 25 м <sup>2</sup> лестничной клетки, 10 м <sup>2</sup> чердачного перекрытия, квартира № 1 на первом этаже площадью 15 м <sup>2</sup> , квартира № 2 на первом этаже площадью 10 м <sup>2</sup>
24	0	8	В результате пожара огнем повреждены 2-й этаж лестничной клетки первого подъезда, квартира № 5 на общей площади 50 м <sup>2</sup> , кровля дома на площади 40 м <sup>2</sup>
25	4	0	Здание уничтожено полностью
26	0	0	В результате пожара здание повреждено на площади 486 м <sup>2</sup> , уничтожено на площади 486 м <sup>2</sup> (чердачное помещение и площадь 2-го этажа всех трех подъездов)
27	2	0	В результате пожара здание уничтожено на площади 810 м <sup>2</sup> , дальнейшая эксплуатация здания не представляется возможной
28	2	3	В результате пожара здание уничтожено на 90 % и его дальнейшая эксплуатация не представляется возможной
29	0	0	В результате пожара в здании уничтожены кровля на площади 720 м <sup>2</sup> и межэтажное перекрытие на площади 100 м <sup>2</sup> , повреждено межэтажное перекрытие на площади 620 м <sup>2</sup> , залито водой 24 квартиры
30	0	0	В результате пожара в здании повреждены комната на втором этаже на площади 10 м <sup>2</sup> , кровля на площади 600 м <sup>2</sup> , залиты водой квартиры первого и второго этажей. Разрушены, вскрыты и разобраны межкомнатные перегородки на площади 150 м <sup>2</sup>
31	0	0	В результате пожара в здании поврежден второй этаж на площади 340 м <sup>2</sup> , кровля на площади 340 м <sup>2</sup> , первый этаж на площади 300 м <sup>2</sup> , первый и второй этажи на площади 550 м <sup>2</sup> залиты водой
32	0	0	В результате пожара в здании повреждены 3 квартиры первого этажа на площади 90 м <sup>2</sup> , 3 квартиры второго этажа на площади 90 м <sup>2</sup> , лестничная клетка на площади 20 м <sup>2</sup>
33	0	0	В результате пожара в здании повреждены 6 квартир
34	1	5	В результате пожара здание частично обрушилось в зоне наиболее интенсивного горения (между первым и вторым подъездами)
35	0	0	В результате пожара уничтожена кровля на площади 460 м <sup>2</sup> , повреждено чердачное перекрытие на площади 8 м <sup>2</sup> . Повреждена комната квартиры на площади 18 м <sup>2</sup>
36	0	1	В результате пожара повреждены две квартиры на площади 50 м <sup>2</sup> , коридор второго этажа на площади 75 м <sup>2</sup> , чердачное помещение на площади 20 м <sup>2</sup>
37	0	0	В результате пожара конструкции дома уничтожены на площади 180 м <sup>2</sup> и повреждены на площади 180 м <sup>2</sup>
38	0	0	В результате пожара огнем повреждены кровля на 250 м <sup>2</sup> , перекрытие на 110 м <sup>2</sup> , перегородки на 240 м <sup>2</sup>
39	0	0	В результате пожара огнем повреждены наружная стена на 40 м <sup>2</sup> , торцевой фронтоны на 4 м <sup>2</sup> , чердачное помещение на 15 м <sup>2</sup>
40	0	0	В результате пожара огнем уничтожено 50 % кровли, мансардное помещение, мебель, бытовая техника, товар. Повреждены 50 % площади первого этажа, холодильное оборудование, товар

## Продолжение приложения № 4

41	0	0	В результате пожара огнем уничтожено 8 квартир первого подъезда, кровля на площади 312 м <sup>2</sup> , повреждены 4 квартиры второго подъезда на общей площади 40 м <sup>2</sup>
42	0	0	В результате пожара огнем уничтожены квартиры первого подъезда, кровля на площади 160 м <sup>2</sup> , межэтажное и чердачное перекрытия первого подъезда
43	1	0	В результате пожара повреждены помещения второго подъезда на площади 110 м <sup>2</sup>
44	1	1	В результате пожара уничтожена часть здания на площади 200 м <sup>2</sup> (1 подъезд полностью). Повреждено здание на площади 300 м <sup>2</sup>
45	1	1	В результате пожара уничтожена кровля, частично уничтожены перекрытия второго, первого этажа на общей площади 880 м <sup>2</sup> , повреждены межэтажные перекрытия, стены на 880 м <sup>2</sup>
46	0	0	В результате пожара уничтожено 2 подъезда трехподъездного дома на площади 800 м <sup>2</sup>
47	0	2	В результате пожара лестничная клетка 2 подъезда жилого дома на площади 20 м <sup>2</sup> уничтожена, общая площадь повреждений квартир второго подъезда 60 м <sup>2</sup>
48	0	0	В результате пожара поврежден первый подъезд и квартиры на площади 180 м <sup>2</sup> . Степень повреждения здания – 20 %
49	0	0	В результате пожара поврежден первый этаж на площади 360 м <sup>2</sup> , чердачное помещение на площади 450 м <sup>2</sup> . Разобрана кровля на площади 10 м <sup>2</sup>
50	0	0	В результате пожара в первом подъезде уничтожена лестничная клетка на площади 40 м <sup>2</sup> , повреждены с 1 по 6 квартиры первого подъезда на площади 180 м <sup>2</sup>
51	0	2	В результате пожара повреждены конструкции 2 домов на площади 900 м <sup>2</sup>
52	0	0	В результате пожара повреждены перекрытия на площади 25 м <sup>2</sup> , стены на площади 5 м <sup>2</sup>
53	0	2	В результате пожара повреждены конструкции дома на площади 220 м <sup>2</sup>
54	0	1	В результате пожара повреждено здание общежития по всей площади
55	0	0	В результате пожара повреждены квартира на площади 20 м <sup>2</sup> , чердачное перекрытие на площади 12 м <sup>2</sup>
56	0	0	В результате пожара повреждены конструкции первого подъезда на площади 180 м <sup>2</sup>
57	0	1	В результате пожара повреждены деревянные перегородки, перекрытия квартиры № 1 на площади 30 м <sup>2</sup> , деревянные перегородки и перекрытие коридора 1-го этажа и квартиры № 2, лестничная клетка первого подъезда закончена по всей площади
58	0	0	В результате пожара повреждены чердачное помещение и кровля, квартиры № 13, № 14, перекрытия между вторым этажом и чердаком на площади 200 м <sup>2</sup>
59	0	0	В результате пожара перекрытия здания обрушены по всей площади



## Окончание приложения № 4

60	0	0	В результате пожара здание жилого дома повреждено по всей площади (300 м <sup>2</sup> )
61	0	0	В результате пожара повреждена расселенная квартира № 7 на площади 25 м <sup>2</sup> , коридор второго этажа первого подъезда на площади 47 м <sup>2</sup>
62	0	0	В результате пожара повреждены конструкции и лестничная клетка первого подъезда дома, внутренняя отделка на общей площади 60 м <sup>2</sup>
63	0	0	В результате пожара повреждены: чердачное помещение, двери прилегающих к очагу квартир, чердачное перекрытие на площади 10 м <sup>2</sup> , вся лестничная клетка первого подъезда
64	0	1	В результате пожара повреждены: кровля по площади 450 м <sup>2</sup> , второй этаж на площади 250 м <sup>2</sup> , первый этаж на площади 150 м <sup>2</sup>
65	0	0	В результате пожара повреждена кровля дома на площади 230 м <sup>2</sup> , в квартирах повреждены стены и потолочные перекрытия
66	0	1	В результате пожара повреждены кровля и второй этаж здания по всей площади
67	0	0	В результате пожара поврежден первый этаж на площади 360 м <sup>2</sup> , чердачное помещение на площади 450 м <sup>2</sup>
68	0	0	В результате пожара здание повреждено по всей площади, конструкции частично утратили несущую способность по всему 2 этажу
69	1	1	В результате пожара здание уничтожено на всей площади
70	0	0	В результате пожара внутренние конструкции здания повреждены на площади 400 м <sup>2</sup> , дальнейшая эксплуатация здания не представляется возможной

**Анализ применения сил и средств пожарных подразделений  
для тушения развившихся пожаров в ЗНППУ**

Номер пожара по Приложению № 3	Тип и количество стволов поданных на тушение, шт.					Работало звеньев ГДЗС, ед.	Максимальный фактический расход ОТВ на момент локализации пожара, л/с	Продолжительность тушения, мин	Привлечено техники, ед. (всего / основных ПА)	Использовано источников ППВ по видам
	Ручные (РСК-50, РСП-50)	Ручные (РСКЗ-70, РС-70, РСП-70, КУРС-8, ГПС-600)	Лафетные (ПЛС-П20, Crossfire)	Автоматические (Mid-Force, Thunderfog RU 200, Mid-Matic-Ru, Ultimatic, Quadrafog и т. п.)	Автоматические (Dual-Force, Thunderfog RU 250) и т. п.)					
1	1	13	-	-	-	9	99,9	59	12 / 7	2 ПГ
2	-	12	1	-	-	4	109,8	72	13 / 6	3 ПГ
3	-	16	1	-	-	6	139,4	83	13 / 9	5 ПГ
4	2	1	-	-	5	7	62,3	131	15 / 11	2 ПГ
5	6	1	1	-	1	7	60,1	75	9 / 5	2 ПВ
6	-	7	-	-	-	4	51,8	115	11 / 8	1 ПГ, 1 ПВ
7	-	7	2	-	-	9	93,8	153	15 / 9	4 ПГ
8	-	-	4	-	2	-	103	290	8 / 6	3 ПГ
9	-	7	1	2	2	-	107,6	173	18 / 15	6 ПГ
10	-	8	-	-	-	8	59,2	137	13 / 8	2 ПГ
11	-	-	-	3	-	3	24	112	6 / 5	1 ПГ
12	4	-	-	-	-	2	14,8	34	6 / 4	1 ПГ
13	9	2	-	-	-	-	48,1	58	6 / 5	3 ПГ
14	5	4	-	-	-	2	48,1	111	8 / 5	2 ПГ, 1 ПВ
15	4	2	-	-	2	2	48,6	56	9 / 7	2 ПГ
16	4	1	-	-	1	1	31,7	57	8 / 6	2 ПГ
17	4	2	1	-	-	1	50,6	63	13 / 11	1 ПГ
18	5	2	-	-	-	-	33,3	80	11 / 10	1 ПГ
19	11	-	1	-	-	3	65,4	50	20 / 14	1 ПГ, 1 ПВ, 1 ИВ (озеро)
20	-	8	1	-	-	3	80,2	87	7 / 7	3 ПГ
21	-	6	-	-	-	2	44,4	185	11 / 7	2 ПГ
22	-	6	3	-	-	5	107,4	198	12 / 7	3 ПГ

## Продолжение приложения № 5

23	-	5	-	-	-	1	37	150	10 / 6	1 ПВ
24	-	6	-	-	-	5	44,4	43	12 / 9	2 ПГ
25	3	2	-	-	-	2	27,1	81	7 / 5	1 ПГ
26	-	9	-	-	-	-	66,6	152	6 / 5	3 ПГ
27	4	4	-	-	-	2	44,4	79	7 / 6	2 ПГ
28	-	-	1	-	7	1	91	186	9 / 7	2 ПГ
29	-	5	-	2	-	2	75	84	9 / 6	2 ПГ
30	-	11	2	-	-	8	123,4	352	12 / 6	3 ПГ
31	-	11	1	-	-	8	102,4	115	11 / 6	4 ПГ
32	3	5	-	-	-	8	48,1	295	10 / 5	3 ПГ
33	-	10	-	-	-	6	74	109	12 / 6	2 ПГ
34	1	6	5	-	-	4	153,1	166	18 / 11	5 ПГ
35	4	10	2	-	-	6	130,8	69	15 / 10	4 ПГ
36	-	6	1	-	-	6	65,4	28	12 / 7	1 ПГ
37	-	6	-	-	-	7	44,4	121	17 / 12	1 ПГ, 1 ПВ
38	-	-	1	5	-	3	98	81	9 / 7	3 ПГ
39	-	6	-	-	-	6	44,4	36	10 / 7	1 ПГ, емкости АЦ
40	3	3	-	-	-	1	33,3	122	11 / 10	3 ПВ
41	-	8	-	-	-	8	59,2	108	14 / 9	2 ПГ
42	2	6	-	-	-	5	53,6	110	8 / 4	2 ПГ, 1 ПВ
43	2	3	-	-	-	3	29,6	67	7 / 5	2 ПГ
44	6	3	-	-	-	1	44,4	215	7 / 6	1 ПГ, 2 ПВ
45	3	6	-	1	-	1	71,5	117	11 / 9	2 ПГ
46	-	10	-	-	-	8	51,8	272	16 / 10	2 ПГ, 1 ПВ
47	3	1	-	-	-	4	18,5	42	8 / 4	2 ПГ
48	-	-	1	9	-	7	129,0	32	9 / 8	2 ПГ, 2 ПВ
49	-	7	-	-	-	7	51,8	67	15 / 11	1 ПГ, 1 ПВ
50	-	7	-	-	-	8	51,8	46	12 / 7	1 ПГ
51	1	9	-	-	-	10	70,3	186	10 / 6	1 ПГ, 1 ПВ, 1 ИВ

## Окончание приложения № 5

52	1	2	-	-	-	3	21,7	18	7 / 4	2 ПГ
53	-	11	-	-	-	4	80	186	10 / 7	3 ПВ
54	3	2	-	-	-	2	25,9	148	9 / 7	4 ПГ
55	-	5	-	-	-	6	40	13	10 / 6	2 ПГ
56	-	4	-	-	-	4	29,6	79	10 / 7	2 ПГ
57	-	5	1	-	-	9	58	40	9 / 5	3 ПГ
58	-	8	-	-	-	5	60	199	7 / 5	2 ПВ
59	-	7	-	-	-	4	52	140	12 / 9	1 ПГ, 1 ПВ
60	1	7	-	-	-	2	57	128	13 / 8	2 ПВ
61	-	4	1	-	-	5	50,6	11	9 / 6	2 ПГ
62	1	4	-	-	-	5	33,3	32	10 / 7	1 ПГ
63	-	5	-	-	-	4	37	17	6 / 5	2 ПВ
64	-	12	-	-	-	9	88,8	262	11 / 6	2 ПГ, 1 ПВ
65	-	7	-	-	-	7	52	128	8 / 5	3 ПГ
66	5	5	2	-	-	5	98	141	10 / 7	2 ПГ
67	-	7	-	-	-	7	52	67	15 / 11	1 ПГ, 1 ПВ
68	5	2	-	-	-	4	33,3	334	16 / 11	1 ПГ, 1 ИВ
69	-	-	-	7	-	2	84	91	11 / 10	2 ПГ
70	4	-	-	-	1	1	26,8	124	5 / 4	2 ПВ

## Сходимость моделирования с произошедшими пожарами на момент прибытия ПП

Номер пожара по приложению № 3	по пространству 1 этажа, % от моделируемого пожара	по пространству 2 этажа, % от моделируемого пожара	по пространству чердака, % от моделируемого пожара
1	43	79	67
2	80	85	100
3	100	62	100
4	100	90	90
5	не установлена ввиду развития пожара в перекрытиях и невозможности оценки параметров пожара на начальном этапе		
6	45	-	80
7	100	66	60
8	95	95	100
9	80	85	100
10	25	-	30
11	65	55	100
12	60	55	10
13	50	-	90
14	60	58	100
15	90	80	90
16	20	20	100
17	20	83	90
18	60	100	100
19	100	20	100
20	58	-	100
21	90	-	95
22	94	100	100
23	30	20	0
24	100	50	100
25	71	-	100
26	100	50	100
27	60	-	100
28	95	90	100
29	100	76	90
30	100	15	90
31	55	74	20
32	20	80	95
33	5	90	95
34	40	54	80
35	100	100	95
36	100	70	95
37	95	85	95
38	100	20	100
39	100	30	100
40	85	100	100
41	40	95	100
42	56	76	100
43	100	16	100
44	100	100	100
45	91	73	70

## Окончание приложения № 6

46	67	60	95
47	70	100	95
48	26	36	100
49	58	-	100
50	38	20	95
51	100	42	50
52	63	20	95
53	10	-	70
54	78	17	100
55	100	60	100
56	100	55	35
57	42	20	95
58	100	60	95
59	100	75	100
60	100	-	100
61	100	18	100
62	30	30	30
63	75	100	100
64	78	10	95
65	не установлена ввиду развития пожара от пристроенного помещения		
66	100	95	100
67	60	-	95
68	90	100	100
69	90	70	100
70	90	80	100

## **Эксперимент № 1. Определение характеристик позиции по тушению пожара с применением специального пожарного автомобиля (АЛ)**

Целью эксперимента являлось определение характеристик позиции по подаче ОТВ с применением специальных пожарных автомобилей. В ходе эксперимента определялись: фактический расход воды, площадь орошения, фактическая интенсивность подачи ОВ.

Метеорологические условия при проведении эксперимента:

- температура воздуха: – 11 °С;
- осадки: ясно, без осадков;
- ветер: 1-2 м/с (слабый);
- атмосферное давление – 758 мм. рт. ст.

Испытательное оборудование, средства измерения и материалы, использованные при проведении эксперимента:

- заглушка с мановакууметром МВПЗ-У – 1 ед. (срок испытания на момент проведения опытов не нарушен);
- мановакууметр пожарного автомобиля МТП-100 – 1 ед. (срок испытания на момент проведения опытов не нарушен);
- секундомер СОС пр-26-2-000 – 2 ед.;
- рулетка измерительная (строительная) на 30 м SIGMA FGB3013 – 1 ед.;
- рулетка измерительная на 3 м «ХОББИ» 17003 – 1 ед.;
- линейка измерительная металлическая на 50 см – 3 ед.;
- экспериментальная установка приема рабочей жидкости – 1 ед. (аттестации не подлежит);
- цифровой фотоаппарат Kodak Easyshare C190 Digital camera – 1 ед. (аттестации не подлежит);
- цифровой фотоаппарат SONY DSC-W40 – 1 ед. (аттестации не подлежит);

- лазерный нивелир Multi-Function Laser Leveler LV-06 (погрешность  $\pm 0,5$  мм/м) – 1 ед.;
- лазерный дальномер Ultrasonic Distance Measurer CR-UM18 (погрешность  $\pm (1 \text{ см} + 0,005L)$ ) – 1 ед.;
- планшет канцелярский – 2 ед.

На испытания в ходе эксперимента представлялись 2 экземпляра ствола пожарного для создания водяной завесы (СПВЗ) [161, 32].

При проведении эксперимента применялись следующие техника и пожарно-техническое оборудование:

- пожарный автомобиль АЦ-40-6,0 (5557) – 1 ед.;
- пожарный автомобиль АЛ-30 (131) – 1 ед.;
- рукав пожарный напорный РПМ-80-1,6 – 3 шт.;
- разветвление РТ-80 – 1 ед.

Факел распыла каждого ствола задан распределением периферийных насадков под углами  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  к оси центрального насадка равных  $20^\circ$ .

Высота подъема стволов  $OC_1$  задана при планировании эксперимента и составляет 7 м (с учетом практического применения для зданий высотой 9–12 метров) при выдвижении стрелы лестницы (с) на 20 метров.

Отметка  $O$  – точка расположения насадков стволов (Рисунок П.7.1).

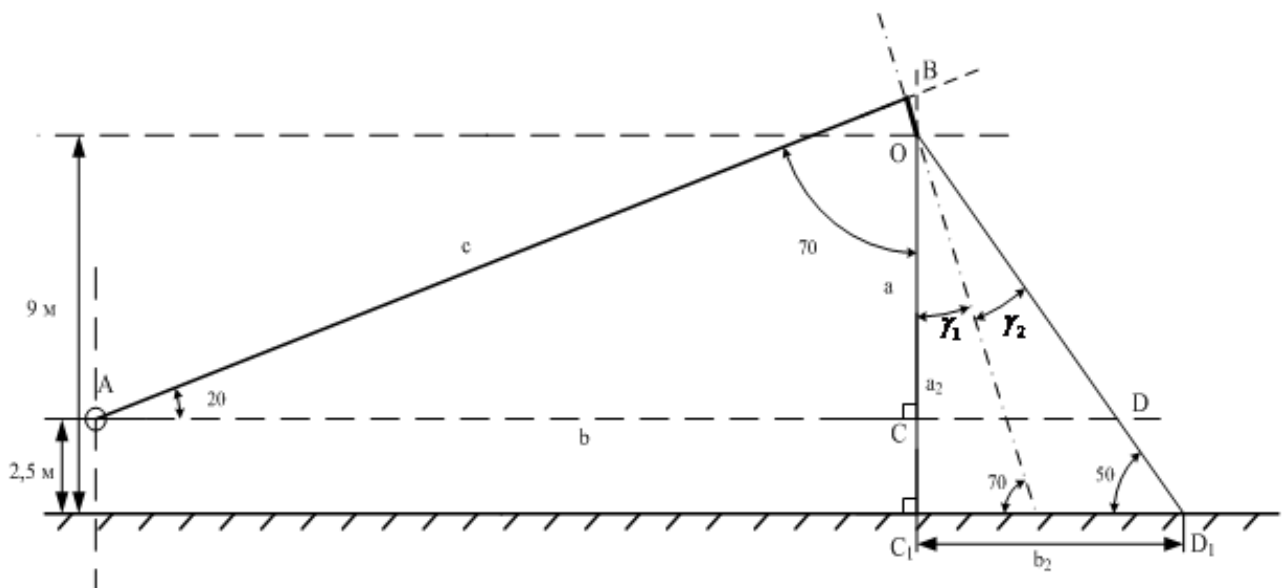


Рисунок П.7.1 - Геометрический расчет проведения эксперимента (г. Покачи, 2012 год)



План-схема эксперимента (Рисунок П.7.2) разработана с учетом места проведения опытов и возможности размещения пожарной техники, привлекаемой к опытам.

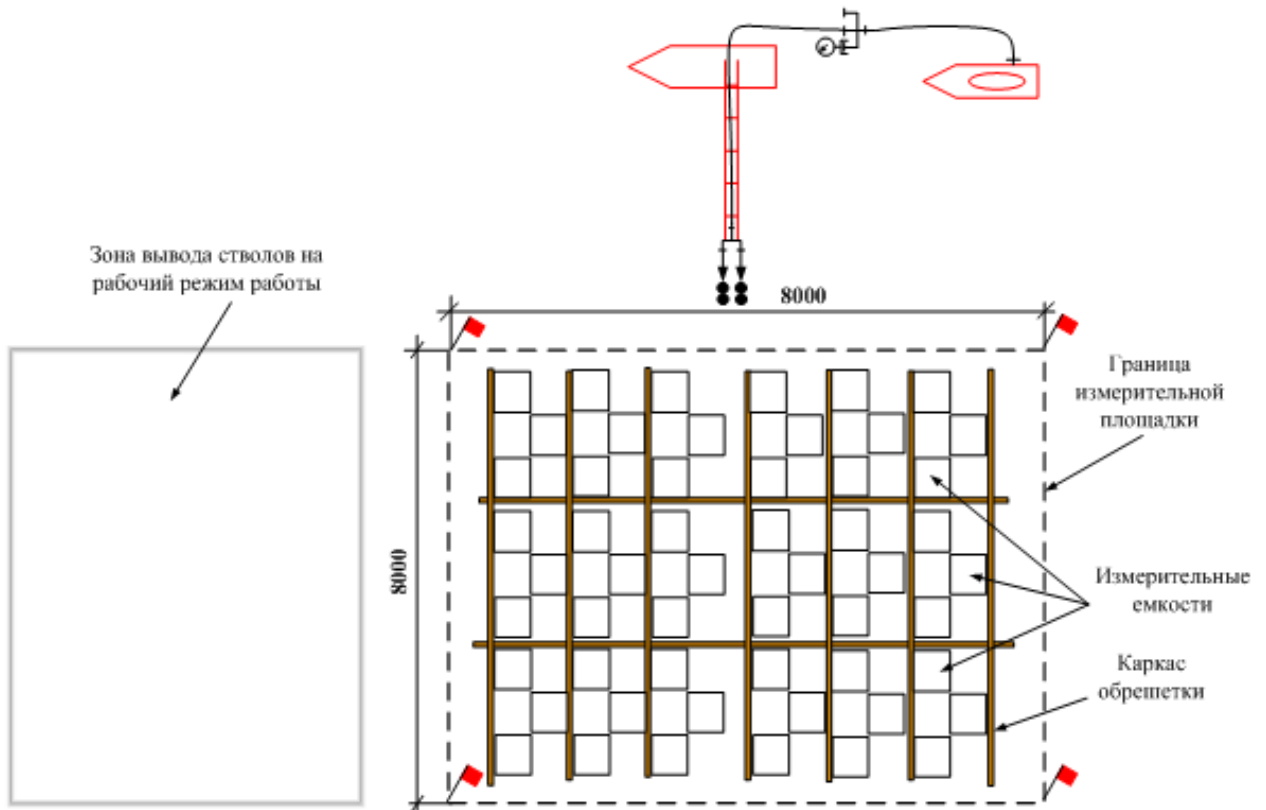


Рисунок П.7.2 - План-схема проведения эксперимента (г. Покачи, 2012 год) [32]

Мерные ёмкости с нанесенной шкалой размерами  $500 \times 500$  мм и высотой 150 мм устанавливали в шахматном порядке.

Необходимое количество измерений ( $n$ ) для достижения требуемой точности ( $\delta$ ) при заданной доверительной вероятности ( $P$ ) можно определить заранее в том случае, когда известно действительное значение среднеквадратичного отклонения ( $\sigma_x$ ), а экспериментальные данные (измерения) подчиняются нормальному закону распределения [163, 164, 165].

$$n \geq \left( \frac{z_{1-a/2} \times \sigma_x}{\delta} \right)^2 = z_{1-a/2}^2 (\varepsilon)^2, \quad (\text{П.1})$$

где  $\varepsilon = \frac{\sigma_x}{\delta}$ .

Таким образом, число измерений ( $n$ ) определяется требуемой доверительной вероятностью ( $P = 1 - a$ ) и относительным (по отношению к среднеквадратичному отклонению) значением половины ширины доверительного интервала ( $\delta$ ), т. е. требуемой точностью определения измеряемой величины.

При построении доверительного интервала для математического ожидания обычно принимают  $P_1 = a/2$  и  $P_2 = 1 - a/2$ , т. е. рассматриваются симметричные границы относительно выборочного среднего арифметического.

В инженерных приложениях для значений  $a$  обычно выбирается  $a = 0,1 \dots 0,05$ , т. е. строятся такие доверительные интервалы, которые в 90 или 95% случаев накрывают математическое ожидание [73, 163].

Границы доверительного интервала определяются следующим образом:

нижняя граница – минимальный расход огнетушащего вещества, обеспечивающий требуемую интенсивность на заданной площади;

верхняя граница – максимальная пропускная способность арматуры и пожарных рукавов.

Нижняя граница равна требуемому (минимальному) расходу огнетушащего вещества и составляет 8,2 л/сек [83, 84]:

$$Q = I_{\text{тр.}} \times S_{\text{туш.}}, \quad (\text{П.2})$$

где  $I_{\text{тр.}}$  – требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ;  $S_{\text{туш.}}$  – площадь тушения (в случае применения СПВЗ – площадь орошения).

Верхняя граница соответствует пропускной способности арматуры и пожарных рукавов и, согласно справочным данным [83, 84, 166, 167], составляет 23,3 л/сек. Эмпирическим же путем установлено возможное расширение верхней границы до 47 л/сек, с учетом примененного ПТО [168].

При этом расчетное (теоретическое) значение расхода огнетушащего вещества ( $Q$ ) при напоре 80 м вод. ст. составляет 11,55 л/сек для одного ствола. Соответственно для системы, состоящей из двух стволов – 23,1 л/сек.

С учетом утверждения того, что чем меньше  $\delta$ , тем точнее оценивается искомый параметр распределения, следует сузить доверительный интервал до

разности значений пропускной способности арматуры и пожарных рукавов и расчетного (теоретического) расхода огнетушащего вещества через систему из двух СПВЗ.

Так, при  $P = 0,95$ ,  $z = 1,96$  и при  $\delta = \sigma_x$  число необходимых измерений составит 4.

Исследования проводились тремя сериями. Каждая серия включала в себя проведение 6 опытов:

- 3 при напоре у ствола 80 м вод. ст.;
- 3 при напоре у ствола 90 м вод. ст.

Также предварительно были проведены 3 опыта по определению скорости прохода стрелы АЛ над измерительной площадкой с целью установления временных промежутков фиксации результатов последующих опытов.

В результате получены следующие ряды данных по расходу огнетушащего вещества ( $Q$ ), л/сек:

- при 8 атм. (22,3; 22,1; 22,0; 23,1; 22,3; 22,8; 23,8; 23,4; 23,0);
- при 9 атм. (22,8; 22,7; 23,2; 23,8; 22,3; 22,1; 22,2; 21,7; 23,2).

Выборочное среднее арифметическое определяется по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{П.3})$$

Выборочное среднее арифметическое для значений проведенных опытов составило:

$$\bar{X}_{8\text{атм.}} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 x_i = \frac{22,3 + 22,1 + 22,0 + 23,1 + 22,3 + 22,8 + 23,8 + 23,4 + 23,0}{9} = 22,76,$$

$$\bar{X}_{9\text{атм.}} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 x_i = \frac{22,8 + 22,7 + 23,2 + 23,8 + 22,3 + 22,1 + 22,2 + 21,7 + 23,2}{9} = 22,67.$$

Выборочная дисперсия определяется по формуле:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \quad (\text{П.4})$$

Выборочная дисперсия для значений проведенных опытов составила:

$$S_{8\text{атм.}}^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] = \frac{1}{9-1} \left[ 4663,44 - \frac{1}{9} 204,8^2 \right] = 0,388,$$

$$S_{9\text{атм.}}^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] = \frac{1}{9-1} \left[ 4627,48 - \frac{1}{9} 204^2 \right] = 0,435.$$

Выборочное среднее квадратичное отклонение определяется по формуле:

$$S = \sqrt{S^2} \quad (\text{П.5})$$

Для значений проведенных опытов:

$$S_{8\text{атм.}} = \sqrt{S_{8\text{атм.}}^2} = \sqrt{0,388} = 0,623,$$

$$S_{9\text{атм.}} = \sqrt{S_{9\text{атм.}}^2} = \sqrt{0,435} = 0,659.$$

### Результаты экспериментального исследования

В ходе эксперимента проведено 18 опытов, по девять при давлении 8 и 9 атм. соответственно.

Результаты эксперимента подтвердили расчетные параметры (Таблица П.7.1) работы ПТО и позволили подтвердить правильность выбора исходных данных для формализации модели СУ и алгоритмов управления ПП при ведении ОТД по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

Таблица П.7.1 - Расчетные расходы воды из СПВЗ при различных напорах

Напор у ствола, м вод. ст.	Расход 1-го СПВЗ (расчетный), л/сек	Интенсивность (расчетная), л/(сек·м <sup>2</sup> )
70	10,75	0,33
80	11,55	0,36

**Эксперимент № 2. Исследование особенностей позиции по тушению пожара, основанной на использовании специального пожарного автомобиля в качестве платформы для подачи ОВ**

Целями эксперимента являлись:

- 1) определение влияния позиции по тушению пожара (основанной на использовании специальных пожарных автомобилей в качестве платформы для подачи огнетушащих веществ) на зону горения;
- 2) определение возможности тушения пожара позицией по тушению пожара (основанной на использовании специальных пожарных автомобилей в качестве платформы для подачи огнетушащих веществ);
- 3) определение скорости подготовки позиции по тушению пожара (основанной на использовании специальных пожарных автомобилей в качестве платформы для подачи огнетушащих веществ) [169].

Метеорологические условия при проведении эксперимента № 2:

- температура воздуха: 21-24 °С;
- осадки: ясно, без осадков;
- ветер: 2-4 м/с (слабый);
- атмосферное давление – 738 мм рт. ст.

Испытательное оборудование, средства измерения и материалы, использованные при проведении эксперимента:

- мановакууметр пожарного автомобиля МТП-100 – 1 ед. (срок испытания на момент проведения опытов не нарушен);
- секундомер CASIO HS-70w – 2 ед.;
- тепловизионная камера (тепловизор) MSA Evolution 5600 – 1 ед.;
- рулетка измерительная (строительная) на 30 м SIGMA FGB3013 – 1 ед.;
- рулетка измерительная 3 м «ХОББИ» 17003 – 1 ед.;
- экспериментальная площадка, имитирующая горение кровли здания IV-V степени огнестойкости, – 1 ед. (аттестации не подлежит);

- цифровой фотоаппарат Kodak Easyshare C190 Digital camera – 1 ед. (аттестации не подлежит);
- фотоаппарат Nikon Coolpix P510 – 1 ед. (аттестации не подлежит);
- видеокамера JVC GZ-E209BE – 1 ед. (аттестации не подлежит);
- лазерный нивелир Multi-Function Laser Leveler LV-06 (погрешность  $\pm 0,5$  мм / м) – 1 ед.;
- лазерный дальномер Ultrasonic Distance Measurer CR-UM18 (погрешность  $\pm (1 \text{ см} + 0,005L)$ ) – 1 ед.;
- планшет канцелярский – 2 ед.

При проведении эксперимента применялись следующая техника и пожарно-техническое оборудование:

- пожарный автомобиль ПСА 2,0-40/2 (43206) 002 МИ – 1 ед.;
- пожарный автомобиль АЦЛ 3-40/4-17 (43118) ПМ 564 Г – 1 ед.;
- рукав пожарный напорный РПМ-80-1,6 – 8 шт.;
- ствол пожарный РСКЗ-70 – 2 шт.;
- ствол пожарный (СПВЗ) [161] – 1 шт.

Модельные очаги, имитирующие горючую нагрузку, размещаются на экспериментальной площадке (Рисунок П.8.1). Очаговая площадка является имитацией открытого горения части здания низкой устойчивости при пожаре (чердачное пространство с разрушенными конструкциями кровли). Для целей эксперимента приняты размеры модельных очагов 20А (в осях X, Y) в 2–3 слоя (ось Z) [168].

Манекены, имитирующие позиции личного состава ПП (позиции ствольщиков), устанавливаются на расстоянии 5 метров от границы площадки. Расстояние принято в качестве обозначения возможной позиции работы личного состава ПП с ручным пожарным стволом (справочная глубина тушения [83, 84]). Расстояние от манекенов № 1 и № 2 до позиции оператора тепловизора составляет 6 и 9 метров соответственно.

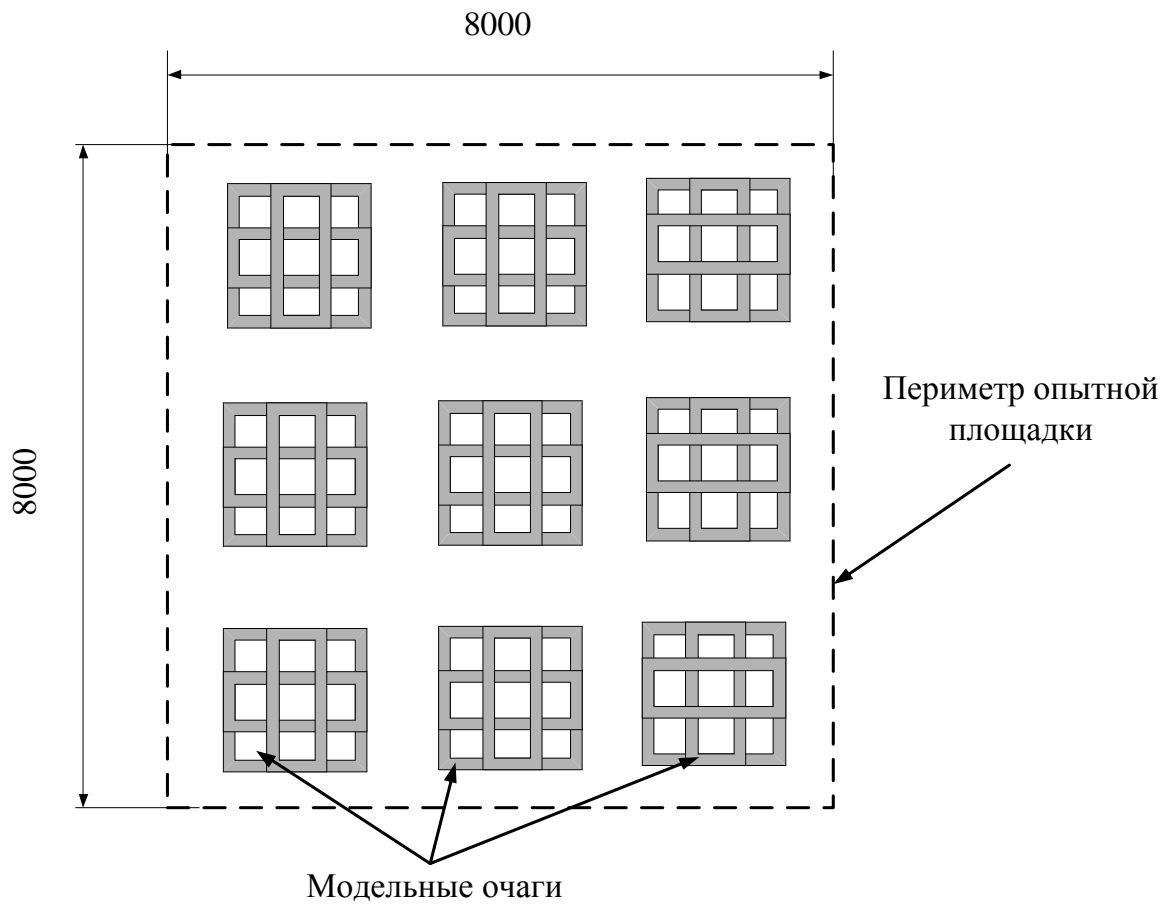


Рисунок П.8.1 - Экспериментальная очаговая площадка

Размещение пожарной техники осуществляется на расстоянии 15–20 метров от очаговой площадки, согласно плану-схеме проведения эксперимента (Рисунок П.8.2).

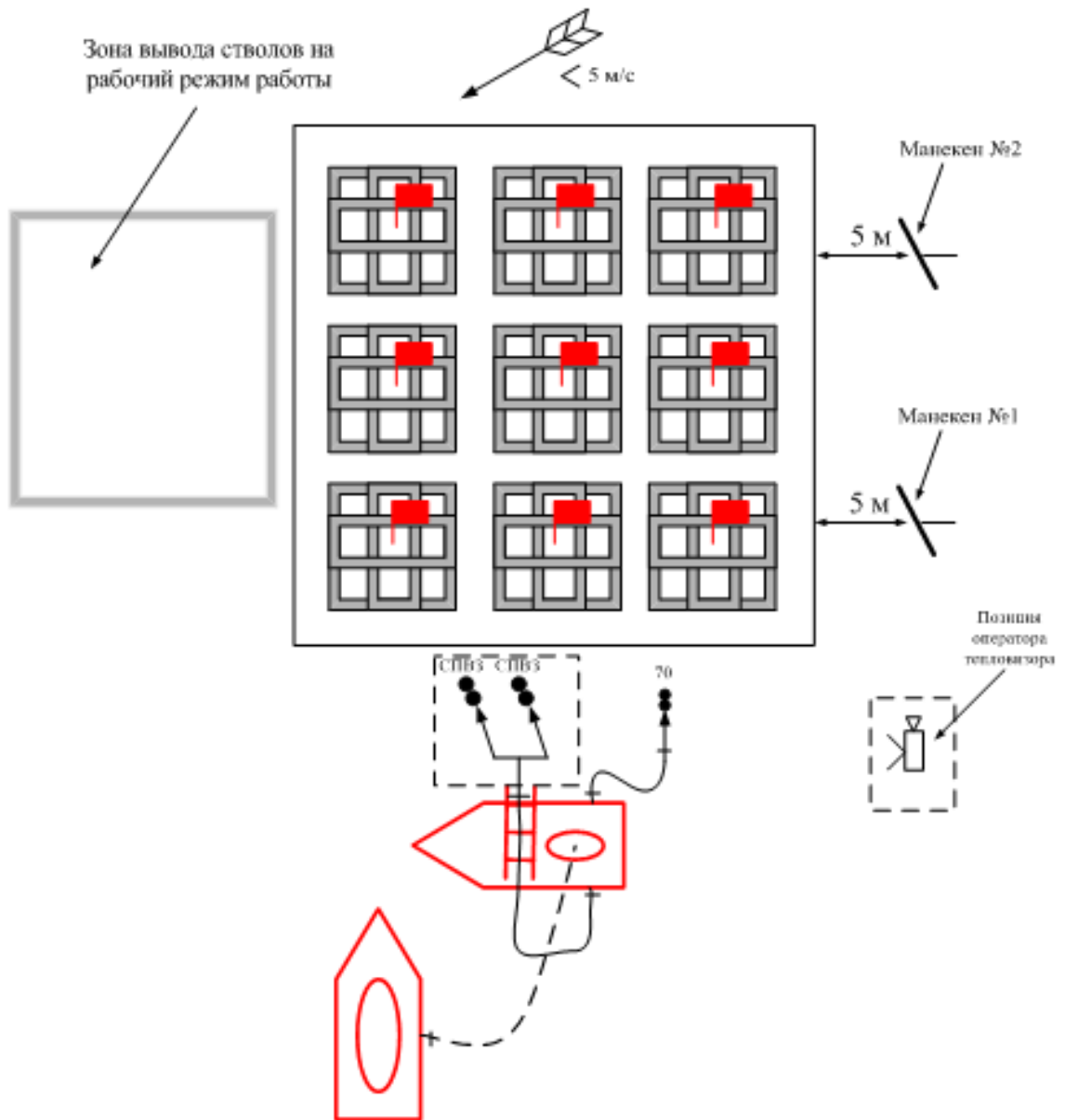


Рисунок П.8.2 - План-схема проведения эксперимента (д. Большое Сидельниково)

Для обеспечения безопасности проведения опытов от АЦЛ дополнительно подан ствол РСКЗ-70 для возможного дотушивания очагов пожара.

### Результаты экспериментального исследования

До ввода средств подачи огнетушащих веществ на тушение зафиксированы показания измерительных приборов, осуществлявших замер температуры, воздействовавшей на позиции ствольщиков (тепловизор, секундомер) (Рисунок П.8.3).



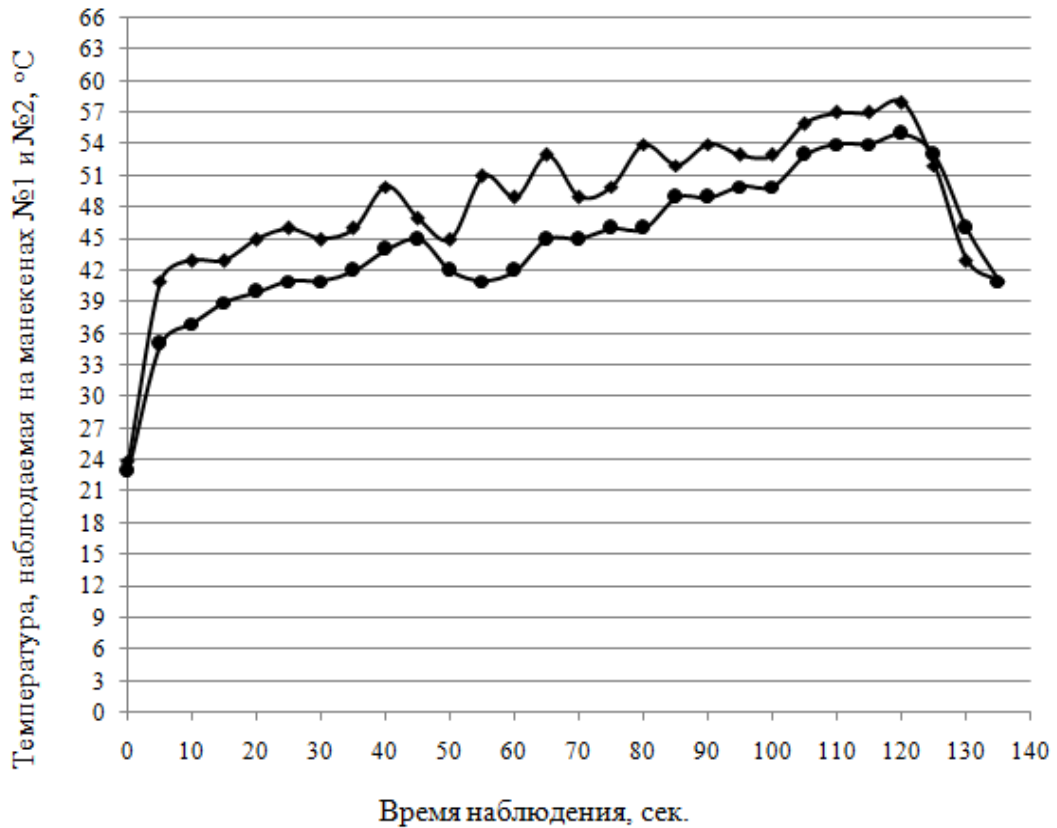


Рисунок П.8.3 - Показания тепловизора по замеру температуры, воздействующей на манекенов, при горении экспериментальной площадки [109]  
 (◆◆◆ – манекен № 1, ●●● – манекен № 2)

Погрешность тепловизора по данным производителя составляет  $\pm 10$  °С. Начальная температура (по показаниям прибора) соответствовала температуре окружающей среды на момент начала эксперимента [170].

После подачи огнетушащих веществ зафиксировано время ликвидации открытого горения и объем израсходованного огнетушащего вещества (воды). В ходе опыта без тушения очаговой площадки время работы стволов СПВЗ [161] составило 124 секунды. Фактический расход определялся по формуле [83, 84]:

$$Q_{СПВЗ}^{факт.} = \frac{V_{Ц} - V_{рук.}}{\tau_{раб.}^{факт.}}, \quad (П.6)$$

где  $V_{Ц}$  – объем цистерны ПА;  $V_{рук.}$  – объем пожарных рукавов, задействованных в системе;  $\tau_{раб.}^{факт.}$  – фактическое время работы пожарных стволов (без установки на ПВ).

При расчете расхода огнетушащего вещества получено значение:

$$Q_{СПВЗ}^{факт.} = \frac{V_{Ц} - V_{рук.}}{\tau_{раб.}^{факт.}} = \frac{3000 - 90}{124} = 23,5 \text{ л/сек}$$

При опыте с тушением площадки время работы стволов СПВЗ (с учетом сброса напора при маневрировании стрелы АЦЛ) составило 157 секунд. Без учета сброса напора (чистое) время работы составило 118 секунд. Давление на насосе в ходе работы стволов составляло 0,7 – 0,8 МПа.

При расчете расхода огнетушащего вещества получено значение (Таблица П.8.1):

$$Q_{СПВЗ}^{факт.} = \frac{V_{Ц} - V_{рук.}}{\tau_{раб.}^{факт.}} = \frac{3000 - 180}{118} = 23,9 \text{ л/сек}$$

Таблица П.8.1 - Расчетный и фактические расходы системы из 2 СПВЗ

Расход системы из 2 СПВЗ (расчетный), л/с	Расход системы из 2 СПВЗ при пуске без тушения (фактический), л/с	Расход системы из 2 СПВЗ при пуске с тушением (фактический), л/с
23,1	23,5	23,9

Количество пожарной нагрузки в ходе опытов, исходя из массы древесины ( $m_0$ ) и площади участка размещения площадки ( $S_{уч.}$ ), составило:

$$m_{п.н.} = \frac{m_0}{S_{уч.}} = \frac{1500}{64} = 23,4 \text{ кг/м}^2$$

Отдельными сериями опытов зафиксировано время развертывания сил и средств оперативных отделений, необходимых для реализации схемы развертывания (Рисунки П.8.4, П.8.5).

В качестве автомобиля, устанавливаемого на ПВ, применялся пожарно-спасательный автомобиль ПСА 2,0-40/2 (43206) 002 МИ.

Развертывание производилось двумя составами расчетов оперативных отделений 7 раз каждым расчетом. Возраст всех участников забегов составлял от 19 лет до 21 года.

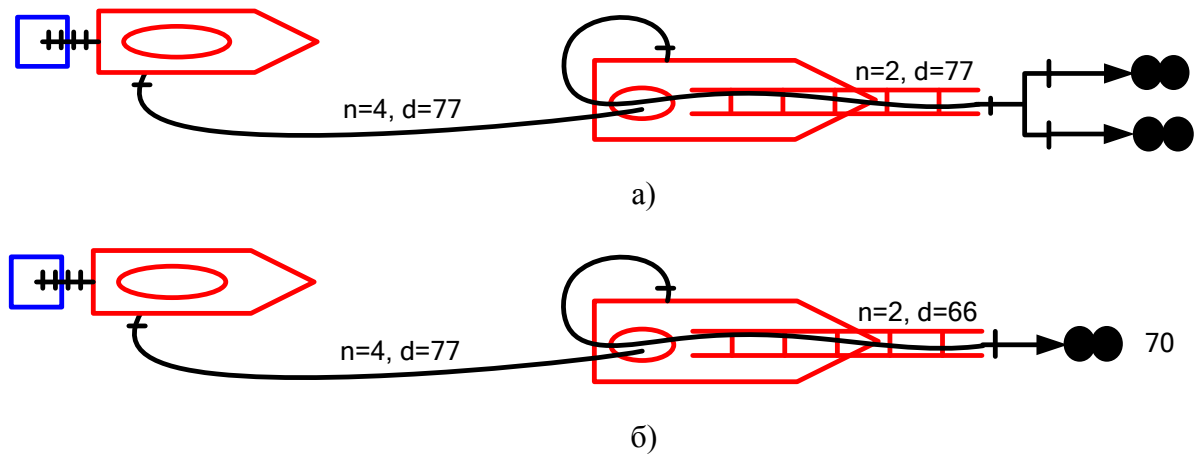


Рисунок П.8.4 - Схема развертывания АЦ и АЦЛ с подачей СПВЗ (а), с подачей РСКЗ-70 (б) [109]

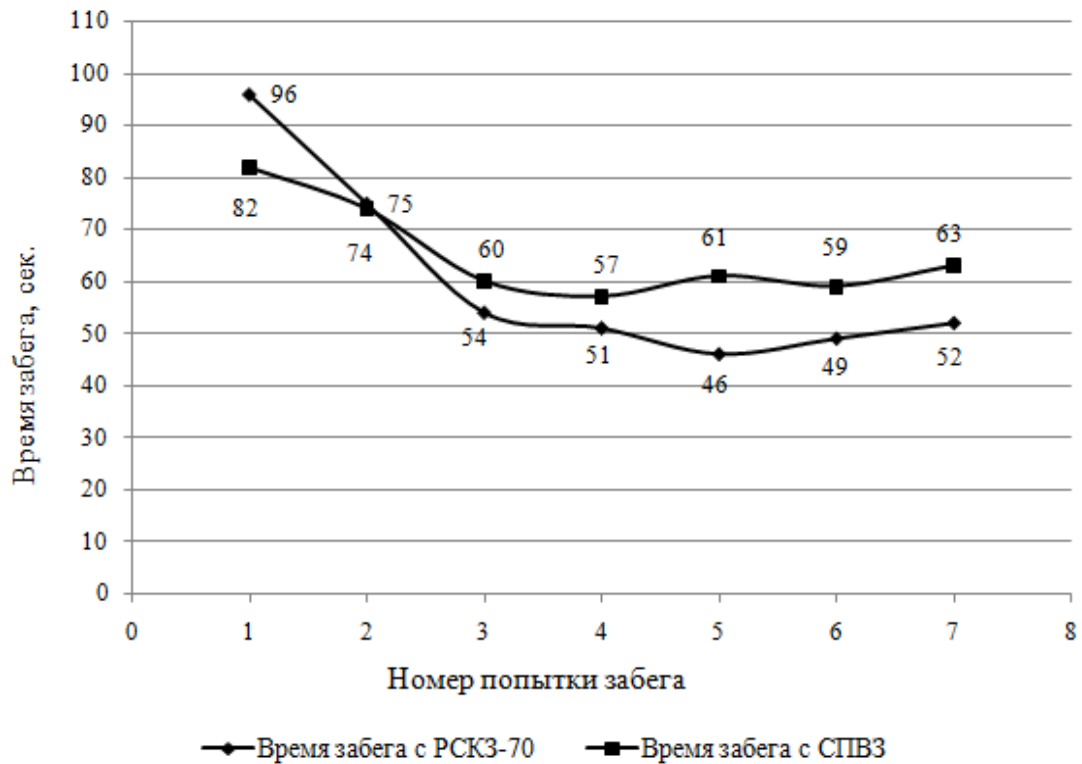


Рисунок П.8.5 - Выполнение развертываний позиций по тушению пожара [109]

Таким образом, экспериментальные данные показали, что для реализации модели СУ пожарными подразделениями и позиции по тушению пожара с привлечением СПА, с различной эффективностью, применимы средства подачи ОТВ (Таблица П.8.2):

- стволы СПВЗ;
- лафетные пожарные стволы с изменяемыми расходом и геометрией струи;
- лафетные пожарные стволы с насадками НРТ;

- лафетные стволы с насадком-пробойником;
- стволы РС-70 (в том числе с насадками НРТ).

Таблица П.8.2. – Показатели функционирования позиции по тушению пожара

Средство подачи ОВ Показатель	Система из двух СПВЗ	Система из двух РС-70	Ствол ПЛС с насадком НРТ-20	Ствол ПЛС с насадком-пробойником	Ствол Crossfire [171]*
Расход, л/сек	22,6–23,9	18	20	21,6–23,2	10–78
Орошаемая с расчетной высоты площадь, м <sup>2</sup>	40,0–41,1	1,6–3,5	90–120	40–50	3–50
Напор у ствола, м вод. ст.	70–85	60	60	50–60	70–120
Создаваемая на площади тушения интенсивность, л/(м <sup>2</sup> ·с)	0,1–0,74	11,0–5,2	0,23–0,16	0,2–0,4	6–0,5

Примечание: \* – приведен диапазон эксплуатационных значений

## Эксперименты по исследованию параметров работы позиций по тушению пожара в зданиях низкой устойчивости при пожаре

Задачами экспериментов являлись:

- 1) определение временных параметров работы позиций по тушению пожара (звеньев ГДЗС) по проведению разведки на объекте пожара;
- 2) определение предельных параметров площади объекта пожара, обследуемой звеньями ГДЗС.

Испытательное оборудование, средства измерения и материалы, использованные при проведении эксперимента:

- секундомер MadWave Model 100 – 1 ед.;
- секундомер Torres SW-002 – 1 ед.;
- рулетка измерительная (строительная) на 30 м SIGMA FGB3013 – 1 ед.;
- планшет канцелярский – 3 ед.

Усредненные показатели по итогам проведенных опытов в городах Ханты-Мансийск [172], Лангепас [173], Когалым составляют значения, сведенные в таблицу П.9.1.

Таблица П.9.1. – Показатели проведения разведки пожара в ЗНППУ

Количество звеньев ГДЗС, участвовавших в опытах / число участников, чел.	Время проведения разведки на 1 этаже	Время проведения разведки на 2 этаже	Общее время работы звеньев ГДЗС
1 / 3	06 мин. 01 сек.	06 мин. 06 сек.	12 мин. 48 сек.
2 / 6	05 мин. 55 сек.	06 мин. 17 сек.	07 мин. 23 сек.
3 / 9	04 мин. 49 сек.	03 мин. 26 сек.	04 мин. 51 сек.

Работа звеньев ГДЗС проводилась в условиях снижения видимости путем заполнения помещений генератором с составом на глицериновой основе, либо экранированием панорамных масок СИЗОД по схеме разворачивания (Рисунок П.9.1).

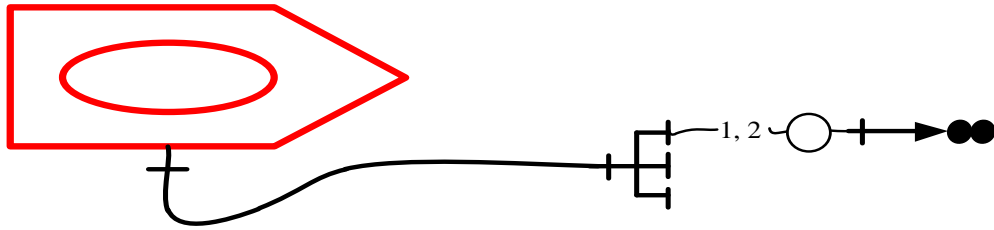


Рисунок П.9.1 - Схема развертывания позиции по тушению пожара (1 звено ГДЗС)

Общая площадь локаций экспериментов составляла от 400 до 500 м<sup>2</sup>, количество привлеченных звеньев ГДЗС – 18 ед., участников – 54 человека.

### **Результаты экспериментального исследования**

Данные подтверждают правильность ранее выдвинутой многими исследователями концепции создания максимального количества позиций по тушению пожара в начальный период пожаротушения [17, 27-29, 133, 172-176].

Экспериментальные данные показали, что, вне зависимости от планировки помещений в целом, время проведения разведки в одной секции двухэтажного ЗНППУ составляет не менее 12 минут для одного звена ГДЗС, что означает возникновение потенциальной угрозы работающему личному составу, так как на данной стадии развития пожара возможен переход горения со смежной горячей части объекта и отсечение путей продвижения звена ГДЗС [8, 34-36, 172-176].



### СПРАВКА

о реализации результатов исследований, полученных при выполнении диссертационной работы, на соискание ученой степени кандидата технических наук начальником отдела подготовки пожарно-спасательных и аварийно-спасательных формирований управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Главного управления МЧС России по ХМАО – Югре капитаном внутренней службы **СТЕПАНОВЫМ Олегом Игоревичем**

Комиссия в составе: начальника учебного отдела УрИ ГПС МЧС России подполковника внутренней службы Пешкова А.В., начальника кафедры пожарной тактики и службы Уральского института ГПС МЧС России подполковника внутренней службы Бараковских С.А., начальника кафедры пожарной техники Уральского института ГПС МЧС России полковника внутренней службы Филиппова А.В., составила настоящий акт в том, что результаты исследований, полученных при выполнении Степановым О.И. диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно:

- ствол пожарный для создания водяной завесы (СПВЗ), применяемый для подачи жидкого огнетушащего вещества через гребенку АЛ (АЦЛ) в зону горения;
- модель 3 сценариев развития пожара в здании V степени огнестойкости, выполненная полевым методом на основе FDS (Fire Dynamics Simulator);
- метод поэтапного ввода сил и средств на тушение развившихся пожаров в зданиях IV – V степени огнестойкости различного функционального назначения, основанный на позиционном подходе к созданию позиций по тушению пожара и позиций, обеспечивающих тушение пожара, а также выделении специализированных позиций по подаче огнетушащих веществ при помощи специальных пожарных автомобилей без привлечения личного состава для работы со средствами подачи, используются на занятиях по следующим 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 в зданиях IV – V степени огнестойкости различного функционального назначения.

Начальник учебного отдела УрИ ГПС МЧС России

подполковник внутренней службы


Начальник кафедры пожарной тактики и службы УрИ ГПС МЧС России

подполковник внутренней службы

Начальник кафедры пожарной техники УрИ ГПС МЧС России

полковник внутренней службы

 Пешков А.В.

 Бараковских С.А.

 Филиппов А.В.





УТВЕРЖДАЮ

Врио начальника ФКУ «ЦУКС ГУ  
МЧС России по Ханты-Мансийскому  
автономному округу – Югре»  
подполковник внутренней службы

В.В. Ладыженский

«06» сентября 2016 г.

## АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Степанова О.И., представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10 «Управление в  
социальных и экономических системах»

Комиссия в составе:

подполковника внутренней службы Джабаева М.Д., заместителя начальника Центра -  
начальника СПТ и ПАСР ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному  
округу – Югре»;

майора внутренней службы Тарабыкина Е.В., заместителя начальника ФКУ «ЦУКС ГУ  
МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»;

майора внутренней службы Романенко И.Г., заместителя начальника службы – начальника  
дежурной смены СПТ и ПАСР ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Ханты-Мансийскому  
автономному округу – Югре»;

настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Степанова  
О.И, начальника отдела подготовки ПС и АСФ УОП и ПАСР Главного управления МЧС России  
по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре:

база данных и справочных параметров по зданиям с низкой устойчивостью при пожаре;

алгоритм проектирования системы управления пожарными подразделениями при  
различном составе ресурсов;

алгоритм перемещения ресурсов пожарных подразделений при выполнении задач по  
тушению пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости

используются в области подготовки личного состава, исследования произошедших пожаров и  
оптимизации работы диспетчерского состава.

Использование результатов исследования способствует аналитической поддержке  
управления при проведении пожарно-тактических учений, изучении района выезда  
подразделений, повышению эффективности размещения (распределения) позиций по тушению  
пожара, а также при реагировании на оперативные события, связанные с тушением пожаров  
диспетчерским составом.

Председатель комиссии:

Заместитель начальника Центра - начальника СПТ и ПАСР  
ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Ханты-Мансийскому  
автономному округу – Югре»  
подполковник внутренней службы

М.Д. Джабаев

Члены комиссии:

Заместитель начальника ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России  
по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»  
майор внутренней службы

Е.В. Тарабыкин

Заместитель начальника службы – начальник дежурной смены  
СПТ и ПАСР ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России  
по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»  
майор внутренней службы

И.Г. Романенко



УТВЕРЖДАЮ  
 Начальник ФКУ ЦУКС ГУ  
 МЧС России по Тульской области  
 подполковник внутренней службы  
 И.В. Сазонов  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.  
 АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы  
 Степанова Олега Игоревича, представленной на соискание учёной  
 степени кандидата технических наук по специальности 05.13.10  
 «Управление в социальных и экономических системах»


Комиссия в составе: председателя – майора внутренней службы В.В. Савельева, членов комиссии – майора внутренней службы Д.А. Носова, майора внутренней службы М.А. Новикова настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Степанова О.И., связанные с формализацией алгоритма проектирования системы управления пожарными подразделениями при различном составе ресурсов, алгоритма перемещения ресурсов пожарных подразделений при выполнении задач по тушению пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости используются в области исследования произошедших пожаров.

Использование результатов исследования способствует совершенствованию аналитической поддержки управления при проведении пожарно-тактических учений, повышая эффективность размещения позиций по тушению пожара при ведении оперативно-тактических действий.

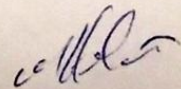
Председатель комиссии:  
 ВрИО начальника СПТ и ПАСР ФКУ  
 ЦУКС ГУ МЧС России по Тульской области  
 майор внутренней службы

 Савельев В.В.

Члены комиссии:  
 ВрИО начальника дежурной смены СПТ и ПАСР  
 ЦУКС ГУ МЧС России по Тульской области  
 майор внутренней службы

 Носов Д.А.

Старший помощник НДС СПТ и ПАСР  
 ЦУКС ГУ МЧС России по Тульской области  
 майор внутренней службы

 Новиков М.А.

**Акт внедрения  
результатов научно-технической деятельности в системе МЧС России**

1. Наименование полученных результатов научно-технической деятельности: Программа информационно-аналитической поддержки пожаротушения «Расчет сил и средств для пожаротушения в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре».
2. Вид полученной научно-технической продукции: программное обеспечение.
3. Заказчик научно-технической продукции: нет.
4. Исполнитель (соисполнители) работ:  
Степанов Олег Игоревич (начальник отдела подготовки ПС и АСФ Главного управления МЧС России по ХМАО-Югре);  
Денисов Алексей Николаевич (профессор кафедры пожарной тактики и службы УНК Пожаротушение Академии ГПС МЧС России);  
Логвинок Дмитрий Александрович (эксперт отдела операционного планирования и управленческой аналитики ПАО Сбербанк).
5. Основание для проведения работ по созданию научно-технической продукции: нет  
(название государственной программы, подпрограммы, основного мероприятия, мероприятия,

государственный контракт, государственное задание, смета)

6. Дата и результаты приемки научно-технической продукции: 23.05.2016, тестирование программы по адресам Базы данных прошло без сбоев, требуется текущая корректировка базы данных по объектам г.Ханты-Мансийск.
7. Сведения о внедрении результатов научно-технической деятельности: программное обеспечение внедрено в целях совершенствования учебного процесса в подразделениях 7 ОФПС с дальнейшими путями внедрения: в ЭВМ СПТ 7 ОФПС, в ЭВМ диспетчера Ханты-Мансийского пожарно-спасательного гарнизона.  
(формы и методы внедрения, где внедрено, другая информация о внедрении)
8. Сведения об эффективности внедрения полученных результатов научно-технической деятельности в повседневную деятельность подразделений системы МЧС России: автоматизирована работа с данными перечня зданий IV-V степени огнестойкости, ускорена проверка расчетных данных заданий экзаменуемых при проверке знаний по итогам обучения по  
(индикатора) государственной программы, выпуск нормативно-правового акта)  
служебной подготовке среднего и старшего начальствующего состава, подготовке личного состава дежурных смен, усовершенствована деятельность диспетчера пожарно-спасательного гарнизона при реагировании на пожары в зданиях IV-V степени огнестойкости.
9. Сведения о защите исключительных прав на полученные результаты научно-технической деятельности: сформирована заявка на регистрацию программы.

Врио начальника управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Главного управления МЧС России по ХМАО – Югре  
(должность)

Ш.В. Воробьев  
(подпись)      Ш.В. Воробьев  
(фамилия, инициалы)

Ш.В. Воробьев  
(воинское (специальное) звание)

Начальник ФГКУ «7 ОФПС по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»  
(должность)

Денисов Алексей Николаевич  
(подпись)      Денисов А.Н.  
(фамилия, инициалы)

Денисов Алексей Николаевич  
(воинское (специальное) звание)





УТВЕРЖДАЮ  
Начальник ФГКУ «10 ОФПС  
по Ханты-Мансийскому автономному  
округу – Югре»

подполковник внутренней службы

В.Н. Павлов

2016 г.



АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы  
Степанова Олега Игоревича, представленной на соискание учёной степени  
кандидата технических наук по специальности 05.13.10 «Управление в  
социальных и экономических системах»

Комиссия в составе:

- Лелекова А.С., заместителя начальника СПТ – начальника дежурной смены СПТ ФПС ГПС ФГКУ «10 ОФПС по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»;

- Клыкова П.А., заместителя начальника СПТ – начальника дежурной смены СПТ ФПС ГПС ФГКУ «10 ОФПС по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»;

- Батурова И.А., заместителя начальника СПТ – начальника дежурной смены СПТ ФПС ГПС ФГКУ «10 ОФПС по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре»;

настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Степанова О.И. (база данных по зданиям с низкой устойчивостью при пожаре, алгоритм проектирования системы управления пожарными подразделениями на месте пожара при различном составе ресурсов пожарной охраны, алгоритм перемещения ресурсов пожарных подразделений при тушении пожаров в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре) используются при подготовке и обучении личного состава, исследовании и разборе произошедших пожаров, планировании пожарно-тактических учений.

Использование результатов исследования способствует обеспечению поддержки управления силами и средствами пожарных подразделений на месте пожара, что установлено и отрабатывается в ходе пожарно-тактических учений.

Предложения о дальнейшем использовании: планируется создание базы данных объектов IV-V степени огнестойкости для применения программного обеспечения информационно-аналитической поддержки управления пожарными подразделениями при тушении пожаров.

Комиссия:

ЗНСПТ Ю ОФПС

Лелеков А.С.

ЗНСПТ Ю ОФПС

Клыкова П.А.

ЗНСПТ Ю ОФПС

Батуров И.А.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ «СЭУ ФПС ИПЛ  
по Ханты-Мансийскому автономному  
округу – Югре»  
майор внутренней службы

В.Ю. Негодуйко

«30» 08 2016 г.

М.П.

**АКТ**

о внедрении результатов диссертационной работы  
Степанова Олега Игоревича, представленной на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 05.13.10 «Управление в социальных и  
экономических системах»

Комиссия в составе:

Филипенко Д.В., заместителя начальника ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре;

Толмачёва Е.В., начальника сектора судебных экспертиз ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре;

настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного исследования Степанова О.И. (база данных по зданиям с низкой устойчивостью при пожаре, результаты моделирования динамики развития опасных факторов пожара полевым методом на основе Fire Dynamics Simulator (FDS) с расчетным объектом – сегмент двухэтажного сборно-щитового здания типа «БАМ») используются в рамках повышения уровня квалификации лиц, непосредственно участвующих в исследовании и экспертизе пожаров, с целью оценки степени корреляции хода тушения пожара и путей его распространения, формирующие признаки очага пожара, вторичных очагов интенсивного горения и направленности горения.

Использование результатов исследования Степанова О.И., в том числе программного средства «Расчет сил и средств для пожаротушения в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре» способствует обеспечению объективности изучения закономерностей развития пожаров в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре, а также может служить вспомогательным средством для подготовки заключений эксперта и специалиста ИПЛ после внедрения в практику экспертной специализации «Судебная пожарно-тактическая экспертиза», одной из основных задач которой предполагается оценка эффективности тушения пожара на основе анализа последствий.

Предложения о дальнейшем использовании: создание базы моделей развития пожаров на объектах IV-V степени огнестойкости для уточнения расчетов и повышения верификации положений, выносимых на защиту.

Комиссия:

Заместитель начальника СЭУ ФПС ИПЛ



Д.В. Филипенко

Начальник сектора СЭУ ФПС ИПЛ

Е.В. Толмачёв



УТВЕРЖДАЮ  
 Начальник ФКУ «9 ПЧ ФПС  
 по Ханты-Мансийскому автономному  
 округу – Югре»

А.Н. Сысойкин  
 2017 г.



### АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования  
 Степанова Олега Игоревича, начальника отдела подготовки пожарно-  
 спасательных и аварийно-спасательных формирований управления организации  
 пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ

Комиссия в составе:

*Заместитель начальника отдела подготовки ФКУ «9 ПЧ ФПС» Р.Р.  
 Александров Александр Владимирович  
 Начальник отдела подготовки ФКУ «9 ПЧ ФПС» Степанов Олег Игоревич  
 Начальник отдела подготовки ФКУ «9 ПЧ ФПС» Шаманов Павел Сергеевич*

настоящим актом подтверждает, что результаты диссертационного  
 исследования Степанова О.И., в области формализации алгоритмов управления  
 пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров в зданиях  
 низкой устойчивости при пожаре используются при подготовке и обучении  
 личного состава, предварительном планировании действий пожарно-  
 спасательных подразделений по тушению пожаров.

Структурирована база данных по зданиям с низкой устойчивостью при  
 пожаре в г.Белоярский;

С помощью программы «Расчет сил и средств для пожаротушения в зданиях  
 с низкой устойчивостью при пожаре» проведен анализ реализации тактических  
 возможностей пожарно-спасательных подразделений на основных пожарных  
 автомобилях при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре.

Использование результатов исследования способствует совершенствованию  
 процесса предварительного планирования действий по тушению пожаров (при  
 разработке планов и карточек тушения пожаров).

Предложения о дальнейшем применении: планируется подготовка  
 положения о порядке разработки документов предварительного планирования  
 действий по тушению пожаров с применением программного продукта.

Комиссия:

*Заместитель начальника отдела*

*Александров Александр Владимирович*

*Степанов Олег Игоревич*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*Р.Р. Александров*

*О.И. Степанов*

*П.С. Шаманов*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2016618567**

**«Расчет сил и средств для пожаротушения в зданиях с  
низкой устойчивостью при пожаре»**

Правообладатели: *Степанов Олег Игоревич (RU), Денисов Алексей  
Николаевич (RU), Логвинок Дмитрий Александрович (RU)*

Авторы: *Степанов Олег Игоревич (RU), Денисов Алексей  
Николаевич (RU), Логвинок Дмитрий Александрович (RU)*

Заявка № **2016616117**

Дата поступления **08 июня 2016 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **02 августа 2016 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

*Г.П. Ивлиев*





## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2641450

## Пожарный ствол

Патентообладатель: *Степанов Олег Игоревич (RU)*Автор: *Степанов Олег Игоревич (RU)*

Заявка № 2017101891

Приоритет изобретения 20 января 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 17 января 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 20 января 2037 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности
 Г.П. Ивлиев




## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2657687

**Устройство для подачи жидких огнетушащих веществ на  
высоту**

Патентообладатель: **Степанов Олег Игоревич (RU)**

Автор: **Степанов Олег Игоревич (RU)**

Заявка № 2017101890

Приоритет изобретения **24 февраля 2016 г.**

Дата государственной регистрации в


Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **14 июня 2018 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **24 февраля 2036 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Исвлев

