

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Юргинский технологический институт

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях

Отделение техносферной безопасности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Организация аварийно-спасательных работ при тушении пожара в жилых домах повышенной высотности

УДК 614.8:614.844:699.81:69.032

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
317Г40	Сибиркин Андрей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОТБ	Родионов П.В..			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЦТ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Луговцова Н.Ю.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР	Журавлев В.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И.о. руководителя ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
	Универсальные компетенции
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт	Юргинский технологический институт
Направление	Техносферная безопасность
Профиль:	Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение	Техносферной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. руководителя ОТБ

_____ С.А. Солодский

«__»_____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г40	Сибиркину Андрею Сергеевичу

Тема работы:

Организация аварийно-спасательных работ при тушении пожара в жилых домах повышенной высотности	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№12/С от 31.01.2019г.

Срок сдачи студентами выполненной работы:	08.06.2019 г.
---	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – 22-этажный многофункциональный комплекс, расположенный по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Аналитический обзор литературных источников актуальности мероприятий в области обеспечения противопожарной защиты зданий повышенной этажности 2 Изучение требований нормативно-правовых актов по организации пожарной защиты зданий повышенной этажности. Постановка цели и задач исследования. 4 Анализ текущего состояния пожарной безопасности указанного здания. 5 Разработка мероприятий по

	совершенствованию системы активной и пассивной противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе с использованием передвижной пожарной аварийно-спасательной техники. 6 Расчет возможного социального ущерба при пожаре в многофункциональном комплексе
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОТЦ Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	ассистент ОТБ Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	Специалист по УМР Журавлев Василий Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	07.02.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОТБ	Родионов П.В.			07.02.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г40	Сибиркин Андрей Сергеевич		07.02.2019 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 124 листа, 2 приложения, 3 рисунка, 14 таблиц, 61 источник.

Ключевые слова: ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА, РАСЧЕТ СИЛ И СРЕДСТВ, ПОЖАРНАЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Объектом исследования является 22-этажный многофункциональный комплекс, расположенный по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.

Цель исследования – совершенствование системы активной и пассивной противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе с использованием передвижной пожарной аварийно-спасательной техники.

В процессе исследования проводилось изучение состояния дел в области обеспечения противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе проанализировано выполнение требований норм, планирование организации тушения пожаров в ЗПЭ; изучены требования к тушению пожаров в ЗПЭ; изучена организация тушения и проведения спасательных работ в здании повышенной высотности; выполнен расчет сил и средств тушения пожара и проведения спасательных работ на объекте исследования; выполнен гидравлический расчет насосно-рукавных систем, используемых при подаче огнетушащих веществ; подготовлены рекомендации по организации тушения пожара в ЗПЭ применительно к объекту исследования.

В результате исследования были предложены мероприятия по совершенствованию системы активной и пассивной противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе с использованием передвижной пожарной аварийно-спасательной техники.

Степень внедрения: начальная и средняя.

Область применения: пожарная безопасность.

Экономическая эффективность и значимость высокая.

Выпускная квалификационная работа выполнена в тестовом редакторе Microsoft Word 7.0 и представлена на диске CD-R (в конверте на обложки).

Abstract

Final qualifying work contains 124 sheets, 2 attachments, 3 figures, 14 tables, 61 sources

Key words: FIRE PROTECTION, CALCULATION of FORCES AND equipment, FIRE RESCUE EQUIPMENT.

The object of the study is a 22-storey multifunctional complex located at the address: Novosibirsk, ul. Deputatskaya, d. 46.

The aim of the study is to improve the system of active and passive fire protection of SPE, including the use of mobile fire rescue equipment.

In the course of the study, the state of Affairs in the field of fire protection of SPE was studied, including the implementation of the requirements of the norms, planning the organization of fire extinguishing in SPE; the requirements for fire extinguishing in SPE were studied; the organization of extinguishing and rescue operations in the building of high altitude was studied; the calculation of forces and means for fire extinguishing and rescue operations at the research facility was carried out; the hydraulic calculation of pump-bag systems used in the supply of fire extinguishing substances was performed; recommendations on the organization of fire extinguishing in the PPE in relation to the object of study.

As a result of the study, measures were proposed to improve the system of active and passive fire protection of SPE, including the use of mobile fire rescue equipment.

Level of implementation: primary and secondary.

Scope: fire safety.

Economic efficiency and importance is high.

Final qualifying work is done in a test editor Microsoft Word 7.0 and is presented on CD-R (in an envelope on the cover).

Содержание

	6
Введение.....	9
1 Обзор литературы	12
2 Объект и методы исследования	23
2.1 Анализ развития техники и тактики тушения пожаров в высотных зданиях и сооружениях	23
2.2 Системы и установки автоматического пожаротушения в высотных зданиях	32
2.3 Основные требования нормативных правовых актов по обеспечению противопожарной защиты высотных зданий	33
2.4 Анализ произошедших пожаров в высотных зданиях (Российская Федерация).....	37
3 Расчет и аналитика	41
3.1 Краткая характеристика объекта.....	41
3.2 Проверка соответствия противопожарной защиты	42
3.2.1 Определение требуемой степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности	42
3.2.2 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности генерального плана	42
3.2.3 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности объемно-планировочных решений.....	44
3.2.4 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности противопожарных преград.....	46
3.2.5 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности путей эвакуации	48
3.3. Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности систем активной противопожарной защиты	51
3.3.1 Автоматическая пожарная сигнализация	51

3.3.2 Противодымная защита и вентиляция.....	54
3.3.3 Наружное и внутреннее водоснабжение, в том числе пожаротушение.....	61
3.3.4 Система оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией	67
3.4 Расчет сил и средств для организации аварийно-спасательных работ	73
3.4.1 Тушение пожара на 8-ом этаже здания	73
3.4.2 Тушение пожара на 20-ом этаже здания	78
3.4.3 Расчет насосно-рукавных систем.....	82
3.4.4 Расчет сил и средств для проведения спасательных работ	83
4. Финансовый менеджмент.....	91
4.1 Техничко-экономическое обоснование автоматической системы пожаротушения	91
5. Социальная ответственность	96
5.1 Описание условий работы пожарных при тушении высотных зданий. Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	96
5.2 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды	98
5.2.1 Освещенность.....	98
5.2.2 Микроклимат.....	99
5.2.3 Шум	100
5.2.4 Вибрация.....	100
5.2.5 Загазованность и запыленность рабочей зоны	101
5.3 Анализ выявленных опасных факторов среды	102
5.4 Охрана окружающей среды	108
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
5.6 Выводы по разделу социальная ответственность.....	110
Заключение	112
Список использованной литературы.....	115

Введение

Интенсивное строительство зданий повышенной этажности (далее – ЗПЭ) является одним из приоритетных направлений градостроительной деятельности крупных и крупнейших городов мира. Такой процесс развития городских агломератов обусловлен потребностью рационального использования выделенной под застройку земли, имеющей существенную стоимость, что ведет к повышению этажности застройки. Возведение высотных зданий становится символом цивилизации и экономического развития городов, без зданий, упирающихся в облака, уже невозможно представить современный мегаполис, где строительство зданий повышенной этажности становится все более популярным.

Тенденция повышения этажности зданий ставит перед службой пожаротушения МЧС России решение ряда сложных проблем по управлению тушением пожаров и спасанием людей. При возникновении и продолжительном развитии пожаров в этих зданиях могут создаваться угрозы для находящихся в них людей.

В настоящее время здания высотой 15–25 этажей стали обычным явлением в строительстве. Чем здание выше, тем жестче к нему должны предъявляться требования пожарной безопасности. Однако полностью обеспечить пожарную безопасность зданий повышенной этажности только пожарно-профилактическими мероприятиями, осуществляемыми при проектировании и строительстве, без активного участия подразделений Государственной противопожарной службы невозможно.

При строительстве и эксплуатации зданий повышенной этажности (по принятому условному разделению сооружений по этажам, к ЗПЭ относятся здания 10 этажей и выше), имеющих большую пожарную опасность, возникает необходимость обеспечить пожарную безопасность человека, строго и неукоснительно соблюдать противопожарные требования и нормы, постоянно

совершенствовать способы тушения пожаров.

Тушение пожаров, спасение людей, оказавшихся в опасности, наряду с профилактическими мероприятиями – важнейшие задачи подразделений Государственной противопожарной службы.

ЗПЭ по сравнению с другими сооружениями имеют характерные особенности и повышенную пожарную опасность, обусловленную многими специфическими факторами. Пожарная опасность усугубляется допускаемыми ошибками и отступлениями от противопожарных требований в ходе проектирования зданий и строительстве.

Сложность вопросов организации пожаротушения и, особенно, проведение аварийно-спасательных работ, требуют от работников подразделений Государственной противопожарной службы всесторонних и твердых знаний процессов и особенностей развития пожаров в ЗПЭ, высокого профессионального мастерства, тренированности, физической и психологической подготовки. Это позволит ликвидировать пожары с наименьшим ущербом, быстро принимать меры по сохранению жизни и здоровья находящихся в горящем здании людей, что положительно сказывается на боеготовности подразделений Государственной противопожарной службы и моральном состоянии ее работников.

Вопросы организации и тактики тушения пожаров в ЗПЭ были исследованы и описаны целым рядом отечественных и зарубежных специалистов. Из отечественных, прежде всего, следует отметить таких специалистов, как Терещин В.В., Подгрушный А.В., Артемьев Н.С., Гвоздев Е.В., Башаричев А.В., Кашевник Б.Л. (публикации [1–8]).

Вопросы пожарной профилактики обсуждались Чуприяновым А.П., Борзовым Б.А., Матюшиным А.В., Гвоздевым Е.В., А.Ю.Родичевым и др.(публикации [9–13]).

Целью работы является совершенствование системы активной и пассивной противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе с использованием передвижной пожарной аварийно-спасательной техники.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи:

- изучить состояние дел в области обеспечения противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе проанализировать выполнение требований норм, планирование организации тушения пожаров в ЗПЭ, изучить требования к тушению пожаров в ЗПЭ;

- изучить организацию тушения и проведения спасательных работ в 22-этажном многофункциональном комплексе, расположенном по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46;

- выполнить расчет сил и средств тушения пожара и проведения спасательных работ на объекте исследования, выполнить гидравлический расчет насосно-рукавных систем, используемых при подаче огнетушащих веществ;

- подготовить рекомендации по организации тушения пожара в ЗПЭ применительно к объекту исследования.

Объектом исследования является 22-этажный многофункциональный комплекс, расположенный по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.

Предмет исследования – порядок проведения аварийно-спасательных работ при тушении пожара в зданиях повышенной высотности.

Практическая ценность данного исследования состоит в предложении мер, направленных на повышение эффективности проведения АСР при тушении пожара в высотном здании.

В результате проведенных исследований разработаны мероприятия по повышению эффективности проведения АСР при тушении пожара в высотном здании.

1 Обзор литературы

Высотное строительство началось в конце XIX века. Возведение каркасных домов, появление лифтового хозяйства, обеспечивающих повышенную прочность несущих стен, внедрение новых строительных технологий привели к появлению первых высотных объектов. Первым высотным зданием в мире является The Home Insurance Building, которое появилось в Чикаго в 1885 г. Архитектором проекта выступил Уильям Ле Барона Дженн. Здание имело 10 этажей, 42 м высоты, а разрушено было в 1931 г. [14]. Начиная с этого времени, небоскребы стали стремительно строиться в городах США, особенно в Нью Йорке. Они стали символом богатства и мощи корпораций, соревнуясь в высоте и этажности сооружений, например, здание Парк Роу Билдинг высотой 119 м (30 этажей), построенное в 1899 году; здание Эмпайр Стейт Билдинг высотой 391 м (102этажа), построенное в 1931 г.; Метрополитэн Лайф Тауэр высотой 213 м (52 этажа), построенный в 1909 году; Вулворд Билдинг высотой 241 м (57 этажей), построенный в 1930 году; Sears Tower высотой 443 м, построенный в 1973 году и др.

После окончания Второй мировой войны Советский Союз и Европа также стали возводить «высотки». Причина – необходимость в восстановлении разрушенных городов, а также поиск новых технологических решений в строительстве. За десятилетия практически все страны украсили центры крупных городов высотными строениями. В центрах крупнейших мегаполисов здания высотой более 100 м будут по-прежнему строиться. Так, только за последние несколько десятков лет в Москве появились следующие «высотки»: Офисно-деловой комплекс «ОКО» высотой 354 м; ЖК «Триумф-Палас» высотой 264,1 м (57 этажей); «Меркурий Сити Тауэр» высотой 338,8 м; ММДЦ «МоскваСити» - «Башня Федерация» высотой 374 м (95 этажей); «Евразия» высотой 309 м; башня «Москва» высотой 301,6 м; «Башня на Набережной»: «А» - 85 м; «В» - 135,7 м «С» - 268 м, , «Башня Эволюция» высотой 255 м; ЖК

«Континенталь» высотой 184 м (48 этажей); Деловой комплекс «Империя» высотой 239 м; главное здание МГУ высотой 240 м (36 этажей); ЖК «Эдельвейс» высотой 176 м (43 этажа); ЖК «Триколор» высотой 192 м (58 этажей); ЖК «Дом на Мосфильмовской» высотой 213 м (54 этажа); гостиница «Украина» высотой 206 м (34 этажа); ЖК «Воробьёвы горы» высотой 188,2 м (48 этажей); ЖК «Алые паруса» высотой 179 м (48 этажей); и др.

Не отстают и другие города. Например, в Екатеринбурге примерами высотного строительства могут служить ЖК «Февральская революция» высотой 39,6 м (42 этажа), построенное в 2010 г., БЦ «Высоцкий» высотой 188,3 м (54 этажа), построенное в 2011 г, башня «Исеть» высотой 209 м (52 этажа), построенное в 2015 г.[15].

В мире идет гонка за высотой строящихся зданий. Например, в Кувейте возводится небоскреб Burj Mubarakal Kabir, высота которого достигнет 1001 м и 250 этажей, строительство планируется закончить к 2026 г.

Однако со стремлением строить «все выше и выше» возникает проблема безопасности. Несмотря на высокую стоимость строительства ЗПЭ, пожары в них не являются редким явлением. Согласно данным Центра пожарной статистики Международной ассоциации пожарных и спасательных служб в 31 стране мира (здесь проживает 50% всего населения Земли) ежегодно регистрируется 3,0–5 млн. пожаров, на которых погибает 25–65 тыс. человек. Всего за 20 лет последних лет жертвами в этих странах стали почти 1 млн. человек [16]. Например, пожар в отеле «Вайнкофф» в Атланте (США), произошедший в 1946 г., унес жизни 119 человек. Возгорание на 12-м этаже здания «Джоэлма Билдинг» в Сан-Паулу (Бразилия), произошедшее в 1974 г., унесло 227 жизней. В 2003 г. 6 человек погибли при пожаре в 21-этажной гостинице «Ранд Инн Интернешнл» в Йоханнесбург, ЮАР. При этом пострадавших от пожаров оказывается намного больше, а материальный ущерб просто колоссален. Например, стоимость уничтоженного пожаром в 2005 г. небоскреба «Виндзор», расположенного в Мадриде, оценивалась в 84 млн. евро. Пожар башни «Восток» комплекса «Москва-Сити» произошедший в 2012 году,

привел к ущербу от 2 до 3 млн. долларов.

Анализ литературы по вопросам обеспечения пожарной безопасности в ЗПЭ показал, что на сегодняшний день эта проблема по-прежнему не потеряла актуальности. Изучением особенностей пожарной безопасности ЗПЭ занимались помимо указанных ранее отечественных исследователей также многочисленные зарубежные, например, работы [17-23]. Из материалов публикаций можно сделать вывод, что основная причина трагических последствий пожаров в ЗПЭ является блокирование продуктами горения и огнем путей эвакуации людей.

В работе [19] выполнен анализ более 60 пожаров, произошедших в высотных зданиях. где приведен ряд примеров, когда здания не подлежали больше восстановлению после пожара.

Например, пожар в 38-этажном высотном здании OneMeridianPlaza (Филадельфия), произошедший в 1991 году, привел к тому, что в результате огневого воздействия в некоторых местах разошлись несущие стены. Здание не ремонтировалось после пожара в течение 8 лет, и только в 1999 г. было демонтировано.

Традиционно после пожара в ЗПЭ владелец приходит к выводу о нецелесообразности восстановления поврежденного объекта и начинает новое строительство [20]. Кроме того, ремонт несущих конструкций в высотных зданиях является сложным и дорогостоящим мероприятием, а, иногда, просто невозможным. Указанные примеры, в том числе Пекинский пожар, являются ярким этому подтверждением. Следует отметить, что из всех происходящих чрезвычайных ситуаций именно пожары являются наиболее распространенными причинами, приводящими к повреждению строительных конструкций [21].

Вполне очевидно, что даже при самой неблагоприятной пожарной нагрузке огнестойкость несущих конструкций ЗПЭ на любом этаже должна быть такой, чтобы исключалась полностью возможность потери несущей способности. Огнестойкость характеризуется пределом огнестойкости –

временем, в течение которого конструкция сохраняет свои несущие и ограждающие характеристики.

Установление пределов огнестойкости строительных конструкций для большинства обычных зданий связывают с максимально допустимой площадью пожарных отсеков. При этом в основу допустимой площади этажа пожарного отсека положено условие, при котором обеспечивается тушение пожара имеющими средствами противопожарной защиты за время до потери основными конструкциями несущей способности. В [22] для расчета требуемых пределов огнестойкости введено понятие «эффективной площади тушения», т.е. такой площади, на которую приходится гарантированный расход огнетушащих веществ в течение нормативного времени пожаротушения, что по смыслу очень близко с понятием пожарного отсека.

Другими словами, площадь пожарного отсека определяется пределами огнестойкости строительных конструкций и возможностями ликвидации пожара.

Для ЗПЭ указанное положение не может однозначно применяться. Это связано в первую очередь с тем, что подразделения Государственной противопожарной службы, как правило, имеют ограниченные возможности тушения пожара в ЗПЭ и требуют значительно больше личного состава пожарных и оборудования, чем на других объектах. Например, при тушении пожара в Пекине, указанном ранее, понадобилось участие около 600 пожарных. Кроме того, тушение осложняется недостаточно быстрым прибытием пожарных подразделений, которое определяется, как правило, задержкой сообщения о пожаре (иногда до 30-40 минут) даже на объектах, оборудованных автоматической пожарной сигнализацией, загруженностью дорог и подъездов к ЗПЭ. Не следует забывать, что ЗПЭ размещаются в основном в крупных городах, где движение по улицам даже на небольшие расстояния отнимает много времени из-за скопления автотранспорта.

Таким образом, предъявляя требования к огнестойкости несущих конструкций ЗПЭ и высотных зданий, следует исходить из того, что пожар

будет скорее всего развиваться бесконтрольно.

В ЗПЭ пожар развивается по вертикали, и сложно обеспечить проведение своевременной эвакуации людей, аварийно-спасательные работы. Продукты горения быстро заполняют лифтовые шахты, лестничные клетки, эвакуационные выходы. Скорость распространения продуктов горения по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. Уже через несколько минут здание может быть полностью задымлено, а нахождение людей без средств защиты органов дыхания окажется невозможным [17-23].

В целом мероприятия по противопожарной защите ЗПЭ и высотных объектов можно разделить на четыре блока:

- 1) Безопасность людей;
- 2) Безопасности пожарных;
- 3) Ограничение развитие пожара на соседние объекты;
- 4) Обеспечение требуемой огнестойкости строительных конструкций.

В настоящее время при проектировании ЗПЭ применяют требования СП 54.13330.2011 [24]. Действие данного документа распространяется на проектирование жилых зданий высотой до 75 м. Здесь же установлено и ограничение области применения этой высотой.

Для жилых зданий, имеющих высоту более 75 м, зданий другого функционального назначения высотой более 50 м, а также особо сложных и уникальных строений, кроме соблюдения требований действующих технических нормативных правовых актов, должны готовиться специальные технические условия, в которых отражается специфика противопожарной защиты объектов, включая комплекс дополнительных инженерно-технических решений и организационных мероприятий.

Анализ отечественных и зарубежных противопожарных норм в области проектирования жилых зданий показывает, что концептуально действующие нормы близки к американским (NFPA) [26]. Поэтому представляет определенный интерес сопоставления действующих требований в области пожарной безопасности Российской Федерации и США. К тому же в США

наблюдается существенная положительная динамика в снижении количества пожаров в жилом секторе.

Сравнительный анализ американских и отечественных требований показывает, что нормы NFPA по целому ряду вопросов оказываются жестче. Например, согласно требованиям NFPA допускается предусматривать один эвакуационный выход из жилого блока для многоквартирных зданий только в том случае, когда объекты защищены автоматическими установками пожаротушения (далее – АУПТ) либо когда выход по единственному пути является практически гарантированным.

Из требований СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» (п. 6.24) следует, что лифты и эскалаторы не могут быть путями эвакуации. Таким образом, основные пути движения людей – лестницы. Однако моделирование эвакуации из ЗПЭ показало, что спуск людей по лестницам имеет высокую сложность. Причина этому заключается в том, что с каждым этажом увеличивается плотность потока и, соответственно, скорость движения людей уменьшается. Для выхода людей из ЗПЭ необходимо пройти от 150 до 1000 м, что в условиях все возрастающей плотности людского потока может занять до нескольких часов. Скопление людей препятствует выходу. Так, видеонаблюдение и проведенные эксперименты показали, что в среднем время задержки в результате блокирования путей эвакуации составляет от 1,5 до 5 мин. При этом значительное количество людей испытывает ужасную усталость уже через 5 минут после движения вниз по лестнице [32].

Кроме того, в отечественных нормах прослеживается «надежда» на работу пожарной аварийно-спасательной техники. К сожалению, практика уверенно демонстрирует, что такой подход не всегда оправдан и становится причиной трагических последствий. И это в первую очередь касается ЗПЭ.

Согласно нормам NFPA многоквартирные здания, имеющие высоту более 3 этажей и количеством жилых блоков более 11, оборудуются системами обнаружения и оповещения о пожаре за исключением случаев, когда каждый жилой блок отделяется от смежных жилых блоков противопожарными

преградами, имеющими предел огнестойкости не ниже 45 мин, и каждый жилой блок имеет независимый эвакуационный выход или независимую лестницу, ведущую к отметке на уровне земли.

Также независимо от числа этажей и квартир в жилом блоке предусматривается установка дымовых пожарных извещателей. При их сработке должен выдаваться сигнал, который будет слышим в спальнях комнатах. При этом такие извещатели устанавливаются в добавок к спринклерным системам пожаротушения и системам оповещения о пожаре.

Для зданий, не защищенных АУПТ, автономные дымовые извещатели устанавливаются в спальнях комнатах.

Национальные требования по оборудованию жилых зданий системами оповещения о пожаре и управления эвакуацией определяются СП 3.13130.2009 [27]. В соответствии с указанным документом для жилых зданий секционного типа, имеющих высоту менее 10 этажей, системы оповещения допускается не предусматривать. При высоте жилых зданий секционного типа 10 этажей и выше необходимо предусматривать систему оповещения о пожаре со звуковым сигналом. Также допускается установка световых указателей направления движения и указателей «ВЫХОД».

Таким образом, анализ перечисленных требований показывает, что в нормах США предусматривается оборудование средствами автоматического обнаружения и оповещения о пожаре практически всех жилых объектов, и указанный элемент противопожарной защиты существенно влияет на обеспечение безопасности людей при возникновении пожара. Например, по статистическим данным США увеличение количества установок обнаружения пожара и систем оповещения о пожаре в жилых домах с 5 до 60% за последние 15 лет привело к снижению уровня гибели людей на пожарах с 12000 до 5000 чел ежегодно.

Следует подчеркнуть, что в соответствии с NFPA все вновь строящиеся многоквартирные здания оборудуются АУПТ. При этом в качестве АУПТ в используют водяные спринклерные установки пожаротушения, которые за

столетний период применения показали свою высокую эффективность и надежность.

Эти установки конструктивно очень просты и состоят из заполненных водой трубопроводов с установленными на них спринклерными оросителями. Спринклерные установки (далее – СУ) обеспечивают обнаружение пожара, сигнализацию о пожаре, его локализацию и тушение. Особенностью СУ жилого сектора является использование специальных спринклерных оросителей, имеющих инерционные характеристики в три раза ниже по сравнению с обычными. Кроме того, в последние годы разработаны новые оросители для получения тонкораспыленных струй, что позволяет снижать расход воды на цели пожаротушения, быстро малыми объемами воды ликвидировать очаг возгорания.

В России разработана и выпускается широкая элементная база СУ, которая отвечает требованиям международных норм и стандартов для жилых помещений. Также имеется накопленный опыт проектирования систем быстрого срабатывания с подачей тонкораспыленных струй воды. Такой установкой пожаротушения защищены, например, Останкинская телебашня, книгохранилище государственной Российской библиотеки.

Тем не менее широкому внедрению АУПТ на жилых объектах мешает отсутствие нормативной правовой базы. Для ее разработки требуется проведения целого комплекса научно-исследовательских работ по целому ряду вопросов, связанных со строительством и обеспечением зданий техническими средствами противопожарной защиты.

Так, в отечественных требованиях норм СП 5.13130.2009 [28] обязательное оборудование автоматической пожарной сигнализацией устанавливается к жилым зданиям, имеющим высоту более 28 м, а также к общежитиям и специализированным жилым домам для престарелых и инвалидов.

Тем не менее, в настоящее время сделан достаточно серьезный шаг к ужесточению требований, направленных на защиту жилых домов от пожара.

Например, в СП 54.13330.2011 [24] включены обязательные требования по оборудованию жилых помещений дымовыми автономными пожарными извещателями. Также включено обязательное требование по оборудованию квартир отдельным краном в комплектации с пожарным рукавом для целей пожаротушения, который может быть использован на начальной стадии пожара до прибытия пожарных подразделений.

В 2016 г. на основании выполненных исследований [29, 30] был подготовлен СП 267.1325800.2016 [31], который содержит раздел пожарной безопасности, предусматривающий ряд требований к конструктивным решениям. Также в настоящее время разрабатывается свод правил, полностью посвященного вопросам пожарной безопасности для высотных зданий.

Тем не менее, несмотря на ряд действующих требований в области оснащения высотных зданий средствами пожарной автоматики, жилой сектор практически оказывается не обеспеченным техническими средствами обнаружения загораний и извещения о пожаре, что не позволяет оперативно реагировать пожарным частям на возникающие пожары. В результате пожарные подразделения прибывают к месту пожара на поздней стадии его развития.

Действующие нормативные правовые акты, затрагивающие вопросы оснащения жилых объектов системами автоматической пожарной сигнализации, определяют только общие требования о необходимости этих систем, но не определяют их состав и размещение технических средств обнаружения загораний с учетом особенностей развития пожаров в жилом секторе.

Законодательная база не обязывает персонально гражданина применять какие-либо меры противопожарной защиты в жилых помещениях, что становится одной из основных причин отсутствия средств обнаружения пожара в квартирах жилого сектора.

Но даже в том случае, если в квартирах высотных зданий в соответствии с действующими нормами устанавливаются пожарные извещатели, то в

большинстве случаев они демонтируются квартиросъемщиком в процессе выполнения ремонтных работ и, как правило, после их окончания не восстанавливаются. Таким образом, жилые помещения оказываются снова лишенными средств автоматической пожарной сигнализации.

В действующих требованиях нормативных правовых актов не решены вопросы, касающиеся организационных мер обеспечения требуемого уровня технического обслуживания систем автоматической пожарной сигнализации в жилом секторе, периодичности их проверок и оперативному решению вопросов ремонта.

Кроме организационных вопросов остаются нерешенными ряд экономических аспектов, таких как финансирование приобретения, установки, обслуживания, ремонта систем автоматической пожарной сигнализации. В частности не решены вопросы взаимодействия квартиросъемщиков и структур жилищно-коммунального хозяйства, ответственных за эксплуатацию систем автоматической пожарной сигнализации.

Таким образом, несмотря на наличие нормативных требований, значительная часть высотных жилых зданий остается не оснащенной системой автоматической пожарной сигнализации либо эти системы находятся в неработоспособном состоянии.

В жилом секторе, где выполнено оснащение системой автоматической пожарной сигнализации, причина неэффективной работы установок и, как результат, гибель людей, развитие пожара может объясняться несовершенством нормативных требований, правил проектирования, монтажа, эксплуатации систем автоматической пожарной сигнализации.

Для повышения уровня противопожарной защиты ЗПЭ представляется возможным проведение комплекса целевых мероприятий. В первую очередь следует разработать и принять ряд нормативных документов, определяющих порядок выбора технических средств обнаружения пожара в жилых зданиях, расположение средств пожарной автоматики с учетом особенностей развития пожара. В нормативных требованиях следует отразить вопросы, связанные с

установкой приемно-контрольного оборудования, средств оповещения, а также передачу информации на центральные пульты пожарной сигнализации.

Следует обратить внимание на принятие организационных мер по обеспечению требуемого уровня обслуживания систем автоматической пожарной сигнализации, периодичности проверок ее функционирования, а также оперативному решению вопросов ремонта этих систем.

Не менее важной задачей является определение экономических и правовых аспектов, т.е. обеспечение финансирования приобретения технических средств, их монтаж, проведение пусконаладочных работ, эксплуатация и техническое обслуживание, а также установление ответственности за своевременное и полное проведение работ.

В требованиях нормативных правовых и технических нормативных правовых актах следует определить ответственность граждан за поддержание технических средств автоматической пожарной сигнализации, установленных в квартирах, в надлежащем работоспособном состоянии. Также представляется целесообразным ввести систему штрафов за демонтаж и преднамеренный вывод из эксплуатации средств автоматической пожарной сигнализации, установленных в квартирах, вестибюлях, холлах и на лестничных клетках жилых зданий.

Перспективным может стать применение аналоговых и адресно-аналоговых устройств в качестве технических средств противопожарной защиты. Применение аналоговой техники позволяет отследить динамику развития пожара, что позволяет установить возгорание на начальной стадии развития пожара, а использование адресных извещателей предоставляет возможность безошибочного определения места возгорания.

2 Объект и методы исследования

Предметом исследования является организации тушения и проведения спасательных работ при тушении пожара в 22-этажном multifunctional комплексе, расположенный по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.

Методы исследования:

- статистический анализ произошедших пожаров в ЗПЭ;
- прогнозно-ситуационные исследования на предмет возникновения пожара;
- поиск и разработка оптимальных решений по организации тушения пожара и проведению спасательных работ;
- оперативно-тактическое изучение действующей системы противопожарной защиты: определение степени огнестойкости и конструктивной системы пожарной безопасности, генерального плана, объемно-планировочных решений, противопожарных преград, автоматической пожарной сигнализации, противодымной защиты, наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, в том числе автоматического пожаротушения, системы оповещения о пожаре и управлении эвакуацией;
- сравнительный анализ текущего состояния дел по обеспечению пожарной безопасности с соответствующими нормативно-правовыми актами;
- поиск и разработка на основе имеющихся возможностей способов повышения уровня противопожарной защиты;
- разработка тактических схем тушения пожара.

2.1 Анализ развития техники и тактики тушения пожаров в высотных зданиях и сооружениях

Как было отмечено, спасение людей из ЗПЭ является одной из сложнейшей проблем, которая обусловлена конструктивной характеристикой рассматриваемых объектов, прежде всего, высокой этажностью, которая

значительно усложняет процесс эвакуации. В ЗПЭ может быть сосредоточено большое количество людей – сотни сотрудников многочисленных офисов, посетители, персонал кафе, ресторанов, развлекательных и торговых центров и т.д.

При этом следует признать отсутствие эффективных средств спасения людей из ЗПЭ и в подразделениях МЧС России. Например, как отмечается С.В. Шархун и Н.Ф. Сириной [15], подъемные средства государственной противопожарной службы в Екатеринбурге могут достигать лишь высоты 68 метров. При этом самое высокое здание «Башня Исеть» имеет высоту 209 метров. Очевидно, что даже при наличии достаточно высоких пожарных автолестниц и коленчатых подъемников пожарным вряд ли удастся в кратчайшие сроки установить такое оборудование и обеспечить своевременный процесс спасения.

В последние годы появилось огромное количество спасательных устройств, которые позволяют произвести эвакуацию людей из зданий почти любой этажности в случае угрозы их жизни и здоровью. При этом все спасательные устройства можно разделить на три условные группы:

- средства спасания, доставляемые к месту пожара;
- стационарные спасательные устройства;
- индивидуальные спасательные устройства (различные виды самоспасателей).

Однако проведенные исследования и практика тушения пожаров показали, что сегодня отсутствуют достаточно надежные и универсальные спасательные устройства, с помощью которых можно в короткое время провести аварийно-спасательные работы в ЗПЭ при пожаре.

Из мобильной техники для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в ЗПЭ наибольшее распространение получили пожарные автолестницы (далее – АЛ), подъемники и вертолеты. Для подачи огнетушащих веществ на тушение в ЗПЭ и высотных зданиях используются пожарные автомобили с насосами высокого давления, оснащенные специальным

гидравлическим оборудованием. Для обеспечения дымоудаления на путях эвакуации может применяться мобильная техника дымоудаления.

В городской черте в основном используют спасательные устройства, установленные на автомобильных шасси: автолестницы, коленчатые или телескопические автоподъемники (далее – АПК), а в последнее время – и комбинацию двух спасательных механизмов – колен АЛ и телескопического подъемника (далее – ТПЛ).

АЛ применяются традиционно в странах Евросоюза. Их основное целевое назначение – спасение людей из зданий. К преимуществам АЛ можно отнести: небольшие габаритные размеры; достаточно высокую маневренность; мобильность; возможное наличие лифта, позволяющего транспортировать пострадавшего без складывания колен; наличие опор с регулируемой шириной, позволяющей АЛ работать в условиях, когда подходы к горящему зданию загромождены; возможность работать при уклоне до 15°.

Наибольшее распространение в Скандинавских странах и США получили коленчатые автоподъемники, применяемые для тушения пожаров, с дополнительной функцией – спасение пострадавших [33].

К преимуществам коленчатых автоподъемников относят:

- высокую эффективность при тушении пожаров в ЗПЭ;
- маневренность и скорость разворачивания стрелы;
- высокую грузоподъемность спасательной корзины (до 400 кг), которая позволяет транспортировать одновременно до 5 чел.;
- безопасную посадку пострадавших в спасательную корзину, которая, к тому же, может свободно поворачиваться вправо-влево для установления параллельного контакта с объектом;
- наличие встроенных водо-пенных коммуникаций в стреле, что позволяет обеспечить тушение и проведение аварийно-спасательных работ;
- наличие возможности работать в теневых зонах объекта, например, за коньком крыши, в окнах и т.п.

Фактически, автолестницы с ТПЛ относительно новый вид спасательной техники, который получает все большее распространение по всему миру [34].

Авторы концепции ТПЛ совместили преимущества АЛ и АКП в одной конструкции, что позволило создать автомобиль, одинаково эффективный как при проведении аварийно-спасательных работ, так и при тушении пожаров в ЗПЭ и высотных зданиях.

Указанные преимущества стали причиной отказа в Европе от производства АКП (для нужд пожарной охраны) и переход на производство высотных телескопических подъемников с лестницей. При этом в последнее время налажен выпуск супервысотных моделей HDT, позволяющих осуществлять подъем до 88 м.

Для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в ЗПЭ (до 10–28-го этажей) в мировой практике реализуется модельный ряд спасательных автомобилей, обеспечивающих спасение людей на высоте 37–112 м. В России производятся АЛ с высотой подъема стрелы от 30 до 62 м и АКП с высотой подъема 30–50 м. Следует, однако, отметить, что потребность гарнизонов Государственной противопожарной службы в АЛ и АКП с учетом интенсивного строительства жилых ЗПЭ удовлетворяется не достаточно. Парк пожарных автомобилей (далее – ПА) в населенных пунктах с жилыми ЗПЭ должен быть изменен в сторону роста количества АЛ и АКП.

В последние годы на рынке ПА стала появляться спасательная техника, имеющая свойства, как пожарной автоцистерны, так и автолестницы. Сегодня ряд предприятий производит пожарные автоцистерны запасом воды 3–4 м³, оборудованных лестницей высотой 18–32 м.

В связи с ограничением тактико-технических возможностей АЛ и АКП в последние годы в пожарной охране зарубежных стран проявляется повышенный интерес к применению авиационной техники для тушения пожаров и обеспечению спасения людей в ЗПЭ.

Во многих развитых странах существуют специальные пожарно-

спасательные формирования, координационные центры по борьбе с авариями, стихийными бедствиями, пожарами, которые имеют в своем распоряжении вертолеты и самолеты со специальным оснащением. Это облегчает проведение разведки пожара, а также руководство тушением. Также возможна оперативная транспортировка пожарных и специального снаряжения, что в городах с интенсивным уличным движением имеет особое значение.

Например, при отсутствии вблизи места пожара водоисточника с помощью вертолета может быть выполнена доставка и наполнение водой специальных баков, подвесных устройств.

Авиатехнологии тушения пожаров с использованием вертолетов сегодня продолжают развиваться в двух основных направлениях – тушение с использованием водосливных устройств и горизонтальное тушение пожаров.

Для тушения ЗПЭ и высотных объектов применение водосливных устройств не целесообразно, чего не скажешь для горизонтального способа.

Способ использования вертолета для горизонтального тушения (наклон струи 45° к горизонту) был предложен в Германии. Его смысл заключался в том, что на легкий самолет устанавливалась импульсная установка пожаротушения, которая и обеспечивала горизонтальную струю воды. Тем не менее, этот способ не нашел широкого применения по причине высокой стоимости, значительной отдачи, невозможности осуществлять регулировку параметров струи и динамического воздействия на конструкции здания. Кроме того, точность попадания также была незначительной.

Испытания по применению вертолетов для тушения пожаров и проведению спасательных работ в СССР и в России показали их неплохую эффективность. Для проведения эвакуационных мероприятий из горящего здания изготавливаются специальные устройства – вертолетные корзины, обеспечивающие размещение 2000 кг груза. Например, вертолет Ми-8 с помощью этой корзины способен перевести 16 человек, а вертолет К-32 – до 25 человек.

Ряд моделей вертолетов сегодня оснащается специальными водяными

установками и мониторами.

Как отмечалось ранее, для обеспечения незадымляемости путей эвакуации используются архитектурно-планировочные решения, а также стационарные установки противодымной защиты. Тем не менее всегда существует вероятность их отказа в условиях пожара. В таких условиях эффективным может стать применение мобильных установок удаления дыма.

На отечественном рынке предлагаются автомобили дымоудаления (далее – АД), оснащенные вентиляторами, имеющими производительность от 90 до 120 тыс. м³/ч. Зарубежные АД способны обеспечивать производительность до 200 тыс. м³/ч.

Техническая оснащенность, высокий уровень профессиональной подготовки личного состава, возможность в кратчайшее время сосредоточить необходимое количество сил и средств являются теми причинами, по которым передвижная техника в обозримой перспективе, несомненно, будет применяться при тушении пожаров в высотных зданиях. Вместе с тем обращает на себя внимание то обстоятельство, что если конструктивные, планировочные и технические мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность высотных зданий, постоянно развиваются и совершенствуются, то специальная передвижная пожарная техника тушения для этих же целей развивается менее динамично.

В первую очередь это относится к гидравлическому оборудованию и насосным установкам пожарных автомобилей. Только с середины 90-х годов появился отечественный насос высокого давления с соответствующим гидравлическим оборудованием (напор до 200 м вод. ст.), что обеспечивает подачу воды для работы ручных стволов на высоту около 100 м.

При выходе из строя стационарной системы пожаротушения для тушения пожара на большой высоте могут быть применены пожарные автомобили с пожарным насосом нормального и высокого давления.

При тушении пожара с применением ПА с насосом нормального давления в комплектацию должны быть дополнительно включены: емкость,

располагаемая при тушении на промежуточном этаже, в которую подается вода из цистерны; мотопомпа для подачи воды из промежуточной емкости.

Данная схема имеет следующие основные недостатки: потребность в дополнительном оборудовании, агрегатах и обслуживающем персонале; возможность отказов работы мотопомпы в условиях задымления; сложность доставки оборудования на промежуточную высоту высотного здания.

Более перспективным и эффективным техническим средством для тушения пожаров в высотных зданиях и сооружениях является автомобиль с насосом высокого давления и специальным гидравлическим оборудованием.

В зарубежной и отечественной практике пожаротушения все шире стали применять технологии с использованием пены, образованной компрессионным способом (технологии CAFS), которую можно подавать по рукавам к стволам на высоту более 200 м.

Исходя из особенностей отечественного строительного нормирования, представляется важным использование технических средств спасения людей.

Для спасения человека необходимо:

- обеспечить его индивидуальную защиту от опасных факторов пожара за время движения до основных путей эвакуации, например до незадымляемых лестничных пролетов, и при необходимости во время движения по основным путям эвакуации;

- предусмотреть размещение дополнительных средств эвакуации (спасательного оборудования), разворачиваемых на внешней стороне здания во время пожара, в случае если невозможно воспользоваться основными путями эвакуации. Безопасное следование человека до путей эвакуации может быть обеспечено применением изолирующих и фильтрующих самоспасателей для защиты органов дыхания и зрения и огнестойких накидок для защиты кожных покровов от открытого пламени и теплового излучения.

Изолирующие самоспасатели могут применяться вне зависимости от содержания кислорода и токсичных веществ в окружающей среде, а использование фильтрующих самоспасателей допускается при концентрации

кислорода не ниже 17 %.

Огнестойкая накидка обеспечивает кратковременную (до 5 с) защиту от воздействия открытого пламени и теплового излучения с поверхностной плотностью до 14 кВт/м². Конструктивное исполнение накидки позволяет регулировать ее размеры в широком диапазоне.

Для более эффективного использования самоспасателей и защитных накидок и снижения показателя гибели людей необходимо:

- разработать и ввести в действие нормативные документы, предусматривающие обязательное размещение указанных средств защиты в административных и жилых ЗПЭ;

- комплектовать самоспасателями и накидками пожарные автомобили.

Спасательное оборудование является дополнительным средством эвакуации людей при пожарах в зданиях и сооружениях. Расчет сил и выбор дополнительных средств эвакуации должны осуществляться, исходя из возможностей основных путей эвакуации каждого конкретного объекта с учетом контингента находящихся в нем людей.

Спасательное оборудование должно обеспечивать возможность экстренной эвакуации расчетного количества людей, не воспользовавшихся основными путями эвакуации, за время, в течение которого опасные факторы пожара еще не достигают критических значений в зоне нахождения спасаемых. Для жилых и общественных зданий это время может составлять от 5 до 15 мин.

Необходимо подчеркнуть, что набор технических средств для эвакуации людей из ЗПЭ ограничен.

Наиболее перспективными и эффективными средствами спасения, которые широко внедряются в промышленно развитых странах, являются спасательные устройства на базе эластичных рукавов.

Спасательный рукав – устройство, принцип работы которого основан на создании достаточной силы трения за счет сжатия рукавом движущегося в нем тела. Скорость спуска в рукаве может регулироваться непосредственно спасаемым за счет изменения положения частей тела, спасателями,

находящимися на земле, путем различных тактических действий с рукавом, а также за счет различного конструктивного исполнения самого рукава.

Устройства на базе эластичного спасательного рукава в сравнении с другими спасательными устройствами имеют следующие преимущества:

- обеспечивают спасение людей практически с любой высоты ЗПЭ;
- сохраняют работоспособность при любых погодных условиях, климате, времени года и суток;
- имеют высокое быстроедействие и большую пропускную способность (до 15 чел/мин);
- не требуют от спасаемых какой-либо подготовки для их использования;
- не требуют тренировки и обучения спасаемых, а также специального снаряжения для них;
- обеспечивают возможность спасения людей любого возраста и пола независимо от их физического и психологического состояния;
- снижают страх высоты у спасаемых.

Рукавное спасательное устройство может быть размещено как снаружи, так и внутри здания с входом с одного или нескольких уровней одновременно, может доставляться к месту непосредственно пожарными или размещаться на автолестницах или в люльках коленчатых подъемников.

В настоящее время рукавными спасательными устройствами оборудованы: высотное здание гостиницы «Украина», гостиничный комплекс «Измайлово», административное здание на Щелковском шоссе в г. Москве, здание ОАО «ГАЗПРОМ», космодром «Восточный» и др.

Таким образом, спасение людей на пожарах из зданий повышенной этажности и высотных зданий представляет большую проблему, и ложится на плечи сотрудников подразделений Государственной противопожарной службы, которые в свою очередь испытывают значительные трудности с комплектованием различной спасательной техникой и спасательными

устройствами как группового, так и индивидуального назначения.

2.2 Системы и установки автоматического пожаротушения в высотных зданиях

Согласно [35] пожарная безопасность ЗПЭ с постоянным проживанием или временным посещением людей должна обеспечиваться пожарной автоматикой. В высотных сооружениях должен предусматриваться внутренний пожарный водопровод, который представляет собой комплекс из труб, гидропневматического и водонапорного баков, внутренних пожарных кранов и насосной станции.

При длине коридора десять метров устанавливается два ствола. Расход на каждый ствол предусматривается 2,5 л/с. Для общественных сооружений высотой свыше 50 м и объемом 50 тыс. м³ расход должен быть 5 л/с на 4 струи, для больших объектов 5 л/с на 8 струй. Для пожарных машин в нижней части здания предусматриваются два наружных патрубка. В радиусе 150 м от высотного сооружения должен находиться наружный пожарный водопровод с гидрантами, выходящими на поверхность, обеспечивающими максимальный напор воды 60 м, при нормативном расходе.

Внутри здания помимо пожарного водопровода предусматривается система автоматической пожарной сигнализации. Также устанавливается модуль звукового и визуального оповещения.

Высотные здания подлежат оборудованию АУПТ в соответствии с требованиями СП 5.13130.2. Следует предусматривать АУПТ по всей площади, за исключением жилых помещений и помещений с мокрыми процессами (п.9.21, [31]).

Система пожаротушения в ЗПЭ должна иметь ручное управление. Если произойдет отказ автоматики. При этом может применяться, как дренчерная, так и спринклерная установка пожаротушения. В некоторых случаях, например, при хранении культурных и материальных ценностей вместо воды могут

применяться огнетушащие газовые составы, что позволяет в случае пожара в минимизировать ущерб от применения огнетушащих средств. С этой целью система труб монтируется с распылителями под потолками. Насосная станция хранения резервуаров с газом располагается в специально отведенном помещении.

Пожарная автоматика в высотных зданиях имеет некоторые отличия от обычной. Например, система пожаротушения полностью отделяется от пожарного водопровода. И в случае использования воды для целей пожаротушения она имеет отдельную питательную линию для доставки воды.

Согласно требований [31] помещения насосных станций (установок) систем водоснабжения и водяного пожаротушения возможно размещать в подземных этажах, промежуточных технических, а также в пристроенных и отдельно стоящих зданиях.

Помещение насосной станции отделяется от других помещений противопожарными перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости REI 45.

Системы водяного пожаротушения высотного здания зонируются по высоте с учетом расчетного гидростатического давления.

2.3 Основные требования нормативных правовых актов по обеспечению противопожарной защиты высотных зданий

Основные требования нормативных правовых актов по обеспечению противопожарной защиты высотных зданий приведены в разделе 9 [31].

Требуемый предел огнестойкости несущих строительных конструкций высотных зданий определяется в соответствии с [36] с учетом таблицы 2.1. Класс конструктивной пожарной опасности устанавливается С0.

Таблица 2.1 – Пределы огнестойкости строительных конструкций
высотных зданий

Высота здания, м	Предел огнестойкости строительных конструкций		
	Основные несущие конструкции здания (несущие стены, колонны и другие несущие элементы)	Противопожарные стены и перекрытия для деления здания на пожарные отсеки	Шахты лифтов и стены лестничных клеток
До 100	R 150	REI 150	REI 150
От 100 до 150	R 180	REI 180	REI 180
150 и выше	R 240	REI 240	REI 240

В случае применения несущих конструкций, с пределами огнестойкости менее требуемых следует предусматривать их конструктивную огнезащиту. Применение огнезащиты конструкций следует определять с учетом сроков эксплуатации огнезащитных материалов и конструкций, а также необходимости их контроля и восстановления.

Кровля предусматривается класса К0. В случае применения горючего гидроизоляционного ковра или полимерной теплоизоляции он должен закрываться сверху негорючим материалом толщиной не менее 50 мм.

Деление на пожарные отсеки предусматривается в соответствии с установленным классом функциональной пожарной опасности.

Деление здание на пожарные отсеки должно предусматриваться противопожарными преградами 1-го типа, имеющими предел огнестойкости равным не менее приведенного в таблице 2.1.

Заполнение проемов в преградах следует предусматривать с пределом огнестойкости EI 90.

В зданиях, имеющих высоту менее 150 м, одно из перекрытий технического этажа может быть 2-го типа.

Группу помещений технического назначения, расположенных на технических этажах, относят к пожарному отсеку, который они обслуживают. При этом группы помещений разных отсеков разделяются противопожарными перегородками 1-го типа или противопожарными стенами 2-го типа. Допускается группы помещений выделять в самостоятельный пожарный отсек.

Помещения различного функционального назначения отделяются друг от друга противопожарными преградами.

Стилобат выделяется, как правило, в самостоятельный пожарный отсек. Допускается устройство общего отсека стилобата и высотной части, если стилобат является входной группой высотной части и служит для размещения помещений по обслуживанию высотной части.

Вместимость помещений залов общественного назначения, располагаемых на высоте более 50 м, не должна превышать 300 мест.

Каждый этаж высотного комплекса должен предусматривать не менее 2-х эвакуационных выходов. Для эвакуации предусматриваются не менее двух незадымляемых лестничных клеток типа Н2. Выход с этажей в эвакуационные лестничные клетки предусматривается через тамбур-шлюзы 1-го типа. При высоте зданий менее 100 м допускается применять лестничные клетки типа Н1 без устройства тамбур-шлюза перед входом. В случае отсутствия естественного освещения в лестничной клетке эвакуационное освещение запитывается по 1-й категории надежности электроснабжения и рассчитывается на время эвакуации, но не менее, чем на 1 ч работы.

Эвакуационные пути из высотной части здания отделяются от путей эвакуации из стилобата.

Для доступа пожарных и тушения пожара в высотной части здания предусматривается не менее двух лифтов для пожарных.

Лифтовые холлы перед лифтами для пожарных проектируются как пожаробезопасные зоны.

Сообщение лифтами надземной высотной части с подземной стоянкой допускается осуществлять лифтами для пожарных. При этом необходимо

устройство на подземном уровне тамбур-шлюза 1-го типа перед лифтами.

В высотном здании предусматривается поэтапная эвакуация на случай пожара. Алгоритм поэтапной эвакуации разрабатывается на стадии подготовки проектной документации. При сигнале «Пожар» следует предусмотреть разблокировку всех дверей на всех этажах здания на путях эвакуации.

Следует предусматривать мероприятия по ограничению распространения пожара по фасадам высотного здания. Навесные фасадные системы должны иметь класс конструктивной пожарной опасности К0.

На покрытии здания площадки для пожарных вертолетов выбирают размерами не менее 20×20 м и размещают на расстоянии не менее 15 м от края покрытия.

Высотные здания должны защищаться от прогрессирующего обрушения в случае локального разрушения несущих конструкций при воздействиях, не предусмотренных нормальной эксплуатацией зданий (пожары, взрывы и т.п.).

Помимо требований [31] для высотных зданий должны быть предусмотрены противопожарные мероприятия, содержащиеся в положениях СП 1.13130, СП 2.13130, СП 3.13130, СП 4.13130, СП 5.13130, СП 6.13130, СП 7.13130, СП 8.13130, СП 10.13130, СП 112.13330.

Так, параметры пожарных отсеков следует определять согласно СП 2.13130, СП 118.13330, СП 113.13330, СП 54.13330 в соответствии с классом функциональной пожарной опасности.

Ширина, высота эвакуационных путей и выходов, а также требования по размещению залов должны приниматься по СП 118.13330 для помещений общественного назначения и по СП 54.13330 для помещений жилого назначения в зависимости от численности эвакуируемых.

В высотных зданиях предусматривается СОУЭ не ниже 4-го типа по СП 3.13130, системы противодымной защиты согласно СП 7.13130.

2.4 Анализ произошедших пожаров в высотных зданиях (Российская Федерация)

Согласно официальным данным о пожарах в России [37] сводному учету подлежат пожары, произошедшие в одноэтажных, двухэтажных, высотой 3–5 этажей, 6–9 этажей, 10–16 этажей, 17–25 этажей и более 25 этажей зданиях.

За 15 лет (2003–2017 годы) в зданиях высотой 17–25 этажей произошло 13094 пожара (рисунок 2.1), на которых погибло в общей сложности 350 человек; в зданиях высотой более 25 этажей произошло 292 пожара (рисунок 2.2), на которых погибло 22 человек.

При этом следует отметить, что удельные количества пожаров от общего числа однотипных объектов остаются примерно равными, а вот сводные удельные значения гибели людей на пожарах отличается почти в три раза. Другими словами, на объектах высотой более 25 этажей риск погибнуть при пожаре выше в 3 раза, чем на объектах высотой 17 – 25 этажей.

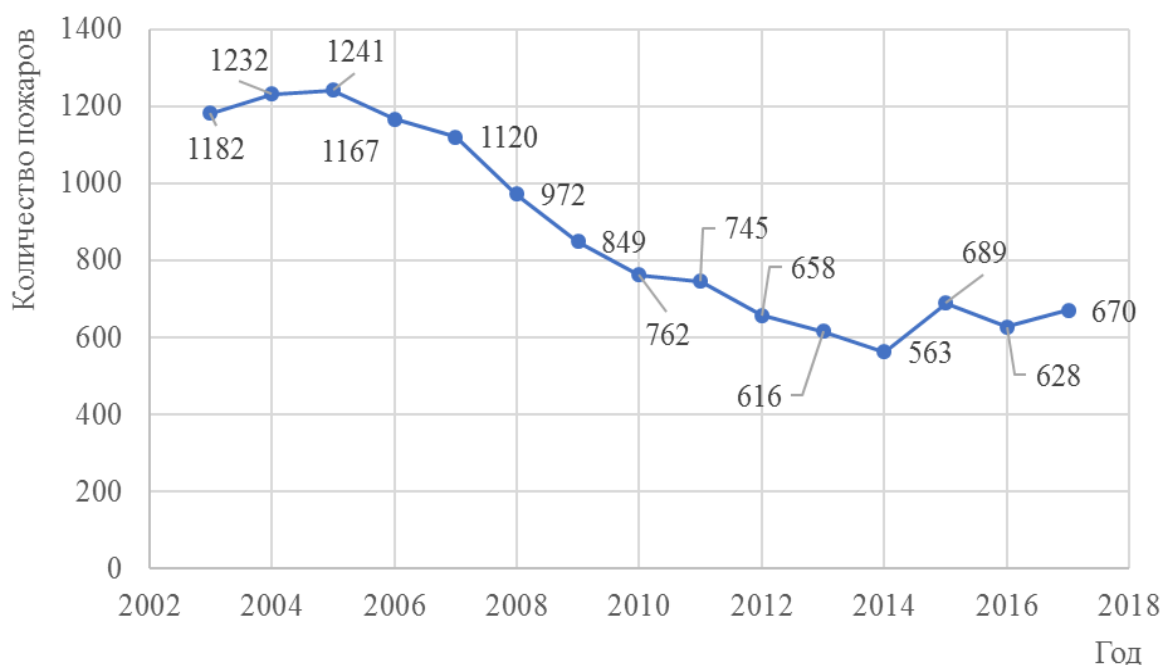


Рисунок 2.1 – Статистика пожаров в зданиях высотой 17–25 этажей

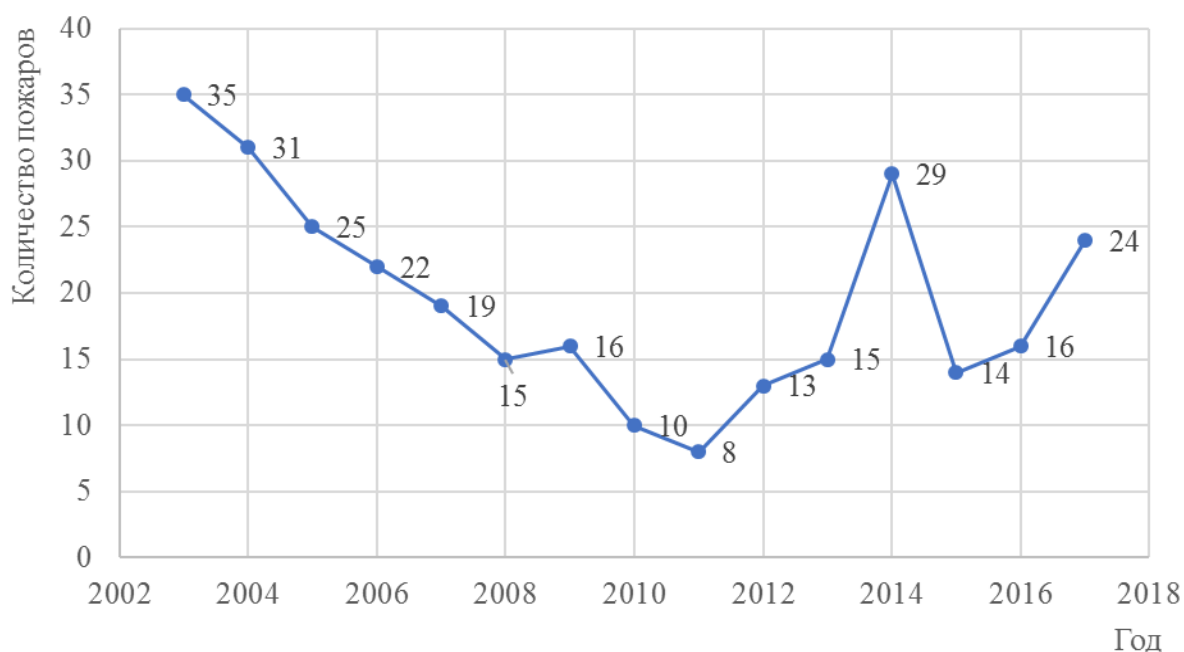


Рисунок 2.2 – Статистика пожаров в зданиях высотой более 25 этажей

Приведем некоторые показательные примеры произошедших пожаров в ЗПЭ.

Пожар в гостинице «Россия», г. Москва, 1977 год.

Вечером 25 февраля 1977 года в гостинице «Россия» произошел сильный пожар.

Загорелись одновременно 5-й, 11-й и 12-й этажи северного корпуса. Люди, находившиеся выше 12 этажа, оказались отрезанными от путей эвакуации.

В результате пожара погибло 42 человека, в том числе пять сотрудников гостиницы. Травмы различной степени тяжести получили 52 человека, в том числе 13 пожарных. Были эвакуированы более 1000 человек. Выгорели более 100 гостиничных номеров экстра-класса.

Причиной, способствовавшей увеличению гибели на пожаре людей, – недостаточная высота пожарных автолестниц, которые обеспечивали эвакуацию лишь до 7-го этажа.

Пожар в Останкинской башне, г. Москва, 2000 год.

27 августа 2000 года в Останкинской башне (высота башни 533 метра) в

результате пожара погибло 3 человека, в том числе 1 сотрудник пожарной охраны. Были эвакуированы более 300 человек. Полностью выгорели 3 этажа. Причиной, осложнявшей тушение стала отсутствие специальной высотной пожарной техники, а также невозможность использования вертолета и недостаток аэрозольных средств пожаротушения.

Пожар в здании ПромстройНИИПроекта, г.Владивосток, 2006 год.

16 января 2006 года в помещениях отделения здания ПромстройНИИПроекта произошел пожар на восьмом и девятом этажах. Наиболее пострадавшие от огня были помещения отделения Сбербанка России.

Причиной, способствовавшей увеличению гибели на пожаре: стало отсутствие возможности установить пожарные автолестницы из-за наличия пристройки к зданию, а также наличия личного автотранспорта посетителей объекта на путях подъезда к зданию.

Пожар в 25-этажном жилом доме, г. Москва, 2006 год.

Ночной пожар 18 ноября 2005 года на западе Москвы, на верхнем этаже жилого 25-этажного дома №11 во 2-м Сетуньском проезде, стал причиной гибели трех человек и пяти пострадавших, которые оказались в больницах с ожогами и отравлением угарным газом. В тушении участвовало 25 пожарных подразделений. Причиной, способствовавшей увеличению гибели на пожаре, стало отсутствие специальной высотной пожарной техники.

7 августа 2009 г. в Москве на ул. Ивана Бабушкина вспыхнула высотка. Пламя охватило 14 этажей 27-этажного здания, горели внешние облицовочные панели дома. В тушении огня приняли участие 15 пожарных расчетов, на месте происшествия дежурили три машины «скорой помощи». Движение по ул. Ивана Бабушкина и Кедрова было перекрыто. К счастью, дом еще не был заселен. Из здания были эвакуированы 28 чел. Как указано на сайте компании-застройщика, стены дома были обиты «современными эффективными утеплителями».

В апреле 2013 года в столице Чечни, городе Грозном произошел

мощнейший пожар комплекса «Грозный-Сити». Горела самая высокая из его башен – 40-этажная «Олимп» (140 м), которая является самым высотным зданием на Кавказе. Причиной пожара стало короткое замыкание. В тушении пожара и обеспечении безопасности было задействовано около 600 человек.

Между тем, осложняло тушение пожара отсутствие пожарной техники, способной достать хотя бы до 30 этажа. Тушить пожар в Грозном помогал вертолет Ми-8 из Минеральных вод.

21 сентября 2014 года произошел пожар в 25-этажном доме жилого комплекса «Новая высота», г. Красноярск.

Горели все этажи здания. Огонь быстро распространялся по всей высоте из-за того, что балконы были отделаны пластиком, а фасад – из сайдинга. В тушении участвовал вертолет, который трижды сбрасывал воду на дом.

Анализируя случаи пожаров в ЗПЭ, можно сделать следующие выводы:

- выполнение нормативных требований при строительстве ЗПЭ, содержание в работоспособном состоянии систем противопожарной защиты, а также знание обслуживающим персоналом и проживающими своих обязанностей в случае пожара, позволяют успешно потушить пожар в начальной стадии его развития без тяжелых последствий;

- успешному тушению пожара способствуют подготовка личного составом пожарных подразделений;

- тушение пожара в ЗПЭ отличается от тушения иных зданий. Большая высота обуславливает сложность и длительность подачи огнетушащих средств в верхнюю зону здания;

- при пожаре на нижних этажах возникает опасность быстрого распространением продуктов горения в верхние этажи здания, создается реальная угроза жизни людей, что требует сосредоточения на пожаре в короткое время большого количества сил и средств для проведения эвакуации;

- открывание окон и дверей может привести к быстрому распространению огня и дыма на вышележащие над очагом пожара этажи.

3 Расчет и аналитика

3.1 Краткая характеристика объекта

Высотный 22-этажный многофункциональный комплекс двухуровневой подземной автостоянкой и 3-х этажным стилобатом расположен по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.

Проектируемая 22-х этажная надземная часть комплекса имеет исходные данные:

- размеры 48.10×33.80 м в осях здания;
- максимальная площадь этажа $1\,120,00 \text{ м}^2$;
- отметка пола последнего этажа 81,90 м.
- 13 и 24 этажи – технические.

В подземной части на 2-х нижних этажах запроектирована автостоянка легковых автомобилей на 350 машино-мест, на 1-м подземном этаже – блок инженерного оборудования, архивные и складские помещения. Подземная часть комплекса имеет основные размеры:

- на отметке $-7,800$ м в плане $120,55 \times 84,49$ м.;
- общая площадь помещений парковки автомобилей 5970 м^2 ;
- максимальная площадь этажа $10122,00 \text{ м}^2$;

Класс конструктивной пожарной опасности строения принят С0. Для многофункционального комплекса принята особая степень огнестойкости, т.е. выше требований для зданий I степени огнестойкости.

В надземной части на этажах размещены офисные помещения – класс Ф4.3;

в 3-х этажной пристройке-стилобате предусмотрен ресторан с кухней – класс Ф3.2, офисные помещения и многосветное пространство – атриум, в который выходят помещения стилобата.

Въезд (выезд) автотранспорта запроектирован по одному двухпутному прямолинейному пандусу.

3.2 Проверка соответствия противопожарной защиты

3.2.1 Определение требуемой степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности

Согласно п. 9.2 [31] требуемая степень огнестойкости здания – I, а пределы огнестойкости несущих конструкций принимаются с учетом таблицы 9.1[31]:

- основные несущие конструкции здания (несущие стены, колонны и другие несущие элементы) – R150;
- противопожарные стены и перекрытия для деления здания на пожарные отсеки – REI150;
- шахты лифтов и стены лестничных клеток – REI150.

Требуемый класс конструктивной пожарной опасности – C0.

Пределы огнестойкости остальных строительных конструкций должны приниматься, как для первой степени огнестойкости согласно [36].

3.2.2 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности генерального плана

Пожарная безопасность проектируемого комплекса от возможных внешних источников зажигания, имеющих высокую температуру пожара, достигается соблюдением нормативных противопожарных разрывов от существующих зданий и сооружений и соответствует требованиям МГСН 1-01-99 [38], МГСН 4.04-94 [39].

К многофункциональному комплексу городским пожарным частям можно подъехать по существующей городской магистрали – Ленинградскому проспекту.

Предусмотрено устройство проездов для пожарных машин с трех сторон, что при условии оборудования комплекса всеми средствами пожарной

защиты, не противоречит нормам. В тупиковых частях запроектированы разворотные площадки 12×12 м.

Ширина проезжей части, а также расстояние от внутреннего края проезда до стен 22-х этажного здания выполнены в соответствии с требованиями п. 12.3[38]. Установка коленчатых подъемников и автолестниц возможна на расстоянии 8–10 метров от здания.

Мощение проезда для пожарных автомобилей предусматривается из расчета нагрузок от автолестницы или автоподъемника 16 т на ось.

Для обеспечения наружного пожаротушения в радиусе 150 метров от комплекса расположено 3 пожарных гидранта на кольцевой водопроводной сети с расходом 100 л/с. Места установки пожарных гидрантов обозначены световыми указателями на фасадах здания, включаемых автоматически в темное время суток.

Для обеспечения свободного доступа пожарных подразделений на кровлю здания запроектированы выходы из двух незадымляемых лестничных клеток.

На перепаде высот кровель запроектированы металлические вертикальные лестницы 1-го типа шириной 0,7 м.

В соответствии с требованиями норм по периметру покрытия предусмотрено ограждение.

Расстояние от проектируемого здания до ближайшего пожарного депо не превышает 2-х км, что соответствует требованиям [38].

На покрытие высотной части предусмотрена площадка размером 5×5 для приема транспортно-спасательной кабины вертолета.

Открытые парковки для автомобилей перед высотным строением предусмотрены не ближе 15-ти метров.

Таким образом, требования по обеспечению пожарной безопасности генерального плана обеспечены.

3.2.3 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности объемно-планировочных решений

На подземных этажах проектом предусмотрена автостоянка с блоком инженерного обслуживания надземных и подземных этажей здания. На минус первом уровне размещены архивные помещения и складские комнаты, без постоянных рабочих мест.

Автостоянка выделена в самостоятельный пожарный отсек и запроектирована из монолитного железобетона и воспринимает вертикальные нагрузки надземной и подземной частей здания.

Помещения хранения автомашин на каждом этаже паркинга по площади не превышают допустимые размеры между противопожарными стенами (3000 м²) и отвечают требованиям табл. 2 МГСН 5.01-01[40].

Этажность, степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности не противоречат требованиям [39-40]. Автостоянка относится по пожароопасности к категории В.

Двери и ворота в противопожарных конструкциях, в тамбур-шлюзах закрываются автоматическими устройствами и вручную.

Автостоянка рассчитана на 350 автомобилей, количество эвакуационных выходов, выездов (въездов) с этажей отвечает требованиям п.5.1.28; 5.1.21СП 113.13330.2016 [41].

Встроенные помещения другого назначения – не входящие в комплекс паркинга, отделяются от стоянки автомобилей конструкциями с пределом огнестойкости не ниже REI 120 с сообщением через тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре и автоматическими дренчерными завесами над проемами со стороны автостоянки.

Общие для всех этажей автостоянки пандусы (рампы), предназначенные для выезда (въезда), отделяются на каждом этаже противопожарными преградами с пределом огнестойкости EI 120, тамбур-шлюзами с подпором воздуха при пожаре или воротами с пределом огнестойкости EI 60.

Технические помещения, блок инженерного обслуживания подземной и надземной частей здания, насосная пожаротушения запроектированы на отметке первого подземного этажа.

Покрытие полов автостоянки запроектировано стойким к воздействиям нефтепродуктов и рассчитано на сухую уборку. Покрытие полов обеспечивает группу распространения пламени не ниже РП-1.

Несущий каркас надземной части здания запроектирован из монолитного железобетона с элементами металлических сборных конструкций.

Для повышения предела огнестойкости основных металлических конструкций запроектировано их покрытие огнестойким составом, композицией из минераловатных плит CONLIT 150 и клея CONLIT CLUE или огнеупорными красками.

Пространственная устойчивость (жесткость) здания обеспечивается жесткими, рамными узлами каркаса в обоих направлениях и монолитной железобетонной плитой, как неизменяемой диафрагмой жесткости и лестнично-лифтовым блоком, как блоком жесткости.

Междуэтажные перекрытия пожарных отсеков и конструкции, отделяющие паркинг от высотной части здания, запроектированы из монолитного железобетона с пределом огнестойкости не менее 3-х часов.

Конструкции, разделяющие высотное здание и стилобатную часть комплекса предусмотрены как противопожарная стена 1-го типа по п.2.20[39].

Ограждающие конструкции лестниц и лифтовых шахт выполнены из монолитного железобетона и имеют предел огнестойкости равным 3 часам. Лестницы выполнены из монолитного железобетона, частично по металлическим косоурам и площадочным балкам с последующим обетонированием их по сетке.

Высотная часть здания конструктивно разделена техническим этажом по вертикали на самостоятельные пожарные отсеки, которые оборудованы автономными секциями СПЗ согласно требованиям п.1.8, 2.15, 2.40 [39].

Сообщение между пожарными отсеками высотной части здания

предусмотрено через незадымляемые лестничные клетки типа Н2, разделенными по высоте на уровне технического этажа глухими противопожарными перегородками 1-го типа с переходами вне объема лестничной клетки.

Всего в многофункциональном комплексе запроектировано 3 пожарных отсека:

1-й пожарный отсек – подземная 2-х этажная автостоянка с архивными и складскими помещениями;

2-й пожарный отсек – пристройка стилобата с атриумом;

3-й пожарный отсек – высотная часть комплекса, офисное 22-х этажное здание.

Кроме этого 3-й пожарный отсек по высоте разделен техническим этажом на 2 пожарных отсека:

1-й пожарный отсек – этажи с 1-го по 13-й;

2-й пожарный отсек – этажи с 14-го по 22-й.

3.2.4 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности противопожарных преград

В таблице 3.1 приведены сводные данные о пределах огнестойкости строительных конструкций, используемых в конструктивной схеме здания.

Таблица 3.1 – Пределы огнестойкости строительных конструкций надземной и подземной частей здания

Строительные элементы	Предел огнестойкости	
	Высотная часть и стилобат	Автостоянка
1	2	3
колонны, балки, диафрагмы жесткости	R 180	R 180
наружные и внутренние несущие стены	REI 180	REI 180
наружные ненесущие стены	R30	
противопожарные стены	REI 180	REI 180

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
перекрытия междуэтажные: балки, ригеля, рамы, фермы плиты, настилы пожарных отсеков, атриума	REI 180 REI 120 REI 180	REI 180 REI 180 REI 180
стены лестничных клеток	REI 180	REI 180
марши и площадки лестниц	R 60	R 60
помещений венткамер, технических и т.п.	REI 60	REI 60
лифтовых шахт	REI 180	REI 180
коммуникационных шахт (кроме ДУ)	REI 60	
конструкции, отделяющие помещения от атриума; между коридором и апартаментами	REI 60	
двери лестничных клеток	EI 60	EI 60
двери лифтовых шахт	EI 60	EI 60
ограждение рампы и стен, отделяющих автостоянку от других помещений		REI 120
покрытие эксплуатируемое	REI 120	
ограждающие конструкции помещения ДЭС		REI 180

Внутренние конструкции помещений и коридоров, примыкающих к атриуму, запроектированы с пределом огнестойкости – REI 60.

Лифтовые кабины выполнены из негорючих материалов. Один из лифтов предусмотрен в исполнении «пожарный».

Выходы из всех лифтов запроектированы через лифтовые холлы, отделенные от прилегающих коридоров перегородками с самозакрывающимися дверями.

Двери всех технических и пожароопасных помещений запроектированы противопожарными с пределом огнестойкости 0,5 часа.

Кровля запроектирована из негорючих материалов с выходами из двух незадымляемых лестничных клеток.

Внутренние конструкции помещений и коридоров, примыкающих к атриуму, имеют предел огнестойкости – REI 60.

Согласно требованиям СНиП 21-01-97* [42], МГСН 5.01-01[40] для автостоянки приняты пределы огнестойкости:

колонны, все наружные стены REI 180 ;

перекрытия междуэтажные REI 180;
двери, ворота в противопожарных преградах EI 60;
внутренние стены, отделяющие помещения иного назначения от мест хранения автомашин REI 120;
ограждающие конструкции рамп EI 120;
ограждающие конструкции лестничных клеток REI 180;
ограждающие конструкции шахт лифтов REI 150;
двери лифтовых шахт EI 60;
ограждающие конструкции помещения ДЭС REI 180.

Таким образом, фактические пределы огнестойкости здания соответствуют требуемым.

3.2.5 Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности путей эвакуации

Первый этаж имеет общую площадь 1489 м². На этаже размещены два вестибюля главного входа, лестнично-лифтовой блок, служба регистрации и оформления пропусков.

Эвакуация с этажа запроектирована через 2 выхода непосредственно наружу. Кроме того, эвакуация возможна через смежный пожарный отсек.

Эвакуация с верхних офисных этажей (с 3-го по 22-й) решена по двум незадымляемым лестничным клеткам типа Н2, обеспеченных в уровне первого этажа выходами в свой вестибюль через тамбур-шлюз с подпором воздуха при пожаре. Вестибюль разделен противопожарными перегородками 1-го типа по осям 6 и Б1.

Ширина маршей лестничных клеток предусмотрена 1,35 м., ширина площадок – по требованиям п.6.29 [42]. Ширина дверей лестничных клеток принята не менее ширины лестничного марша.

Из офисных помещений вышележащих этажей здания (с 3-го по 22-й по признаку типового этажа) предусмотрена эвакуация в коридор и далее на

незадымляемые лестничные клетки 2-го типа. Коридор разделен противопожарными перегородками 2-го типа.

Эвакуационные лестничные клетки типа Н2 разделены на отсеки путем устройства на уровне 13-го технического этажа глухих противопожарных перегородок из негорючих материалов с пределом огнестойкости 0,75 часа.

Общие коридоры, холлы и вестибюли предусматривают проектом противодымную защиту.

Количество выходов, принятых проектом, протяженность путей эвакуации, ширина проходов, расстояние от наиболее удаленного помещения до ближайшего эвакуационного выхода соответствует требованиям норм и является достаточной для эвакуации людей с этажа.

На покрытие здания предусмотрены выходы из 2-х лестничных клеток по лестничным маршам через противопожарные двери 2-го типа.

Эвакуационные лестничные клетки типа Н2 без естественного освещения обеспечены световыми указателями «ВЫХОД» над поэтажными входами, указателями направления эвакуации, подключенными к сети аварийного освещения, дополнительно запроектированы с автономным питанием и временем работы не менее 2-х часов.

Первый и второй подземные этажи предназначены для стоянки автомашин. На минус 2-м уровне запроектированы архивные помещения.

С каждого этажа пожарного отсека автостоянки эвакуация людей при пожаре предусмотрена не менее чем по 2-м незадымляемым лестничным клеткам 3-го типа через тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре.

Эвакуационные лестницы имеют выходы непосредственно наружу и на уровне первого надземного этажа отделены от лестничных клеток надземной части комплекса противопожарными конструкциями 1-го типа.

Проектом предусмотрены эвакуационные выходы через изолированную рампу обустроенные пешеходным тротуаром, что отвечает требованиям п. 5.1.21[41].

Расстояние от наиболее удаленного места хранения автомобиля до

ближайшего эвакуационного выхода не превышает 40 метров, а из тупика – 20 метров, что удовлетворяет требованиям п. 5.1.22[41].

Количество эвакуационных выходов, допустимое расстояние от наиболее отдаленной точки до выхода, ширина тротуара и эвакуационной лестницы не противоречат положениям [40-41] для подземных автостоянок.

Из технических, подсобных помещений для обслуживания подземных и надземных этажей комплекса, а также из архивных комнат эвакуация людей предусмотрена по самостоятельным лестничным клеткам типа НЗ через поэтажные тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре.

Кроме этого эвакуация людей возможна через смежные пожарные отсеки.

Эвакуационные выходы из помещений с рабочими местами и не входящими в состав автостоянки через места хранения автомобилей, предусмотрены через тамбур-шлюзы с подпором воздуха при пожаре и дренчерными завесами с автоматическим пуском со стороны автостоянки.

С первого этажа стилобата предусмотрено 4 выхода непосредственно наружу, кроме этого из ресторана дополнительно предусмотрено два выхода наружу через дверные проемы шириной не менее 1,35 м.

Офисы первого этажа имеют выходы в коридор, ведущий к выходам наружу. Выходы в помещение атриума предусмотрены через двери с пределом огнестойкости не менее 0,5 часа.

С трех вышележащих этажей стилобата эвакуация людей запроектирована по 4-м рассредоточенным незадымляемым лестничным клеткам типа Н2, имеющих выход на отметке первого этажа непосредственно наружу.

Общие коридоры, холлы и вестибюли предусматривают проектом противодымную защиту.

Количество выходов принятых проектом, протяженность путей эвакуации, ширина проходов, расстояние от наиболее удаленного помещения до ближайшего эвакуационного выхода соответствует требованиям норм и

является достаточной для эвакуации людей с этажа.

На покрытие здания предусмотрены выходы из 2-х лестничных клеток по лестничным маршам через противопожарные двери 2-го типа.

3.3. Проверка соответствия требованиям пожарной безопасности систем активной противопожарной защиты

3.3.1 Автоматическая пожарная сигнализация

Автоматической пожарной сигнализацией (далее – АПС) оборудованы все помещения комплекса (кроме помещений, где предусматривается система пожаротушения) в соответствии с требованиями НПБ 88-2001*[44]. При этом система пожаротушения выполняет функции автоматической пожарной сигнализации.

АПС выполняет следующие функции:

- надежное и быстрое срабатывание пожарных извещателей и определение точного места возникновения пожара;
- автоматическое регулирование порога срабатывания каждого извещателя в зависимости от загрязнения и старения;
- непрерывное диагностирование периферийных элементов, устройств, а также шлейф сигнализации с определением вида неисправности (короткое замыкание, обрыв, изъятие извещателя и т.п.) ;
- автоматическое управление с помощью программируемых входных-выходных блоков, включаемых в шлейф сигнализации, оборудованием инженерных систем (автоматическое пожаротушение, противодымная защита, противопожарные двери и т.п.);
- автоматическое изображение на дисплее планировки объекта с указанием конкретного места (адреса) сработавшего извещателя;
- отображение оперативной информации о состоянии системы и объекта;

– регистрация, архивирования и документирования о состоянии объекта и технических средств.

Оборудование систем пожарной сигнализации имеет высокую надежность, возможность расширения системы, древовидную структуру шлейфов, повышенную возможность всех модулей, современный дизайн, высокую информативность.

АПС формирует сигнал тревоги о пожаре от автоматических и ручных пожарных извещателей.

Все применяемое оборудование отвечает нормам и требованиям СП5.13130.2009 [45] и имеет сертификаты соответствия и пожарной безопасности.

Предусматривается адресно-аналоговая систему пожарной сигнализации «Болид» на базе компьютерной и микропроцессорной техники, имеющей сертификаты РФ.

Выбор данного оборудования обуславливается гибкостью и многофункциональностью системы, а также наличием возможности ее расширения до 127 управляемых приборов.

Функции контроля и управления системой выполняет пульт контроля и управления (далее – ПКУ) С2000М, который является главным узлом управления системой и соединен с автоматизированным рабочим местом (АРМ) – персональным компьютером. ПКУ С2000М и АРМ устанавливаются в помещении опорного пункта пожаротушения на отм.0.000 в осях Ж-И/1-5. Для оборудования данного объекта АПС применяются: контроллеры двухпроводной линии связи С2000-КДЛ (шлейфы АПС), блоки контрольно-пусковые С2000-КПБ (управляющие сигналы систем противопожарной защиты), блоки сигнально-пусковые С2000-СП4(24) (пуск дренчерной завесы в помещениях продовольственного дискаунтера на отм. 0.000). Управление всеми приборами в системе производится с пультов С2000М по линии интерфейса RS-485. Установка всех перечисленных приборов, за исключением С2000М, возможна вне помещения охраны на высоте 2,2 м от пола либо в ящике для

аппаратуры, исключающем доступ посторонних лиц.

Контроллер двухпроводной линии «С2000–КДЛ» анализирует состояние адресных датчиков и расширителей (до 127 шт.), включаемых в его двухпроводную линию связи (далее – ДПЛС), передает пульту по интерфейсу информацию об их состоянии.

При появлении, контролируемых адресными извещателями, первичных признаков пожара (дым) контроллер двухпроводной линии «С2000-КДЛ», проводя периодический опрос адресных извещателей двухпроводной линии связи, регистрирует состояние извещателей, формирует и передает по магистрали (интерфейсу) RS-485 сигналы тревожных событий «Внимание», «Пожар» и «Норма» на пульт контроля и управления «С2000М».

Для отображения состояния разделов интегрированной системы безопасности используется АРМ.

ПКиУ «С2000М» осуществляет прием тревожных сообщений от контроллера «С2000-КДЛ». На основе полученной информации, отображает информацию, вырабатывает управляющие команды на соответствующее оборудование (релейные блоки), которые, в свою очередь, выдают сигналы на управление системами противопожарной защиты и инженерным оборудованием объекта защиты.

Приемно-контрольные приборы и другое оборудование применяются в соответствии с требованиями государственных стандартов, нормативных требований в области пожарной безопасности, технической документацией, с учетом климатических, механических, электромагнитных и других воздействий в местах их размещения. Обеспечивается резерв емкости приемно-контрольных приборов не менее 10% от общего количества шлейфов при их числе 10 и более.

Питание приборов осуществляется от резервных источников питания РИП-24 (24В-3А-17) исп. 01, которые в свою очередь запитаны от сети переменного тока напряжением 220В, 50 Гц. При отключении основного питания автоматически происходит переключение на питание от резервной

линии (далее – АВР). Резервированный источник питания обладает защитой от переплюсовки аккумуляторной батареи, защиту от короткого замыкания и перегрузки цепей с полным восстановлением работоспособности после устранения неисправности и наличием дистанционного выхода пропадания сетевого (основного) питания и короткого замыкания цепей.

В защищаемых помещениях проектом предусматриваются к монтажу извещатели пожарные дымовые оптико-электронные адресно-аналоговые ИП 212-34А (ДИП-34А-01-01), а также извещатели тепловые линейные (термокабель) через адресные расширители С2000-АР2 в неотапливаемой автостоянке в соответствии с положениями приложения М СП5.13130.2009. Извещатель адресный пожарный дымовой «ДИП-34А» при превышении «порога запыленности» формирует сигнал «требуется обслуживание». При начальном задымлении в помещениях происходит переход извещателя пожарного дымового адресно-аналогового «ДИП-34А» в состояние «Внимание», а при дальнейшем увеличении концентрации дыма – в состояние «Пожар».

На путях эвакуации (у эвакуационных выходов) и у шкафов пожарных кранов, проектом предусматривается установка извещателей пожарных ручных адресных ИПР513-3А с целью оперативной подачи сигнала о пожаре на пост с круглосуточным пребыванием дежурного персонала и включения систем противопожарной защиты здания (приложение Н СП5.13130.2009 [45]).

3.3.2 Противодымная защита и вентиляция

Противодымная защита комплекса включает решения, обеспечивающие незадымляемость эвакуационных путей, отдельных помещений и здания в целом.

Целью подраздела является проверка соответствия требований СП 7.13130.2009 Отопление вентиляция и кондиционирование [46] всего комплекса решений, обеспечивающих противодымную защиту здания, включая

установление необходимости наличия в отдельных помещениях дымоудаляющих устройств (шахт, люков) проверку их площади и конструктивного исполнения элементов конструкции.

Системой дымоудаления с искусственным побуждением оборудуются [46]:

- подземная автостоянка;
- помещение склада;
- коридоры, вестибюли и холлы;
- помещение дизельной электростанции.

Кроме того, обеспечивается подпор воздуха в тамбур-шлюзы незадымляемых лестничных клеток 2-го и 3-го типа, в незадымляемые лестничные клетки 2-го типа, в лифтовые шахты подземной автостоянки и надземной части комплекса, в тамбур-шлюзы лифтовых шахт (п.7.15, [46]).

Двери лестничных клеток, ведущие в общие коридоры, двери лифтовых холлов должны иметь приспособления для самозакрывания и уплотнения в притворах и не должны иметь запоров, препятствующих их открыванию без ключа (п. 4.2.7, [46]).

Анализ данных показывает, что в целом мероприятия противодымной защиты и вентиляции на объекте обеспечены.

Выполним расчет систем противодымной защиты подземной автомобильной стоянки, расположенной на минус втором этаже, расположенной в пределах пожарного отсека №225 площадью 1309 м² и незадымляемой лестничной клетки.

Площадь подземной автомобильной стоянки составляет 1309 м², т.е. площадь дымовой зоны не более этой величины (п.7.4, [46]). В соответствии с п.7.9 [3] на защищаемую площадь принимается три дымоприемных устройства.

Помещение для автомобильной стоянки имеет следующие характеристики:

- высота помещения для хранения автомобилей – $H = 3,9 м$;

- периметр ограждающих конструкций помещения – $P_{ок} = 175 м$;
- мощность очага пожара при горении одного автомобиля – $Q_n = 4,5 МВт$;
- расчетная температура наружного воздуха в теплый период года (г. Новосибирск) – $\tau = 28,5^{\circ}C$ [47];

доля тепла, отдаваемая очагом горения, ограждающим конструкциям помещения равна – $\varphi = 0,4$.

Определяем расход продуктов горения при горении одного автомобиля. Конвективная составляющая мощности очага пожара определяется по формуле:

$$Q = (1 - \varphi) \cdot Q_n, \quad (3.1)$$

$$Q = (1 - 0,4) \cdot 4,5 = 2,7 МВт = 2700 кВт$$

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой, определяем по формуле:

$$G_k = 0,032 \cdot Q^{\frac{3}{5}} \cdot Z, \quad (3.2)$$

$$G_k = 0,032 \cdot 2700^{\frac{3}{5}} \cdot 2 = 7,33 кг / с$$

Температура продуктов горения:

$$t_{n2} = \frac{Q}{(c_p \cdot G_k + \alpha \cdot (F_{ном} + L_{ок} \cdot (H - Z)))} + t_{\theta}, \quad (3.3)$$

$$t_{n2} = \frac{2700}{(1,09 \cdot 7,33 + 0,012 \cdot (1309 + 175 \cdot (3,9 - 2)))} + 28,5 = 126,0^{\circ}C = 399 K$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха:

$$\rho_i = \frac{353}{T_i}, \quad (3.4)$$

$$\rho_n = \frac{353}{273 + 28,5} = 1,170 кг / м^3,$$

$$\rho_{n2} = \frac{353}{399} = 0,885 кг / м^3$$

Располагаемый перепад давления:

$$\Delta P_{расч} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{n2}), \quad (3.5)$$

$$\Delta P_{расн} = 9,81 \cdot (3,9 - 2) \cdot (1,170 - 0,885) = 5,3 \text{ Па}$$

Требуемая площадь отверстий дымоудаления:

$$F = \frac{G_{\kappa}}{\mu \cdot (\rho_{nz} \cdot 2 \cdot \Delta P_{расн})^{0,5}}, \quad (3.6)$$

$$F = \frac{7,33}{0,64 \cdot (0,85 \cdot 2 \cdot 5,3)^{0,5}} = 3,82 \text{ м}^2$$

(принимается два отверстия дымоудаления размерами – 1,0×2,1)

Объемный часовой расход удаляемого дыма:

$$L = 3600 \cdot \frac{G_{\kappa}}{\rho_{nz}}, \quad (3.7)$$

$$L = 3600 \cdot \frac{7,33}{0,85} = 31045 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Для обеспечения эффективного удаления продуктов горения из помещения автомобильной парковки принимаем вытяжную систему противодымной вентиляции с механическим побуждением. Расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюзы, отделяющие помещение автомобильной парковки от помещения иного назначения определяется по зависимости вида [48]:

$$G_r = n \cdot F_{dr} \cdot \sqrt{\frac{20}{S_{dr}}}, \quad (3.8)$$

$$G_r = 2 \cdot 2,7 \cdot \sqrt{\frac{20}{4570}} = 0,357 \text{ кг} / \text{с} = 996 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где S_{dr} – характеристика удельного сопротивления воздухопроницанию дверей защищаемого тамбур-шлюза, м³/кг;

n – количество дверей защищаемого тамбур-шлюза;

F_{dr} – площадь двери защищаемого тамбур-шлюза, м².

Расчетные значения характеристики удельного сопротивления воздухопроницанию дверей защищаемых тамбур-шлюзов могут быть определены по соотношению вида:

$$S_{dr} = \frac{5300}{\rho_n}, \quad (3.9)$$

$$S_{dr} = \frac{5300}{1,170} = 4530$$

где ρ_a - плотность наружного воздуха при расчетной температуре T_a .

Определим параметры вентилятора приточной системы подпора воздуха в лестничную клетку типа Н2 при открытой двери здания и закрытых дверях лестничной клетки. Порядок расчета приведен в [49-50].

Здание многофункциональное, двадцати четырехэтажное, лестничная клетка с естественным освещением через остекленные проемы в наружных ограждениях; Расчетная температура наружного воздуха для зимнего периода года – минус 28°C, скорость ветра 4,9 м/с; температура дыма 300°C (573 К).

Исходные данные для расчета: высота этажа 3,9 м, уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку 96 м; размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку 1,2×2,1 м; выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей 1,2×2,1 м, площадь лестничной клетки 20 м²; удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 л/кг; открыта входная дверь из коридора в лестничную клетку, на всех этажах – закрыты.

Плотность наружного воздуха определяем по формуле:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{-28 + 273} = 1,44 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (3.10)$$

Плотность воздуха в здании:

$$\rho_e = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{16 + 273} = 1,22 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (3.11)$$

Наружное давление на наветренном фасаде:

$$P_{HH,i} = 0,8 \cdot \frac{\rho_n \cdot V_e^2}{2} - g \cdot h_{эм} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_e) \quad (3.12)$$

Наружное давление на заветренном фасаде:

$$P_{H3,i} = -0,6 \cdot \frac{\rho_n \cdot V_{\epsilon}^2}{2} - g \cdot h_{\text{зм}} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_{\epsilon}) \quad (3.13)$$

Давление внутри здания:

$$P_{\epsilon,i} = \frac{P_{HH,i} + P_{H3,i}}{2} \quad (3.14)$$

Наружное давление на уровне воздухозабора:

$$P_{\epsilon 3} = -0,6 \cdot \frac{\rho_n \cdot V_{\epsilon}^2}{2} - g \cdot h_{\epsilon 3} \cdot (\rho_n - \rho_{\epsilon}) \quad (3.15)$$

$$P_{\epsilon 3} = -0,6 \cdot \frac{1,44 \cdot 4,9^2}{2} - 9,91 \cdot 96 \cdot (1,44 - 1,22) = -219,7 \text{ Па}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Сводный расчет системы вентиляции незадымляемой лестничной клетки

№ этажа	Р _{HH,I} , Па	Р _{H3,I} , Па	Р _{в,I} , Па	Р _{лк,I} , Па
А	1	2	3	4
1	13,8298	-18,7893	-2,4798	33,82976
2	11,6716	-27,2063	-7,7674	44,0873196
3	9,51336	-35,6233	-13,055	54,611929
4	7,35516	-44,0402	-18,343	65,4457986
5	5,19696	-52,4572	-23,63	76,6290663
6	3,03876	-60,8742	-28,918	88,2008846
7	0,88056	-69,2912	-34,205	100,200115
8	-1,27764	-77,7082	-39,493	112,665814
9	-3,43584	-86,1251	-44,78	125,637601
10	-5,59404	-94,5421	-50,068	139,155949
11	-7,75224	-102,959	-55,356	153,26243
12	-9,91044	-111,376	-60,643	167,999926
13	-12,0686	-119,793	-65,931	183,41282
14	-14,2268	-128,21	-71,218	199,547177
15	-16,385	-136,627	-76,506	216,450907
16	-18,5432	-145,044	-81,794	234,17393
17	-20,7014	-153,461	-87,081	252,768337
18	-22,8596	-161,878	-92,369	272,288548
19	-25,0178	-170,295	-97,656	292,791473
20	-27,176	-178,712	-102,94	314,336676
21	-29,3342	-187,129	-108,23	336,986541

Продолжение таблицы 3.2

А	1	2	3	4
22	-31,4924	-195,546	-113,52	360,806442
23	-33,6506	-203,963	-118,81	385,864921
24	-35,8088	-212,38	-124,09	412,233876
Забор воздуха		-219,7		

Эквивалентная площадь входных дверей здания

$$(\mu \cdot f)_{\text{ex}} = \frac{1}{1/\left[(\mu \cdot f)_1^2 + 1/(\mu \cdot f)_2^2\right]^{0,5}} = \quad (3.16)$$

$$= \frac{1}{1/\left[(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2 + 1/(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2\right]^{0,5}} = 1,14 \text{ м}^2$$

Расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара равен нулю.

Расход воздуха через входную дверь здания:

$$G_{\text{ex}} = (\mu \cdot f)_{\text{ex}} \cdot \left[2 \cdot \rho_n \cdot (P_{\text{ЛК},1} - P_{\text{ex}})\right]^{0,5} = \quad (3.17)$$

$$= 1,14 \cdot \left[2 \cdot 1,44 \cdot (33,83 + 18,79)\right]^{0,5} = 14,03 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха со второго этажа лестничной клетки на первый равен расходу через входную дверь здания. Давление в лестничной клетке на уровне второго этажа определяем по формуле:

$$P_{\text{ЛК},2} = P_{\text{ЛК},1} + 30 \cdot \frac{G_{2,1}^2}{\rho_n \cdot f_{\text{ЛК}}^2} = 33,83 + 30 \cdot \frac{14,03^2}{1,44 \cdot 20^2} = 44,08 \text{ Па} \quad (3.18)$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки:

$$S_{\text{дв}} = \frac{S_{\text{уд}}}{(H_n \cdot B_n)^{0,5}} = \frac{2500}{(2,1 \cdot 1,2)^{0,5}} = 1574 (\text{кг} \cdot \text{м})^{-1} \quad (3.19)$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на втором этаже, определяем по формуле:

$$G_{\text{д},2} = \left[\frac{P_{\text{ЛК},2} - P_{\text{в},2}}{S_{\text{дв}}} \right]^{0,5} = \left[\frac{44,08 + 7,77}{1574} \right]^{0,5} = 0,181 \text{ кг/с} \quad (3.20)$$

Расход воздуха в лестничной клетке с третьего этажа на второй равен сумме расходов воздуха со второго этажа на первый и расхода воздуха,

фильтрующегося через щели дверей на втором этаже:

$$G_{3,2} = G_{2,1} + G_{д,2} = 14,03 + 0,181 = 14,21 \text{ кг / с} \quad (3.21)$$

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа:

$$P_{ЛК,3} = P_{ЛК,2} + 30 \cdot \frac{G_{3,2}^2}{\rho_n \cdot f_{ЛК}^2} = 44,08 + 30 \cdot \frac{14,21^2}{1,44 \cdot 20^2} = 54,6 \text{ Па} \quad (3.22)$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на третьем этаже:

$$G_{д,3} = \left(\frac{P_{ЛК,3} - P_{в,3}}{S_{дв}} \right)^{0,5} = \left(\frac{54,6 + 13,06}{1574} \right)^{0,5} = 0,207 \text{ кг / с} \quad (3.23)$$

Расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, равен сумме расходов воздуха с третьего этажа на второй и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на третьем этаже:

$$G_{ЛК} = G_{3,2} + G_{д,3} = 14,21 + 0,206 = 14,42 \text{ кг / с} \quad (3.24)$$

Далее расчет выполняем с использованием таблиц Excel (табл.3.2).

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле:

$$Q_{ЛК} = \frac{3600 \cdot G_{ЛК}}{\rho_n} = \frac{3600 \cdot 23,1}{1,44} = 57750 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (3.25)$$

$$G_{ЛК} = G_{3,23} + G_{д,24} = 22,5 + 0,583 = 23,1 \text{ кг / с}$$

Давление на оголовке лестничной клетки:

$$P_{в} = P_{ЛК,24} - P_{НЗ,В} = 412,23 + 212,38 = 624,61 \text{ Па} \quad (3.26)$$

Таким образом, система дымоудаления соответствуют требуемым характеристикам.

3.3.3 Наружное и внутреннее водоснабжение, в том числе пожаротушение

Подземная и надземная части комплекса оборудуются автоматическим спринклерным и дренчерным пожаротушением, а также внутренним противопожарным водопроводом, согласно требований СП 30.13330.2016[51],

СНиП 21-02-99*[42] и НПБ 88-2001* [44], с расчетным расходом воды:

- спринклерная система пожаротушения подземных этажей – 28,8 л/с.;
- дренчерные завесы – 1 л/с на 1 метр ширины проема;
- общий расход по подземным этажам – примерно 49 л/с;
- спринклерная система пожаротушения надземных этажей – 9,6 л/с.
- противопожарный водопровод автостоянки – 2×5 л/с.;
- противопожарный водопровод надземной части – 8×5 л/с;
- диктующий расчет надземной части комплекса – примерно 49,6 л/с.

Пуск пожарных насосов внутреннего противопожарного водопровода предусмотрен автоматическим (от реле уровня в пневмобаке, ЭКМ на напорной линии соответствующей насосной установки, реле протока и пр.), дистанционным (от кнопок, установленных в шкафах пожарных кранов) и ручную (из помещений пожарного поста или ОДС).

Водоснабжение здания запроектировано по двум вводам по 200 мм каждый, которые подключить к различным участкам наружной кольцевой сети.

Внутренний противопожарный водопровод запроектирован по направлениям соответствующим пожарным отсекам. Каждое направление обеспечивается своей группой насосов (основной и резервный).

Водоснабжение в здании обеспечивается двумя дополнительными вводами $d = 200$ мм. На вводах устанавливается водомерный узел со счетчиком и обводной линией с электрозадвижкой.

Фактический напор в сети горводопровода может составлять:

минимальный – 12 м.

максимальный – 20 м.

Многофункциональный комплекс запроектирован с установкой автоматического спринклерного пожаротушения согласно требований глав [44]. Проемы в автостоянке защищены автоматической дренчерной завесой.

Автоматическая установка спринклерного пожаротушения для надземной высотной части комплекса принята двухзонной, водозаполненной

(включая подземные уровни), так как все защищаемые помещения имеют температуру воздуха выше плюс 5°C.

Установка автоматического спринклерного пожаротушения подземных уровней, включая помещения паркинга, и система внутреннего противопожарного водопровода выполнены отдельно, с учетом требований [40].

Проектом для автоматического водяного пожаротушения предусматривается устройство 4-х групп насосных установок. В каждой группе – основной, резервный и насос подкачки (жокей-насос):

- 1 группа насосов обслуживает спринклерную систему пожаротушения второй зоны высотной части комплекса (13-22 эт.);

- 2 группа насосов обслуживает спринклерную систему пожаротушения первой зоны высотной части комплекса (1-12 эт.) и пристройку-стилобат;

- 3 группа насосов обслуживает спринклерную и дренчерную системы пожаротушения подземных уровней комплекса;

- 4 группа насосов обслуживает дренчерную завесу, отделяющую атриум от высотной части комплекса по оси 7.

На напорной линии каждой зоны надземной и подземной частей здания запроектированы гидроаккумуляторные емкости по 50 л каждая. Гидроаккумуляторы предусмотрены в помещении насосной станции пожаротушения и на техническом – 13 этаже.

Для подключения автоматических установок пожаротушения к передвижной пожарной технике предусмотрены сухотрубы с соединительными головками выведенными наружу патрубками диаметром 89 (77) мм, оборудованными вентилями.

Предусматривается установка 14-ти сухотрубов с выведенными наружу патрубками – по два на каждое направление внутреннего противопожарного водопровода и установки автоматического пожаротушения.

Насосная станция водяного пожаротушения предусмотрена в

помещении насосной на минус первом этаже подземной автостоянки.

Насосные станции автоматических установок пожаротушения относятся к 1 категории надежности согласно ПУЭ.

Помещение насосной станции оборудуется телефонной связью с помещением ЦПУ СПЗ (диспетчерской). У входа в помещение станции устанавливается световое табло «Станция пожаротушения».

Для одной секции спринклерной установки принимается не более 800 спринклерных оросителей всех типов.

Каждая секция спринклерной установки имеет самостоятельный узел управления. Узлы управления запроектированы в помещении насосной станции.

На питающих трубопроводах устанавливаются сигнализаторы потока жидкости, уточняющие адрес загорания, в соответствии с [44]. Перед сигнализаторами потока жидкости устанавливается запорная арматура с визуальным контролем ее состояния.

Питающие и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств. Спринклерные оросители устанавливаются в соответствии табл.1[44] и с учетом их технических характеристик.

Прибор управления включает в себя блок пуска насосов, секционный блок, блок управления задвижками и пульт дежурного персонала. Прибор управления предназначен для автоматического управления насосными агрегатами и вспомогательными механизмами установки водяного пожаротушения.

Пульт управления обеспечивает автоматический контроль на обрыв и короткое замыкание подключенных к прибору внешних цепей:

сигнализаторов давления;

электроклапанов пуска дренчерных секций;

сигнализаторов давления на выходах насосов.

В перекрытиях подземной автостоянки на каждом этаже

запроектировано устройство для отвода воды при тушении пожара. Трубопровод для отвода воды самостоятельный для каждого этажа.

Автоматическая насосная станция для откачки воды при тушении пожара оснащена резервуаром для сбора воды не менее 2 м³.

При возникновении загорания в определенной зоне, когда температура воздуха под перекрытием над очагом пожара превысит температуру 68°C разрушения колбы спринклерного оросителя, ороситель вскрывается.

В результате этого падает давление в системе трубопроводов выше узла управления. Узел открывается и вода под давлением импульсного устройства поступает к оросителям.

При этом от сигнализаторов давления, установленных на узле управления, выдается импульс на пуск рабочего насоса в станции пожаротушения. Если же он не включится или не создаст расчетного давления, то через 10 секунд включается резервный насос.

Насос забирает воду из водопроводной сети и нагнетает ее в сеть трубопроводов установок пожаротушения, при этом насос подкачки автоматически отключается.

Остановка насосов производится вручную из насосной станции пожаротушения кнопками. Состояние установки водяного пожаротушения выводится на пульт дежурного персонала.

При вскрытии спринклера срабатывает сигнализатор потока жидкости, установленный в этой зоне. Сигнал о пожаре транслируется посредством СПЖ на приемную панель станции пожарной сигнализации, которая определяет адрес пожара.

Дренчерные клапана вскрываются после получения сигнала от СДУ, дистанционно по команде диспетчера или по месту установки клапана от вентиля.

Автоматика управления и объем сигнализации приняты согласно требований [44].

Насосная установка – первая группа насосов обслуживает спринклерную

систему пожаротушения второй зоны высотной части комплекса (13–22 эт.):

- один рабочий и один резервный центробежные горизонтальные консольные электронасосы типа NP65/315A-42/2 насоса производительностью по 55,0 м³/ч, при напоре 119,0 м, с электродвигателем мощностью 45,0 кВт;

- подпитывающий насос (жокей-насос) типа MVI217/PN25 производительностью 3,2 – 2,9 м³/ч, при напоре 125,0–135,0 м, с электродвигателем мощностью 3,0 кВт.

Насосная установка – вторая группа насосов обслуживает спринклерную систему пожаротушения первой зоны высотной части комплекса (1-12 эт.) и пристройку-стилобат:

- один рабочий и один резервный – центробежные горизонтальные консольные электронасосы типа NP 50/250-30/2, производительностью каждого 63,2 м³/ч, при напоре 82,2 м, с электродвигателем мощностью 30,0 кВт;

- подпитывающий насос производительностью 3,8–2,1 м³/ч, при напоре 90,0–100,0м, типа MVI 410/PN16, с электродвигателем мощностью 2,2 кВт.

Насосная установка – третья группа насосов обслуживает спринклерную и дренчерную системы пожаротушения подземных уровней комплекса:

- в составе одного рабочего и одного резервного центробежных горизонтальных консольных электронасосов типа NP 100/200-45/2, производительностью каждого 209,2 м³/ч, при напоре 58,0 м, с электродвигателем мощностью 45,0 кВт;

- подпитывающий насос типа MVI 210/PN16, производительностью 3,8–3,2 м³/ч, при напоре 65,0–75,0 м, с электродвигателем мощностью 1,5 кВт.

Насосная установка – четвертая группа насосов обслуживает дренчерную завесу, отделяющую атриум от высотной части комплекса по оси 7:

- в составе одного рабочего и одного резервного центробежных горизонтальных консольных электронасосов типа NP/BR 100/250-45/2, производительностью каждого 135,7 м³/ч, при напоре 58,0м, с

электродвигателем мощностью 45,0 кВт;

– подпитывающий насос типа MVI 210/PN16. производительностью 3,35–2,85 м³/ч, при напоре 65,0–75,0м, с электродвигателем мощностью 2,2 кВт.

Контрольно-сигнальные клапана (КСК), дренчерные клапана, спринклерные и дренчерные оросители в автостоянке запроектированы фирмы TYCO (GRINNEL) США имеют сертификаты соответствия и сертификаты пожарной безопасности.

На питающих трубопроводах секций по направлениям, предусмотрены задвижки с контролем положения и сигнализаторы потока жидкости.

Трубопровод установки противопожарного водопровода запроектирован из стальных бесшовных труб с внутренним диаметром от 20 до 150 мм по ГОСТ 8732-78.

Трубопроводная арматура предусмотрена французской фирмы типа TECOFI. Максимальное давление арматуры определяется на последующей стадии проектирования и примерно будет равна 10-16 атм.

3.3.4 Система оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией

Все помещения комплекса оборудуются системой оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей по требованиям обязательного приложения 12 МГСН 4.04-94*[39].

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре является составной частью комплекса инженерно-технических систем и организационных мероприятий по противопожарной защите.

В качестве аппаратуры речевого оповещения используется комплект устройств системы речевого оповещения фирмы «PHILIPS» (Голландия).

Реализация многофункциональной системы оповещения на данной аппаратуре обеспечивает:

- возможность организации не менее 36 независимых зон оповещения;
- передачу сигналов отдельно, поочередно по зонам и в здании

одновременно на все зоны;

- трансляцию сигналов оповещения (озвучивания) как вручную, с помощью кнопок выбора зон, так и автоматически, при срабатывании средств пожарной сигнализации;

- возможность автоматической трансляции в определенную зону, по команде от системы пожарной сигнализации, аварийных звуковых сигналов или заранее записанных на магнитную ленту и компакт-диски (CD) фонограмм;

- запись и перезапись фонограмм текстов оповещения на магнитной ленте;

- контроль входных и выходных уровней оповещения;

- трансляцию программ диапазонов ДВ, СВ и УКВ;

- воспроизведение фонограмм;

- заданный уровень громкости, включения и выключения в произвольных комбинациях усилителей местного вещания;

- автоматическое прерывание трансляции любых сообщений при пожаре и включение оповещения.

Громкоговорители оповещения устанавливаются во всех помещениях с постоянным или временным пребыванием людей, в том числе в местах парковок автомашин, коридорах, складских и технических помещениях и т.д. за исключением санузлов, венткамер и т.п.

В состав системы входят:

- проигрыватели компакт-дисков;

- кассетные магнитофонные деки;

- FM-ЧМ тюнеры;

- микшерский пульт;

- пульты управления;

- устройство коммутации;

- усилитель мощности;

- акустические системы.

В офисных помещениях устанавливаются дистанционные блоки регулировки громкости, шунтирующиеся при передаче тревожного сообщения.

Уровень звука оповещения превышает уровень шума в защищаемых помещениях на 5–10 дБ, при этом уровень звука речевой информации составляет не более 90 дБ, звуковых сигналов – не более 120 дБ.

Управление эвакуацией осуществляется посредством передачи специально разработанных текстов, направленных на предотвращение паники и других негативных явлений, усложняющих процесс эвакуации, трансляции текстов, содержащих информацию о направлении движения.

Разработка текстов оповещения производится службой эксплуатации здания совместно с лицами ответственными за пожарную безопасность в зависимости от зонирования здания.

При необходимости звукоусилительная аппаратура может быть установлена в помещении радиоузла, при этом пульт управления должен размещаться в помещении ЦПУ СПЗ.

Включение речевого оповещения производится автоматически при срабатывании двух датчиков пожарной сигнализации или одного датчика пожарной сигнализации и реле потока установки спринклерного пожаротушения или установки спринклерного пожаротушения.

Включение речевого оповещения осуществляется и в ручном режиме диспетчером ЦПУ СПЗ после получения команды о пожаре и необходимости частичной или полной эвакуации людей из здания от лица, ответственного за эвакуацию.

Включение световых указателей производится автоматически при срабатывании установок автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации.

Световые указатели подключаются к сети эвакуационного освещения и устанавливаются на высоте 2 м и 0,5 м от пола. Кабельные линии СОУЭ выполняются самостоятельными.

Характеристика системы управления звуком SM 30:

- система управления звуком – это интеллектуальный контролер профессиональной системы громкого оповещения, который обеспечивает интерфейс для обширного и исчерпывающего набора входных и выходных модулей;

- оператор направляет вызовы, сообщения, музыку и сигналы тревоги с помощью вызывной станции, которая включает высококачественный кардиоидный электрретный микрофон и клавиатуру с цифровыми и функциональными клавишами;

- система приоритетов может быть установлена для разрешения конфликтов, когда несколько станций посылают вызов одновременно;

- вызов может быть направлен в 36 зон одновременно, несколько зон или отдельно в одну из зон путем набора ее номера;

- система подразумевает использование двух отдельных каналов усиления: вызова и музыки;

- система генерирует пилотный сигнал для контроля работоспособности усилителей и других устройств;

- система питается от сети переменного тока напряжением 220 В;

- имеется возможность подключения резервного источника 48 VDC.

Базовый корпус LBB 1280/40:

- включает в себя – корпус, дисплей и клавиатуру, плату микропроцессора, плату соединений, блок питания, модуль линейных выходов;

- 7 дополнительных модулей;

- дополнительные принадлежности – вызывная станция на 18 (36) зон, микрофоны с вызывным выключателем, крейт дополнительных модулей, набор заглушек, крышка для настольного монтажа;

- базовый корпус и крейт модулей предназначены для размещения плат и модулей системы, он поставляется с модулем линейных выходов и модулем блока питания;

- кроме питания от сети, модуль блока питания имеет возможность

подключения резервного источника 48 VDC, Резерв включается автоматически при пропадании сети;

- модуль линейных выходов обеспечивает интерфейс между входными сигналами, системными сигналами и выходом на усилители и имеет два отдельных выхода (канал «музыка» и канал «вызов»);

- для мониторинга усилителей используется встроенный генератор тона 20 кГц. Он может быть включен или выключен и имеет регулируемую громкость.

Вызывные станции LBB 9568/30, LBB 9568/30:

- вызывная станция системы SM30 представляет собой настольный модуль и обеспечивает оператору возможность направления и передачи вызовов, сообщений, сигналов тревоги и музыки;

- в максимальной конфигурации может быть использовано до 6 обычных вызывных станций или до 3 расширенных станций;

- высококачественный микрофон с фантомным питанием и встроенным НЧ фильтром обеспечивают ясную передачу речи даже в тяжелых акустических условиях;

- цифровая клавиатура позволяет индивидуально выбрать до 18 или 36 зон набором номера зоны;

- функциональные клавиши направляют вызов в заранее запрограммированную группу зон;

- балансный линейный выход позволяет располагать вызывную станцию на расстоянии до 1000 м. от базовой системы.

Модуль микрофонных входов LBB 1282/00:

- в общей сложности 3 модуля микрофонных входов позволяют подключить к системе по два микрофона каждый;

- система SM30 использует функцию дистанционного включения микрофонов;

- регулировка усиления помогает выровнять выходные сигналы

микрофонов вне зависимости от громкости голоса оператора.

Модуль входов вызывных станций LBB 1283/00:

- модуль позволяет подключить к системе две стандартные вызывные станции или одну расширенную;
- стандартная вызывная станция подключена кабелем длиной до 10000 м., имеющим одну экранированную пару (аудио и питание) и одну неэкранированную пару (управление и данные);
- расширенная станция может подключаться с использованием любого из указанных выше кабелей.

Система мониторинга усилителей LBB 1290/00:

- система мониторинга усилителей Philips предназначена для контроля работоспособности усилителей, автоматического подключения резервных усилителей в случае выхода из строя основных;
- система также служит для аудио мониторинга усиливаемых сигналов и обеспечивает питание для реле отключения контроля громкости;
- присоединяется две группы по 5 усилителей: 4 рабочих и 1 резервный;
- система имеет два отдельных источника 24 VDC питания реле отключения контроля громкости;
- система имеет вход антенны и стереовыход.

Усилитель мощности SQ45 LBB 1348:

- высококачественный усилитель предназначен для обеспечения профессиональных систем громкого оповещения;
- усилитель подходит для любой системы громкого оповещения, где требуется усиление в различных зонах оповещения;
- стандартный корпус содержит до 4 независимых усилителей мощности.

Микширующий усилитель SQ20 LBB 1233/10 имеет основные параметры:

- выходная мощность 45, 90, 180 Вт;

- 5 балансных входов (микрофонных или линейных);
- микрофонные входы с фантомным питанием и речевыми фильтрами;
- каналы 1 и 2 с приоритетом и сигналом привлечения внимания;
- голосовая активация канала 1;
- трансформаторный выход – низкоомный и 100В линия;
- раздельная вставка/соединения для расширения функций системы;
- специальный вход с головкой активации, с наивысшим приоритетом при сообщении крайней важности;
- питание от сети 230 или 240 VAC. В качестве резервного питания источник 24 VDC.

3.4 Расчет сил и средств для организации аварийно-спасательных работ

3.4.1 Тушение пожара на 8-ом этаже здания

В качестве расчетного сценария принято, что пожар произошел на 8-ом этаже здания вследствие нарушения правил пожарной безопасности.

На этаже пожар развивается с выделением большого количества продуктов горения, далее огонь распространяется в коридор, создавая угрозу распространения пожара по каналам инженерных коммуникаций и лифтовым шахтам в верхние этажи здания. Очевидна угроза жизни людей, вследствие сильного задымления с 9 по 22 этажи, по статистике пожаров не менее 11–12 человек могут быть блокированными в одном из офисов на 8 этаже из-за быстрого распространения пожара по коридору.

Определим возможную площадь пожара на различные интервалы времени.

На момент сообщения (Ч+4) путь, пройденный пожаром, составит:

$$R^{ч+4}_n = 0,5 \cdot V_n \cdot \tau = 0,5 \cdot 1 \cdot 4 = 2 \text{ м} \quad (3.27)$$

где V_n – линейная скорость развития пожара, м/мин [3];

τ – прошедшее время после возникновения пожара, мин.

В соответствии с планировкой площадь пожара равна:

$$S^{q+4}_n = \pi \cdot (R^{q+4}_n)^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,6 \text{ м}^2 \quad (3.28)$$

Определяем площадь пожара на момент прибытия к месту вызова караула ПЧ-19 в составе двух АЦ и АЛ-(30) (Ч+9). По формуле (3.27) определяем путь, пройденный пожаром в одном направлении:

$$R^{q+9}_n = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot \tau_{\text{приб}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 9 = 4,5 \text{ м}$$

При этом в соответствии с планировкой здания, площадь пожара составит:

$$S^{q+9}_n = a \cdot b + \pi \cdot \left(\frac{R^{q+9}_n}{2} \right)^2 = 6 \cdot 4,5 + \pi \cdot \left(\frac{4,5}{2} \right)^2 = 43 \text{ м}^2 \quad (3.29)$$

Определяем площадь пожара на момент подачи двух стволов РСК-50 личным составом ПЧ-19 (Ч+17), учитывая, что на 10-й минуте пожар развивается с полной линейной скоростью. Путь, пройденный пожаром в одном направлении:

$$R^{q+17}_n = 5 \cdot V_{\text{л}} + V_{\text{л}} \cdot (\tau_{\text{вв}} - 10) = 5 \cdot 1 + 1 \cdot (17 - 10) = 12,0 \text{ м} \quad (3.30)$$

В соответствии с планировкой здания, площадь пожара будет равна:

$$S^{q+17}_n = S^{\text{кор}}_n + S^{\text{оф}}_n = 9 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \cdot 2 + 6 \cdot 4,5 \cdot 6 = 206 \text{ м}^2 \quad (3.31)$$

где $S^{\text{кор}}_n$ – площадь пожара в коридорах, м^2 (определяется по схеме развития);

$S^{\text{оф}}_n$ – площадь пожара в коридорах, м^2 (определяется по схеме развития).

На момент ввода первых стволов пожар распространился по коридору на 22 метра и через открытые двери в помещения шести офисов, создалась угроза распространения пожара на вышележащие этажи по фасаду здания и по шахтам вентиляционной системы.

Определим требуемый расход огнетушащих веществ для прекращения распространения пожара по коридору и локализации пожара по формуле:

$$Q^{\text{кор}}_{\text{тр}} = S^{\text{кор}}_m \cdot J_{\text{тр}} = 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 0,06 = 1,2 \text{ л / с}, \quad (3.32)$$

где $S^{\text{кор}}_m$ – площадь тушения пожара в коридорах, м^2 (ширина коридора – 2 м,

тушение с двух направлений и глубина тушения – 5 м);

J_{mp} – требуемая интенсивность тушения пожара, (л×с)/м² (определяется по [3]).

Таким образом, для прекращения распространения пожара по коридору восьмого этажа необходимо подать 2 ствола РСК-50 с двух направлений. Прибывшие подразделения требуемый расход смогут обеспечить.

Общий требуемый расход воды на цели пожаротушения определим по формуле:

$$Q_{mp} = S_n \cdot J_{mp} = 206 \cdot 0,06 = 12,4 \text{ л / с}, \quad (3.33)$$

Для подачи такого количества воды достаточно будет четырех стволов РСК-50. Однако из тактических соображений (условие – не менее одного ствола на каждое горящее помещение) потребуются подать по три ствола РСК-50 с каждого направления.

При таком развитии пожара для локализации пожара и обеспечения безопасности личного состава необходимо подать по три ствола РСК-50 с каждого направления.

Из тактических соображений принимаем подачу двух стволов РСК-50 на защиту девятого этажа и один ствол РСК-50 – на защиту седьмого.

Общее количество стволов на тушение пожара и защиту объекта составит:

$$N_{ств} = N_{ств}^m + N_{ств}^{защ} = 6 + 3 = 9 \text{ ств.} \quad (3.34)$$

Определяем фактический расход воды на тушение пожара:

$$Q_{факт}^m = \sum_{i=1}^n (N_{ствi}^m \cdot q_i) = 6 \cdot 3,5 = 21 \text{ л / с} \quad (3.35)$$

Определяем фактический расход воды на защиту объекта:

$$Q_{факт}^{защ} = \sum_{i=1}^n (N_{ствi}^{защ} \cdot q_i) = 3 \cdot 3,5 = 10,5 \text{ л / с} \quad (3.36)$$

Определяем фактический расход воды на тушение пожара и защиту объекта:

$$Q_{\text{факт}} = Q_{\text{факт}}^m + Q_{\text{факт}}^{\text{защ}} = 21 + 10,5 = 31,5 \text{ л / с} \quad (3.37)$$

Всего для ликвидации горения на восьмом и защиты седьмого и девятого этажей необходимо подать девять стволов РСК-50, восемь из которых – звеньями ГДЗС.

Общую численность личного состава определяем путем суммирования числа пожарных, занятых на проведении различных видов боевых действий. При этом учитываем обстановку на пожаре, условия оперативно-тактической обстановки, действия, связанные с проведением разведки, боевого развертывания, спасения людей, эвакуации материальных ценностей, вскрытия конструкций и т.д.:

$$N_{\text{л/с}} = 3 \cdot N_{\text{ГДЗС}} + N_{\text{ПБ}} + 3 \cdot N_{\text{ГДЗС}}^{\text{СП}} + 2 \cdot N_{\text{ств}}^{\text{защ}} + N_{\text{авт}} \quad (3.38)$$

$$N_{\text{л/с}} = 3 \cdot 8 + (8 + 9) + 3 \cdot 9 + 2 \cdot 1 + 2 = 72 \text{ чел.}$$

где $N_{\text{ГДЗС}}$ – количество звеньев ГДЗС («3 человека» – минимальный состав звена ГДЗС);

$N_{\text{ГДЗС}}^{\text{СП}}$ – количество звеньев ГДЗС для проведения поисково-спасательной операции на задымленных этажах;

$N_{\text{ств}}^{\text{защ}}$ – количество работающих на защите объекта стволов РСК – 50 («2» – два человека, работающих с каждым стволом). При этом не учитываются те стволы РСК-50, с которыми работают звенья ГДЗС, производящие защиту объекта;

$N_{\text{ПБ}}$ – количество организованных на пожаре постов безопасности ГДЗС;

$N_{\text{авт}}$ – количество пожарных автомобилей, установленных на водоисточники и подающих огнетушащие вещества. Личный состав при этом занят контролем за работой насосно-рукавных систем из расчета 1 человек на 1 автомобиль.

Таким образом, на тушение пожара и проведении спасательной операции при наиболее сложной оперативно тактической обстановке потребуется не менее 72 человека личного состава.

Вывод: для локализации и ликвидации пожара потребуется на место

пожара силы и средства вызвать по рангу «Пожар №3» и сосредоточить на месте пожара не менее 18 отделений на основных пожарных автомобилях.

Определяем минимально требуемое количество начальствующего состава для управления действиями пожарных подразделений:

$$N_{HC} = 0,119 \cdot N_{отд}^{0,587} \cdot N_{л/с}^{0,732} = 0,119 \cdot 18^{0,587} \cdot 72^{0,732} = 15 \text{ чел} \quad (3.39)$$

где $N_{отд}$ – число подразделений на основных пожарных автомобилях в управляемой системе;

$N_{л/с}$ – число личного состава подразделений в системе управления.

Таким образом, количество участников тушения пожара составляет не менее 87 человек.

Определяем требуемый запас воды для данного варианта тушения пожара.

За исходную величину требуемого удельного расхода можно примем значение, полученное на основании статистических данных за последние 5 лет, устанавливающих зависимость удельного расхода и площади тушения пожара (таблица 3.3) [2-3].

Таблица 3.3 – Зависимость удельного расхода воды от площади тушения пожара

S_n	10	140	200	380	750-900
$q_{уд}^{норм}$	5-6	100	180	430	800-1000

Исходя из величины расчетной площади пожара удельный расход воды составит не менее 180 л/м². Тогда,

$$W_{тр}^{туш} = q_{уд}^{норм} \cdot S_n = 180 \cdot 205 = 36,9 \times 10^3 \text{ л} \quad (3.40)$$

Таким образом, требуемый запас воды для ликвидации горения на расчетной площади, с учетом расходов на защиту и «непроизводительные» потери, составит:

$$W_{\phi} = W_{\phi}^{туш} + W_{\phi}^{защ} = W_{\phi}^{туш} + \left(\sum_{i=1}^m N_{три}^{защ} \cdot q_{ствi}^{защ} \right) \times T_{защ} \quad (3.$$

$$W_{\phi} = 36,9 \cdot 10^3 + 3 \cdot 3,5 \times (3 \cdot 3600) = 150,3 \cdot 10^3 \text{ л} = 150,3 \text{ м}^3$$

Расчетное время на охлаждение и защиту принято 3 часа согласно требований СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Определим расчетное время тушения пожара с учетом «непроизводственных» потерь, проливки и разборки строительных конструкций по формуле:

$$T_{\text{туш}} = \frac{W_{\text{тр}}^{\text{туш}}}{\sum_{i=1}^n q_{\text{ств}i}^{\text{туш}}} \quad (3.42)$$

$$T_{\text{туш}} = \frac{36,9 \times 10^3}{21} = 1,757 \times 10^3 \text{ сек} \approx 0,5 \text{ час}$$

3.4.2 Тушение пожара на 20-ом этаже здания

В качестве расчетного сценария рассматриваем короткое замыкание электропроводки на 20 этаже здания в помещении хранения хозяйственного инвентаря, где и происходит возгорание. Пожар развивается с выделением большого количества продуктов горения с последующим распространением в коридор. Создается угроза его дальнейшего распространения в смежные помещения, а также по инженерным коммуникациям на вышележащие этажи и кровлю. Существует угроза жизни и здоровью людей вследствие сильного задымления.

Определяем возможную площадь пожара на различные интервалы времени, используя формулы подраздела 3.4.1.

На момент сообщения (Ч+4) путь, пройденный пожаром, составит:

$$R_{n}^{ч+4} = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot \tau = 0,5 \cdot 1 \cdot 4 = 2 \text{ м}$$

В соответствии с планировкой площадь пожара равна:

$$S_{n}^{ч+4} = \pi \cdot \left(R_{n}^{ч+4} \right)^2 = 3,14 \cdot 2^2 = 12,6 \text{ м}^2$$

Определяем площадь пожара на момент прибытия к месту вызова

караула ПЧ-19 в составе двух АЦ и АЛ-(30) (Ч+9).

Путь, пройденный пожаром в одном направлении:

$$R_n^{ч+9} = 0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau_{проб} = 0,5 \cdot 1 \cdot 9 = 4,5 \text{ м}$$

При этом в соответствии с планировкой здания, площадь пожара составит:

$$S_n^{ч+9} = a \cdot b + \pi \cdot \left(\frac{R_n^{ч+9}}{2} \right)^2 = 6 \cdot 4,5 + \pi \cdot \left(\frac{4,5}{2} \right)^2 = 43 \text{ м}^2$$

Определяем площадь пожара на момент подачи двух стволов РСК-50 личным составом ПЧ-19 (Ч+25), учитывая, что на 10-й минуте пожар развивается с полной линейной скоростью. Путь, пройденный пожаром в одном направлении:

$$R_n^{ч+25} = 5 \cdot V_{л} + V_{л} \cdot (\tau_{ог} - 10) = 5 \cdot 1 + 1 \cdot (25 - 10) = 20,0 \text{ м} \quad (3.43)$$

В соответствии с планировкой здания площадь пожара составит:

$$S_n^{ч+25} = S_n^{кор} + S_n^{оф} = 16 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \cdot 2 + 8 \cdot 4,5 \cdot 6 = 288 \text{ м}^2 \quad (3.44)$$

Таким образом, пожар распространился по коридору на 32 метра, а также через открытые двери в помещения восьми офисов. Существует угроза распространения пожара на технический этаж, кровлю здания снаружи и по шахтам вентиляционной системы.

Требуемый расход огнетушащих средств для ограничения распространения пожара по коридору составляет:

$$Q_{мп}^{кор} = S_m^{кор} \cdot J_{мп} = 2 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 0,06 = 1,2 \text{ л / с}$$

Таким образом, для прекращения распространения пожара по коридору восьмого этажа необходимо подать 2 ствола РСК-50 с двух направлений. Прибывшие подразделения требуемый расход смогут обеспечить.

Общий требуемый расход воды на цели пожаротушения определим по формуле:

$$Q_{мп} = S_n \cdot J_{мп} = 288 \cdot 0,06 = 17,28 \text{ л / с},$$

Для подачи такого количества воды достаточно будет пяти стволов РСК-50. Однако из тактических соображений (условие – не менее одного ствола на

каждое горящее помещение) потребуется подать по три ствола РСК-50 с каждого направления.

Из тактических соображений принимаем подачу двух стволов РСК-50 на защиту 21-го этажа, один ствол РСК-50 – на защиту 19-го этажа и один ствол – на защиту технического.

Общее количество стволов на тушение пожара и защиту составит:

$$N_{ств} = N_{ств}^m + N_{ств}^{защ} = 6 + 4 = 10 \text{ ств.}$$

Определяем фактический расход воды на тушение пожара:

$$Q_{факт}^m = \sum_{i=1}^n (N_{ствi}^m \cdot q_i) = 6 \cdot 3,5 = 21 \text{ л / с}$$

Определяем фактический расход воды на защиту объекта:

$$Q_{факт}^{защ} = \sum_{i=1}^n (N_{ствi}^{защ} \cdot q_i) = 4 \cdot 3,5 = 14 \text{ л / с}$$

Определяем фактический расход воды на тушение пожара и защиту:

$$Q_{факт} = Q_{факт}^m + Q_{факт}^{защ} = 21 + 14 = 35 \text{ л / с}$$

Всего для ликвидации горения и защиты необходимо подать десять стволов РСК-50, восемь из которых – звеньями ГДЗС.

Общую численность личного состава определяем путем суммирования числа пожарных, занятых на проведении различных видов боевых действий. При этом учитываем обстановку на пожаре, условия оперативно-тактической обстановки, действия, связанные с проведением разведки, боевого развертывания, спасания людей, эвакуации материальных ценностей, вскрытия конструкций и т.д.:

$$N_{л/с} = 3 \cdot N_{ГДЗС} + N_{ПБ} + 2 \cdot N_{ств}^{защ} + N_{авт} \quad (3.45)$$

$$N_{л/с} = 3 \cdot 8 + 8 + 2 \cdot 2 + 6 = 42 \text{ чел}$$

где $N_{ГДЗС}$ – количество звеньев ГДЗС («3 человека» – минимальный состав звена ГДЗС);

$N_{ств}^{защ}$ – количество работающих на защите объекта стволов РСК – 50 («2» – два человека, работающих с каждым стволом). При этом не учитываются

те стволы РСК-50, с которыми работают звенья ГДЗС, производящие защиту объекта;

$N_{пб}$ – количество организованных на пожаре постов безопасности ГДЗС;

$N_{авт}$ – количество пожарных автомобилей, установленных на водоисточники и подающих огнетушащие вещества. Личный состав при этом занят контролем за работой насосно-рукавных систем из расчета 1 человек на 1 автомобиль.

Таким образом, на тушение пожара потребуется не менее 42 человек личного состава.

Вывод: для локализации и ликвидации пожара потребуется на место пожара силы и средства вызвать по рангу «Пожар №2» и сосредоточить на месте пожара не менее 11 отделений на основных пожарных автомобилях.

Определяем минимально требуемое количество начальствующего состава для управления действиями пожарных подразделений:

$$N_{НС} = 0,119 \cdot N_{отд}^{0,587} \cdot N_{л/с}^{0,732} = 0,119 \cdot 11^{0,587} \cdot 42^{0,732} = 8 \text{ чел}$$

где $N_{отд}$ – число подразделений на основных пожарных автомобилях в управляемой системе;

$N_{л/с}$ – число личного состава подразделений в системе управления.

Таким образом, количество участников тушения пожара составляет не менее 50 человек.

Определяем требуемый запас воды для данного варианта тушения пожара.

За исходную величину требуемого удельного расхода примем значение из таблица 3.3.

Исходя из величины расчетной площади пожара удельный расход воды составит не менее 400 л/м². Тогда,

$$W_{тр}^{туш} = q_{уд}^{норм} \cdot S_n = 400 \cdot 288 = 115,2 \times 10^3 \text{ л}$$

Таким образом, требуемый запас воды для ликвидации горения на расчетной площади, с учетом расходов на защиту и «непроизводственные»

потери, составит:

$$W_{\phi} = W_{\phi}^{туш} + W_{\phi}^{защ} = W_{\phi}^{туш} + \left(\sum_{i=1}^m N_{mpi}^{защ} \cdot q_{сгвi}^{защ} \right) \times T_{защ} \quad (3.41)$$

$$W_{\phi} = 115,2 \cdot 10^3 + 4 \cdot 3,5 \times (3 \cdot 3600) = 266 \cdot 10^3 \text{ л} = 266 \text{ м}^3$$

Расчетное время на охлаждение и защиту принято 3 часа согласно требований СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Определим расчетное время тушения пожара с учетом «непроизводственных» потерь, проливки и разборки строительных конструкций по формуле:

$$T_{туш} = \frac{115,2 \times 10^3}{21} = 5,486 \times 10^3 \text{ сек} \approx 1,5 \text{ час}$$

3.4.3 Расчет насосно-рукавных систем

Исходными данными для расчета сил и средств являются тактико-техническая характеристика пожарной техники, способ перекачки, наличие пожарных водоемов, число, тип и диаметр пожарных рукавов, рельеф местности.

Требуемый напор на насосной установке пожарного автомобиля определим по формуле:

$$H_H = n \cdot Q_{мл}^2 \cdot S_{мл} + H_P \pm Z_M + Z_{СТВ} \quad (3.42)$$

где n – количество рукавов в магистральной линии;

$S_{мл}$ – сопротивление рукава в магистральной линии;

$Q_{мл}$ – расход огнетушащего вещества в магистральной линии, л/с;

H_P – потери напора в разветвлениях и рабочих линиях, м.в.ст.;

$Z_{СТВ}$ – напор на стволе м. вод.ст.;

Z_M – высота поднятия ствола относительно уровня земли, м.

При подаче воды на восьмой этаж требуемый напор составит:

$$H_H = 5 \cdot 10,5^2 \cdot 0,015 + 20 + 35 + 24 = 87 \text{ м}$$

При подаче воды на двадцатый этаж требуемый напор составит:

$$H_H = 5 \cdot 10,5^2 \cdot 0,015 + 20 + 35 + 60 = 123 \text{ м}$$

Для подачи воды на 20 этаж необходимо использовать перекачку из насоса в насос пожарных автомобилей, при этом напор на автомобиле установленном на водоисточнике и осуществляющего подпор во всасывающую полость машины, подающей воду составит:

$$H_H = n \cdot Q_{мл}^2 \cdot S_{мл} + H_{вх}$$

$$H_H = 3 \cdot 10,5^2 \cdot 0,015 + 30 = 35 \text{ м}$$

Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивают ПГ-9, 10, 11, 12 по Ленинградскому проспекту на кольцевой сети К-400, имеющей напор 40 м.в.ст. При заданных характеристиках водоотдача сети составляет 280 л/с.

3.4.4 Расчет сил и средств для проведения спасательных работ

Выполним расчет времени спасения людей при пожаре при помощи автолестницы АЛ-30, оснащенной спасательным рукавом.

Исходные данные для выполнения расчета сформированы в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Исходные данные для расчета времени спасения людей

Сторона здания	Номер этажа на котором люди заблокированы	Высота этажа от земли, м.	Число заблокированных людей	Средство спасения
Левая	7	21	5	АЛ-30(рукав)
Левая	8	24	8	АЛ-30(рукав)
Правая	7	21	3	АЛ-30(рукав)
Правая	8	24	2	АЛ-30(рукав)

Время приведения автолестницы в рабочее состояние на позиции –
 $t_1 = 2 \text{ мин.}$

Время подъема, поворота и выдвижение автолестницы к месту сосредоточения спасаемых людей на 8-ом этаже:

$$t_2 = \frac{h}{v} = \frac{24}{0,3} = 80 \text{ сек} = 1,4 \text{ мин}$$

где h – высота выдвигания;

v – скорость выдвигания колен автолестницы.

Время подъема двух пожарных на автолестнице к месту сосредоточения спасаемых людей для оказания им помощи при использовании спасательного рукава составляет $t_n = 0,5 \text{ мин}$

Фактическое время спуска на землю первого спасаемого человека с 8-го этажа:

$$T_{\phi 1} = \Pi \cdot n \cdot h \cdot k, \quad (3.43)$$

$$T_{\phi 1} = 0,2 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 6 = 28,8 \text{ сек} = 0,48 \text{ мин}$$

где $\Pi = 0,2 \text{ с} / (\text{чел} \cdot \text{м})$ – пропускная способность средства спасения;

n – число людей, спасаемых с высоты h ;

k – коэффициент задержки, учитывающий увеличение времени спуска на землю за счет потерь времени при входе спасаемых людей в средства спасения.

Фактическое время спуска на землю восьмого спасаемого человека с 8-го этажа:

$$T_{\phi 8} = 0,2 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 6 = 230,4 \text{ сек} = 3,84 \text{ мин}$$

Время спуска спасательного рукава с 8-го этажа на 7-й (с учетом спуска двух пожарных с 8-го на 7-й этаж):

$$t_{8/7} = 0,5 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю первого спасаемого человека с 7-го этажа:

$$T_{\phi 1} = 0,2 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 6 = 25,2 \text{ сек} = 0,42 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю пятого спасаемого человека с 7-го этажа:

$$T_{\phi 5} = 0,2 \cdot 5 \cdot 21 \cdot 6 = 126 \text{ сек} = 2,1 \text{ мин}$$

Суммарное время спасания первого человека с 8-го этажа:

$$T_{1-8} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 1}, \quad (3.44)$$

$$T_{1-8} = 2 + 1,4 + 0,5 + 0,42 = 4,32 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения восьмого человека с 8-го этажа:

$$T_{8-8} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 8}, \quad (3.45)$$

$$T_{8-8} = 2 + 1,4 + 0,5 + 3,84 = 7,74 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения первого человека с 7-го этажа:

$$T_{1-7} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 8} + t_{8/7} + T_{\phi 1}, \quad (3.46)$$

$$T_{1-7} = 2 + 1,4 + 0,5 + 3,84 + 0,5 + 0,42 = 8,66 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения пятого человека с 7-го этажа:

$$T_{5-7} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 8} + t_{8/7} + T_{\phi 5}, \quad (3.47)$$

$$T_{5-7} = 2 + 1,4 + 0,5 + 3,84 + 0,5 + 2,1 = 10,34 \text{ мин}$$

Правая сторона здания.

Время приведения автолестницы в рабочее состояние на требуемой позиции $t_1 = 2 \text{ мин}$.

Время подъема, поворота и выдвигания автолестницы к месту сосредоточения спасаемых людей на 7-м этаже:

$$t_2 = \frac{21}{0,3} = 70 \text{ сек} = 1,2 \text{ мин}$$

Время подъема двух пожарных автолестнице к месту сосредоточения спасаемых людей для оказания им помощи при использовании спасательного рукава $t_n = 0,5 \text{ мин}$

Фактическое время спуска на землю первого спасенного человека с 7-го этажа:

$$T_{\phi 1} = 0,2 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 6 = 25,2 \text{ сек} = 0,42 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю третьего спасенного человека с 7-го этажа:

$$T_{\phi 3} = 0,2 \cdot 3 \cdot 21 \cdot 6 = 75,6 \text{ сек} = 1,26 \text{ мин}$$

Время подъема спасательного рукава с 7-го на 8-й (с учетом подъема двух пожарных с 7-го на 8-й этаже) $t_{7/8} = 0,5 \text{ мин}$

Фактическое время спуска на землю первого спасенного человека с 8-го этажа:

$$T_{\phi 1} = 0,2 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 6 = 28,8 \text{ сек} = 0,48 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю второго спасаемого человека с 8-го этажа:

$$T_{\phi 2} = 0,2 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 6 = 57,6 \text{ сек} = 0,96 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения первого человека с 7-го этажа:

$$T_{1-7} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 1},$$

$$T_{1-7} = 2 + 1,2 + 0,5 + 0,42 = 4,12 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения третьего человека с 7-го этажа:

$$T_{3-7} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 3},$$

$$T_{3-7} = 2 + 1,2 + 0,5 + 1,26 = 4,96 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения первого человека с 8-го этажа:

$$T_{1-8} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 3} + t_{7/8} + T_{\phi 1},$$

$$T_{1-8} = 2 + 1,2 + 0,5 + 1,26 + 0,5 + 0,48 = 5,94 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения второго человека с 8-го этажа:

$$T_{2-8} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 3} + t_{7/8} + T_{\phi 2},$$

$$T_{2-8} = 2 + 1,2 + 0,5 + 1,26 + 0,5 + 0,96 = 6,42 \text{ мин}$$

Выполним расчет спасения людей при помощи автолестницы АЛ-50 и коленчатого подъемника АКП-68.

Исходные данные для работы сведем в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Исходные данные для расчета времени спасения людей

Сторона здания	Номер этажа, на котором заблокированы люди.	Высота этажа об земли, м	Число заблокированных людей	Средство спасения.
Левая передняя	18	54	2	АКП-68
Левая задняя	12	36	4	АЛ-50

Время приведения АКП-68 в рабочее состояние на требуемой позиции
 $t_1 = 2 \text{ мин.}$

Время подъема и поворота люльки АКП-68 к месту сосредоточения спасаемых людей на 18-м этаже:

$$t_2 = \frac{54}{0,3} = 180 \text{ сек} = 3,0 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю двух спасаемых людей:

$$T_{\phi 2} = 0,4 \cdot 2 \cdot 54 \cdot 6 = 259,2 \text{ сек} = 4,32 \text{ мин}$$

Суммарное время спасания двух человек:

$$T_{2-18} = t_1 + t_2 + T_{\phi 2} = 2 + 3 + 4,32 = 9,32 \text{ мин}$$

Время приведения АЛ-50 в рабочее состояние на требуемой позиции
 $t_1 = 2 \text{ мин.}$

Время подъема, поворота и выдвигания автолестницы к месту сосредоточения спасаемых людей на 12-м этаже:

$$t_2 = \frac{36}{0,3} = 120 \text{ сек} = 2,0 \text{ мин}$$

Время подъема двух пожарных по автолестнице к месту сосредоточения спасаемых людей для оказания им помощи при спуске по лестнице $t_n = 1 \text{ мин}$

Фактическое время спуска на землю первого спасаемого человека:

$$T_{\phi 1} = 1,4 \cdot n \cdot h \cdot k, \quad (3.48)$$

$$T_{\phi 1} = 1,4 \cdot 1 \cdot 36 \cdot 3 = 151,2 \text{ сек} = 2,52 \text{ мин}$$

Фактическое время спуска на землю четвертого спасаемого человека:

$$T_{\phi 4} = T_{\phi 1} + 1,4 \cdot 3 \cdot 36 \cdot 3 = 151,2 + 453,6 = 604,8 \text{ сек} = 10,08 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения первого человека с 12-го этажа:

$$T_{1-12} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 1} = 2 + 2 + 1 + 2,52 = 7,52 \text{ мин}$$

Суммарное время спасения четвертого человека с 12-го этажа:

$$T_{4-12} = t_1 + t_2 + t_n + T_{\phi 4} = 2 + 2 + 1 + 10,08 = 15,08 \text{ мин}$$

Спасение людей при помощи пожарного устройства канатно-спускового типа (ПСУ). Исходные данные для расчета сведены в таблицу 3.6.

Трое пожарных с комплектом ПСУ поднимаются вверх по лестничной

клетке к месту сосредоточения спасаемых людей и работают без СИЗОД.

Таблица 3.6 – Исходные данные для расчета времени спасания людей

Сторона здания.	Номер этажа на котором люди заблокированы пожаром.	Высота этажа от земли, м.	Число людей, заблокированных пожаром	Средство спасения
Правая передняя	6	18	6	Комплект ПСУ+3 пожарных.
Правая передняя	13	39	4	

Время спасения первого человека с 6-го этажа:

$$T_1 = \frac{A_2 \cdot n \cdot h \cdot k_1 \cdot k_2}{N_n} + 0,15 \cdot h \cdot k_1, \quad (3.49)$$

$$T_{1-6} = \frac{0,1 \cdot 1 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 2}{3} + 0,15 \cdot 18 \cdot 1 = 3,9 \text{ мин}$$

где A_2 – средняя производительность пожарных при спасании людей с помощью ПСУ (в числителе «чел» – пожарный, в знаменателе «чел» – спасаемый);

h – высота, на которой находятся спасаемые люди;

n – число спасаемых людей;

k_1 – коэффициент, учитывающий работу пожарных в СИЗОД (при работе в СИЗОД $k_1 = 1,5$; без СИЗОД – $k_1 = 1$);

$k_2 = 2$ – учет времени освобождения ПСУ от спасаемого человека, времени подъема для повторного использования, времени на непредвиденные обстоятельства;

N_n – число пожарных, которые спасают людей при помощи одного комплекта ПСУ;

0,15 мин/м – скорость подъема пожарных без СИЗОД на верхние этажи здания по лестничным маршам.

Время спасения шестого человека с 6-го этажа:

$$T_{6-6} = \frac{0,1 \cdot 6 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 2}{3} + 0,15 \cdot 18 \cdot 1 = 9,9 \text{ мин}$$

Время спасения первого человека с 13-го этажа:

$$T_{1-13} = \frac{0,1 \cdot 1 \cdot 39 \cdot 1 \cdot 2}{3} + 0,15 \cdot 39 \cdot 1 = 8,45 \text{ мин}$$

Время спасения четвертого человека с 13-го этажа:

$$T_{4-13} = \frac{0,1 \cdot 4 \cdot 39 \cdot 1 \cdot 2}{3} + 0,15 \cdot 39 \cdot 1 = 16,25 \text{ мин}$$

Сводные расчетные данные разместим в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сводные расчетные данные времени спасания людей

Сторона здания (при виде с проспекта Вернадского)	Номер этажа на котором люди заблокированы пожаром	Высота этажа от земли, м.	Число людей заблокированных пожаром.	Средство спасения.	Время спасения человека, мин	
					первого	последнего
Левая	8*	24	8	АЛ-30 (спасательный рукав)	4,32	7,74
	7	21	5		8,66	10,34
Правая	7**	21	3		4,12	4,96
	8	24	2		5,94	6,42
Левая передняя	18	54	2	АКП-68	9,32	9,32
Левая задняя	12	36	4	АЛ-50	7,52	15,08
Правая передняя	6	18	6	Комплект ПСУ+3 пожарных	3,9	9,9
Правая передняя	13	39	4		8,45	16,25

*Спасание начинается с 8-го этажа; **спасание начинается с 7-го этажа.

Таблица 3.8 – Сводные расчетные данные тушения пожара (сценарии)

Расчетные параметры тушения пожара	Тушение пожара на 8-м этаже	Тушение пожара на 20-м этаже
Площадь пожара на момент ввода первых стволов, м ²	206	288
Время введения первых стволов после возникновения пожара, мин	17	25
Требуемый расход воды на цели пожаротушения, л/с	12,4	17,28
Количество стволов РСК-50 на тушение/расход воды (л/с)	6/21	6/21
Количество стволов РСК-50 на защиту/расход воды (л/с)	3/10,5	4/14
Фактический расход воды, л/с	31,5	35
Численность личного состава для тушения пожара, чел	72	42
Численность начальствующего состава для управления силами и средствами на пожаре, чел	15	8
Необходимый объем воды для тушения пожара, м ³	150,3	266
Расчетная продолжительность тушения пожара, мин	30	90

4. Финансовый менеджмент

4.1 Технико-экономическое обоснование автоматической системы пожаротушения

Рассмотрим два варианта противопожарной защиты автомобильной парковки:

1) пожар обнаруживается автовладельцем, используются первичные средства пожаротушения, подразделения Государственной противопожарной службы вызываются с помощью телефонной связи, наличие автоматической установки пожаротушения (АУПТ);

2) пожар обнаруживается автовладельцем, используются первичные средства пожаротушения, подразделения Государственной противопожарной службы вызываются с помощью телефонной связи, АУПТ отсутствует.

Принимаем, что на парковке пожарная нагрузка образована только от легковых автомобилей.

Среднее количество горючих веществ и материалов от одного автомобиля: бензин – 60 л; полиэтилен – 4 кг; резина – 100 кг; полихлорвинил – 5 кг; пенополиуретан – 10 кг; смазочные масла – 20 л; искусственная кожа – 9 кг.

Низшая теплота сгорания, МДж/кг, веществ и материалов: бензин – 42; полиэтилен – 44,14; резина – 33,52; полихлорвинил – 14,31; пенополиуретан – 24,3; смазочные масла – 41,8; искусственная кожа – 17,76.

Средняя пожарная нагрузка от легкового автомобиля составит:

$$Q_{cp} = 60 \cdot 42 + 4 \cdot 44,14 + 100 \cdot 33,52 + 5 \cdot 14,31 + 10 \cdot 24,3 + 20 \cdot 41,8 + 9 \cdot 17,76 = 7359 \text{ МДж}$$

Равномерно распределенная пожарная нагрузка по автомобильной парковке при площади хранения 1309 м² составит:

$$q_{yo} = \frac{7359 \times 42}{1309} = 236 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$$

Значение пожарной нагрузки на участке:

$$0,64 \times 236 \times 3,9^2 = 2297 \text{ МДж} < 7359 \text{ МДж}$$

Следовательно, автомобильная парковка относится к категории В2.

Категория пожарной опасности здания В.

Определяем вид возможного пожара на автомобильной парковке.

Площадь тепловоспринимающих ограждающих конструкций составляет 1992 м².

Удельная пожарная нагрузка по площади тепловоспринимающих конструкций в помещении хранения автомобилей составляет:

$$P_k = \frac{7359 \times 42}{13,8 \times 1992} = 11,24 \text{ кг / м}^2$$

Критическая пожарная нагрузка на 1 м² площади конструкций составляет 8 кг/м², поэтому в помещении возможен объемный пожар, который регулируется вентиляцией.

Определяем возможную продолжительность пожара:

Частота (годовая вероятность) возникновения пожара согласно [52]:

$$\lambda = 9,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{год} = 9,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1309 = 1,23 \cdot 10^{-2}$$

С учетом вероятности каждого из перечисленных вариантов развития пожара рассчитаны вероятностные годовые потери на объекте. В расчете принята стоимость 1 м² здания вместе с оборудованием:

В 1-м варианте — 85120 руб.;

во 2-м варианте — 84120 руб.

Стоимость содержимого здания - 42000 руб/м².

В расчетах учитывались следующие сценарии пожаров.

Сценарии пожаров предполагают возникновение загорания одного автомобиля. При свободном развитии происходит распространение пожара на другие автомобили и он переходит в объемный.

С помощью первичных средств пожаротушения ликвидируется часть загораний на небольшой площади.

В зданиях, оборудованных АУПТ, часть пожаров тушится в пределах

расчетной площади тушения.

Пожары, не потушенные первичными средствами пожаротушения, развиваются и тушатся при своевременном прибытии подразделений пожарной охраны.

Пожары, на которые подразделения пожарной охраны по каким-то причинам прибыли запоздало, развиваются на большие площади и происходит с обрушение строительных конструкций.

Для 1-го варианта:

$$M(P_1) = 0,0123 \cdot 42000 \cdot 4 \cdot 0,79 = 1632 \text{ руб / год}$$

$$M(P_2) = 0,0123 \cdot 85120 \cdot 120 \cdot 0,52 \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,86 = 11800 \text{ руб / год}$$

$$M(P_3) = 0,0123 \cdot 85120 \cdot 176,6 \cdot 0,52 \cdot (1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86) \cdot 0,95 = 2690 \text{ руб / год}$$

$$M(P_4) = 0,0123 \cdot 85120 \cdot 1309 \cdot \left\{ \begin{array}{l} 1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86 - \\ - (1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86) \cdot 0,95 \end{array} \right\} = 2020 \text{ руб / год}$$

Для 2-го варианта:

$$M(P_1) = 0,0123 \cdot 42000 \cdot 4 \cdot 0,79 = 1632 \text{ руб / год}$$

$$M(P_2) = 0,0123 \cdot 84120 \cdot 1309 \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,95 = 270201 \text{ руб / год}$$

$$M(P_3) = 0,0123 \cdot 84120 \cdot 1309 \cdot (1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,95) = 14221 \text{ руб / год}$$

Таким образом, ожидаемые годовые потери составят:

В 1-м варианте:

$$M(P) = 1632 + 11800 + 2690 + 2020 = 18142 \text{ руб / год}$$

Во 2-м варианте:

$$M(P) = 1632 + 270201 + 14221 = 286054 \text{ руб / год}$$

Рассчитываем интегральный экономический эффект I при норме дисконта 10%.

Вероятное сокращение ущерба (R_t) составляет:

$$R_t = 286054 - 18142 = 267912 \text{ руб / год}$$

Капитальные затраты на АУПТ (K_n) составляют $1,2 \times 10^6$ руб. Текущие расходы для АУПТ ($З_t$) составляет 20000 руб/год. Коэффициент

дисконтирования (Д) вычисляем по формуле:

$$D = \frac{1}{\prod_{k=1}^t (1 + HD_k)}. \quad (4.1)$$

Расчетные данные сведем в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Сводные расчетные данные

Годосуществовани я (внедрения) проекта	R_t	$З_t$	D	Чистый дисконтированный поток доходов по годам без капзатрат предшествующего года, $(R_t - З_t)D$
1	267912	20000	0,91	225599,9
2	267912	20000	0,83	205767
3	267912	20000	0,75	185934
4	267912	20000	0,68	168580,2
5	267912	20000	0,62	153705,4
6	267912	20000	0,56	138830,7
7	267912	20000	0,51	126435,1
8	267912	20000	0,47	116518,6
9	267912	20000	0,42	104123
10	267912	20000	0,38	94206,56
11	267912	20000	0,35	86769,2
12	267912	20000	0,31	76852,72
13	267912	20000	0,28	69415,36
14	267912	20000	0,26	64457,12
15	267912	20000	0,23	57019,76
16	267912	20000	0,22	54540,64
17	267912	20000	0,20	49582,4
18	267912	20000	0,18	44624,16
19	267912	20000	0,16	39665,92

20	267912	20000	0,15	37186,8
----	--------	-------	------	---------

Интегральный эффект при расчете за период в 20 лет составляет:

$$I = 2099815 - 1200000 = 899815 \text{ руб}$$

$$I = \sum_{i=1}^n (R_t - Z_t) \cdot D_i - K_n, \text{ а } T \text{ принято сроку службы АУПТ.}$$

Вывод: экономический эффект от внедрения АУПТ составит 899815 руб.

5. Социальная ответственность

5.1 Описание условий работы пожарных при тушении высотных зданий. Анализ вредных и опасных производственных факторов

При пожарах в ЗПЭ возможны:

наличие большого количества людей, нуждающихся в помощи, возникновение паники;

сложность проведения спасательных работ;

распространение огня и токсичных продуктов горения в вертикальном направлении как внутри здания, так и снаружи;

задымление лестничных клеток и верхних этажей через шахты лифтов и другие вертикальные каналы;

высокая температура на путях эвакуации, на этажах, где возник пожар (в коридоре и лестничной клетке);

сложность и трудоемкость подачи средств тушения, особенно в верхние этажи здания;

наличие стилобата по периметру здания и отсутствие подъездных площадок, что усложняет установку автолестниц и автоподъемников для проведения спасательных работ;

сложность в управлении силами и средствами, участвующими в тушении пожара;

необходимость применения специальных технических средств для проведения спасательных работ и ликвидации пожара.

В Государственной противопожарной службе наибольшему количеству опасностей подвергаются непосредственные участники тушения пожаров – пожарные.

Отличительной особенностью их профессиональной деятельности является то, что она может осуществляться в трех разных сферах. Причем для

каждой сферы присутствует своя, специфическая тяжесть труда.

Первая сфера наиболее продолжительная в течение рабочего времени. Это время, когда пожарные пребывают в режиме дежурства в пожарном депо, где в помещениях содержится пожарная техника. В депо производится обслуживание техники и восстановление ее технической готовности после тушения пожаров.

Вторая сфера связана с движением пожарных к месту пожара. Этот период характеризуется интенсивным дорожным движением, где пожарные автомобили кроме высокой скорости пользуются еще и преимущественным правом на дороге. Время движения может занимать от нескольких минут до нескольких часов при тушении крупных и затяжных пожаров. В это время повышается риск дорожно-транспортных происшествий.

Третья сфера связана с непосредственным тушением пожара в непредсказуемой и быстро изменяющейся обстановке, где пожарные подвергаются всем известным опасным факторам пожара.

Установлены четыре группы таких факторов.

Физические – для здоровья пожарных представляют опасность подвижные части машин и механизмов, повышенная загазованность, низкие и высокие температуры, разрушающиеся конструкции, пониженная освещенность и др.

Химические – обусловлены наличием в рабочей зоне токсических, раздражающих и других веществ, поступающих в атмосферу в результате пожара, а также при обслуживании пожарных машин в гаражах и т.д.

Биологические – обусловлены наличием в атмосфере болезненных бактерий и вирусов, например, при тушении пожаров в больницах (инфекционные отделения), на фермах, свалках, в подвалах и т.д.

Психофизиологические – обусловлены наличием во время выполнения обязанностей сверхнормативных физических и нервно-психических перегрузок.

В таблице 5.1 приведены сводные данные по воздействию указанных факторов и их сочетаний в различных сферах деятельности пожарных

(табл.5.1.).

Таблица 5.1 – Сводные данные об опасных факторах, воздействующих на пожарных

Наименование опасных факторов	Сферы деятельности пожарных			
	Пожарные депо, дежурство	Следование к месту пожара	Непосредственное тушение пожара	Пожарные депо, обслуживание техники
Физические	–	+	+	–
Химические	+	–	+	+
Биологические	–	–	+	+
Психофизиологические	+	+	+	–

5.2 Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

5.2.1 Освещенность

В условиях пожара освещенность участков работ может очень сильно изменяться и зависит от целого ряда условий и факторов: времени суток, задымленности помещений, наличия и исправности искусственного освещения, наличия и характере переносных средств освещения, места нахождения пожарных и др. Но в любых условиях величина освещенности будет недостаточной (вредной). Для повышения эффективности работы в условиях недостаточной освещенности могут использоваться средства дымоудаления (в том числе тактическая вентиляция), переносные фонари, в том числе индивидуальные, групповые, осветительные мачты. Однако нормативов освещенности для этих условий нет, и в некоторых случаях (например, в условиях сильного задымления) она становится практически нулевой и опасной для жизни пожарного, так как ограничивает условия его передвижения в

задымленной среде.

5.2.2 Микроклимат

Параметрами, определяющими микроклимат на рабочем месте являются температура воздуха; относительная влажность воздуха; скорость его движения – в м/с.

Нормирование параметров микроклимата осуществляется в соответствии с требованиями [54] с учетом энергозатрат работающих, временного выполнения работ, периодов года.

Однако для условий работы пожарных эти нормативы не могут быть выполнены.

При тушении пожара до 80% времени пожарные находятся в непригодной для дыхания среде, и использование средств индивидуальной защиты органов дыхания составляет лишь часть этого времени. За время работы при интенсивном дыхании в организм пожарного поступает около 1,2...1,8 м³ воздуха, загрязненного продуктами горения высокой концентрации.

Пожарные работают в условиях нагревающего микроклимата – во время пожара температура достигает 1200 – 1500⁰С, а плотность теплового излучения – десятки киловатт на 1 м². При работе в таких условиях существует риск перегревания и получения ожогов, поэтому в зависимости от уровня сложности пожара работы проводятся в защитных и теплоотражающих костюмах [53].

Значительные физические нагрузки пожарные, как и водители, испытывают на этапах развертывания и свертывания пожарно-технического оборудования.

Кроме того, в условиях тушения пожара вода подается в очаг, испаряется, что приводит к повышению влажности в окружающем пространстве до 95-98%.

Также могут наблюдаться сильные конвективные потоки, особенно при пожарах на значительной высоте, выбросы пламени, обусловленные притоком кислорода воздуха. Кроме того, дополнительное движение воздуха создается

работающими системами дымоудаления, вентиляции и т.д.

5.2.3 Шум

Источниками шума внутри горящего здания может быть работающее аварийно-спасательное оборудование, техника, вентиляционные установки, системы дымоудаления. Однако основной шумовой эффект связан с горением строительных конструкций, материалов внутри здания, падением и разрушением элементов. В результате этого звуковое давление может быть значительным и превышать значения 100 дБА [55].

Таким образом, указанное значение будет существенно превышать установленные ГОСТ 12.1.003-83 [56].

5.2.4 Вибрация

Нормативные требования к вибрации определены документами общегосударственного значения СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в жилых помещениях и общественных зданий [57], ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования» [58].

Дополнительные вибрации в условиях пожара обуславливаются возможной работой аварийно-спасательного инструмента, генераторов, мотопомп, автоцистерн, работой оборудования, находящегося под давлением (стволы, рукава и т.д.), вибрацией деформированных строительных конструкций и конструкций, грозящих обрушением. При этом значения параметров вибрации могут находиться в очень широких диапазонах в зависимости от характера работ и условий на пожаре, в том числе значения вибрации могут превышать нормативные величины.

Например, исследования общей вибрации на сиденьях водителей пожарных автомобилей показали, что скорректированные эквивалентные уровни виброскорости превышали предельно допустимые уровни на 3–3,5 дБ. При

измерении локальной вибрации было установлено, что скорректированные эквивалентные уровни виброскорости превышали предельно допустимые уровни на 0,5–1 дБ. Уровни виброскорости зависели от технического состояния конкретного транспортного средства, величины пробега [53].

5.2.5 Загазованность и запыленность рабочей зоны

На пожарах количество кислорода может снижаться до 10...15% (критическое значение – 16%). Концентрация токсичных продуктов горения C_6H_6 , C_6H_5OH , CO , NO_2 , и ряда других составляет в среднем для каждого токсиканта 1000-3500 мг/м³. При этом даже на расстоянии до 50 м от пожара находится в достаточно высоких концентрациях.

По данным исследования, приведенного в [53] в таблице 5.2 представлены сведения об образующихся опасных веществах и материалах при пожаре, а также значения их возможных концентрационных пределов.

Таблица 5.2 – Характеристика химического фактора в условиях пожара

Вещество	Класс опасности по ГОСТу 12.1.007-76 и особенности действия на организм	ПДК _{р.з.} , мг/м ³	Концентрация в пробах на рабочем месте пожарного	
			максимальная и минимальная	средняя
Оксид углерода II	4, остронаправленное	20	700-7500	1695,5
Оксид углерода IV	4	-	1500-158 650	26455,4
Бензол	2, канцероген	15/5	4,5-57,8	36,7
Стирол	3, раздражающее	30/10	2-272	42,5
Толуол	3, раздражающее	150/50	0,1-55,8	25,1
Фенол	2, раздражающее	0,3	10,4-62,2	28,9
Формальдегид	2, остронаправленное, аллерген, раздражающее	0,5	1,5-223,5	35,25
Водород хлористый	2, раздражающее, остронаправленное	5	3,7-162,7	42,8
Водород цианистый	1, остронаправленное	0,3	0,18-5,7	2,9

Оксид азота IV	3, остронаправленное, раздражающее	2	1-28	5,7
----------------	------------------------------------	---	------	-----

Из таблицы 5.2 следует, что большинство веществ относятся ко 2, 3 и 4-му классам опасности по ГОСТ 12.1.007–76, за исключением цианистого водорода (1-й класс). Концентрации токсичных веществ значительно превышают ПДК, что обуславливает высокую степень вредности условий труда пожарных, а также необходимость использования средств индивидуальной защиты органов дыхания.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов среды

Во время работы в очаге пожара значительно повышается напряженность труда пожарных, что обусловлено возможным риском для собственной жизни, ответственностью за безопасность коллег и пострадавших, высокой значимостью ошибки.

Сложные и специфические условия труда являются причинами несчастных случаев на пожарах. Их перечень и частота приводится в таблице 5.3 по данным работы [55].

При этом причины, указанные в таблице 5.3, могут быть и причинами непосредственной гибели пожарных.

Структура смертности сотрудников Государственной противопожарной службы изменяется ежегодно. По данным ВНИИПО [55] на первом месте находятся несчастные случаи (31%), на втором – болезни органов кровообращения (28%), на третьем – травмы на производстве (10%), на четвертом – болезни органов дыхания (9%).

Предельно допустимые значения некоторых опасных факторов пожара приводятся в таблице 5.4 согласно [62, 63].

Таблица 5.3 – Сводные данные о причинах травмирования на пожарах

№ п/п	Вид происшествия	Среднегодовое число травмированных (1996-1999 гг)			
		Оперативные подразделения		Другие подразделения	
		Число	%	Число	%
1	Воздействие продуктов горения	55	10,5	19	12,5
2	Падение, обрушение, обвал предметов, материалов, земли и т.п.	64	12,2	16	10,5
3	ДТП на службе	12	2,3	6	3,9
4	Взрыв газовой смеси	16	3,1	4	2,6
5	Недостаточная видимость, задымленность	22	4,2	6	3,9
6	Падение	57	10,9	16	10,5
7	Воздействие высокой температуры	52	9,9	16	10,5
8	Взрыв газовых баллонов	19	3,6	3	2,0
9	Поражение электротоком	8	1,5	4	2,6
10	Движущиеся, разлетающиеся, вращающиеся предметы	93	17,7	17	11,2
11	Физические перегрузки	22	4,2	8	5,3
12	ДТП в пути следования на работу и с работы	2	0,4	3	2,0
13	Нервно-психические перегрузки	8	1,5	3	2,0
14	Нападение животных, насекомых	4	0,8	1	0,7
15	Воздействие низких температур	2	0,4	1	0,7
16	Прочие	3	0,6	2	1,3
ИТОГО		524	100,0	152	100,0

Таблица 5.4 – Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

Опасные факторы пожара (обозначение, размерность)	Предельно допустимые значения
Повышенная температура, $t, ^\circ\text{C}$	+70
Критическое значение теплового потока, Вт/м^2	1400
Потеря видимости, м	20
Предельное значение плотности кислорода, кг/м^3	0,226
Предельное значение плотности углекислого газа, кг/м^3	0,11
Предельное значение плотности угарного газа, кг/м^3	0,00116
Предельное значение плотности соляной кислоты, кг/м^3	$23 \cdot 10^{-6}$

Критическая продолжительность пожара обусловлена наступлением одного из перечисленных в таблице 5.4 опасного фактора пожара.

Определим критическое время появления каждого опасного фактора пожара в одном из офисных помещений (пом.6.12) на 8-м этаже в случае возникновения пожара. Расчетная схема помещения представлена на рисунке 5.1.

В качестве математической модели расчета газообмена в помещении при пожаре принята интегральная.

Свойства горючего материала в офисном помещении характеризуются следующими значениями [63]:

- теплота сгорания $Q_p^u = 14,7 \text{ МДж/кг}$;
- вид горючего материала – твердый горючий материал $n = 3$;
- удельная скорость выгорания $\psi_0 = 0,0145 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$;
- скорость распространения пламени по поверхности горючих материалов $v_n = 0,0108 \text{ м/с}$;
- дымообразующая способность $D = 82 H n \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$;
- потребление кислорода $L_{\text{O}_2} = 1,574 \text{ кг/кг}$;

- выделение диоксида углерода $L_{CO_2} = 0,817 \text{ кг} / \text{кг}$;
- выделение оксида углерода $L_{CO} = 0,041 \text{ кг} / \text{кг}$;
- коэффициент полноты горения $\eta = 0,9$.

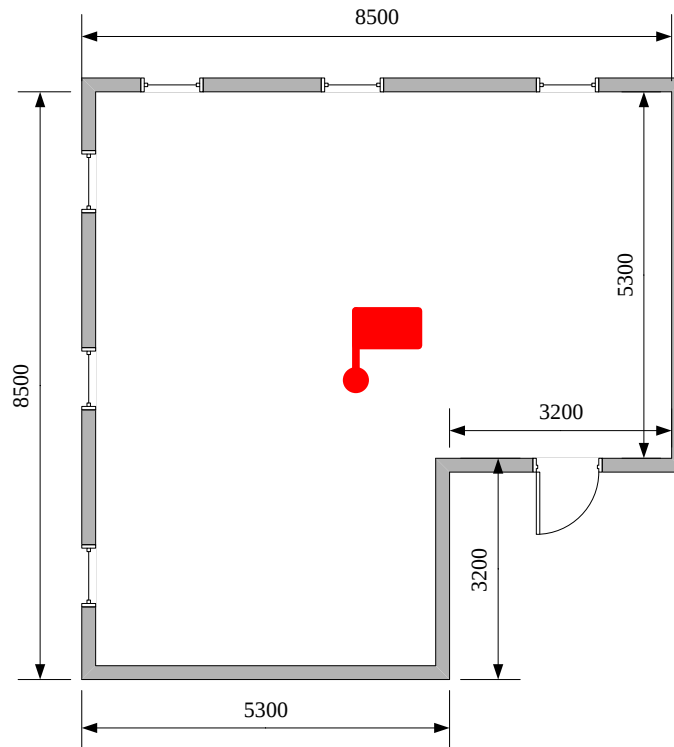


Рисунок 5.1 – Расчетная схема помещения

Другие параметры:

- коэффициент отражения $\alpha = 0,3$;
- коэффициент теплопотерь $\varphi = 0,6$;
- начальная освещенность $E = 50 \text{ Лк}$;
- удельная изобарная теплоемкость $C_p = 1,003 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;
- предельная дальность видимости $l_{np} = 20 \text{ м}$;
- предельные значения концентрации токсичных газов:
- $X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг} / \text{м}^3$
- $X_{CO} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^3$.

Свободный объем определим по формуле:

$$V = 0,8 \cdot V_{\text{geom}} = 0,8 \cdot S_{\text{пола}} \cdot H, \quad (5.1)$$

$$V = 0,8 \cdot 62 \cdot 3,0 = 148,8 \text{ м}^3,$$

где V_{geom} – геометрический объем помещения, м³;

$S_{\text{пола}}$ – площадь пола, м²;

H – высота помещения, м.

Безразмерный параметр при $H \leq 6 \text{ м}$:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right), \quad (5.2)$$

$$Z = \frac{1,9}{3,0} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,9}{3,0}\right) = 1,537,$$

где h – высота рабочей зоны:

$$h = h_m + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (5.3)$$

$$h = 0,2 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,9 \text{ м},$$

где h_m – высота площадки, на которой находятся люди, под полом помещения. Так как все помещения оборудованы фальшполами, принимаем 0,2 м;

δ – разность высот пола, принимаем равной 0 при его горизонтальном расположении.

Рассчитаем вспомогательные параметры:

$$A = 1,05 \cdot \psi_0 \cdot v_d^2, \quad (5.4)$$

$$A = 1,05 \cdot 0,0145 \cdot 0,0108^2 = 0,000001776 \text{ кг} / \text{с}^3,$$

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}, \quad (5.5)$$

$$B = \frac{353 \cdot 1,003 \cdot 10^{-3} \cdot 148,8}{(1 - 0,6) \cdot 0,9 \cdot 14,7} = 9,96 \text{ кг},$$

$$\frac{B}{A} = \frac{9,96}{0,000001776} = 5,61 \cdot 10^6 \text{ с}^3 \quad (5.6)$$

Расчет наступления предельного допустимых значений опасных факторов пожара:

по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (5.7)$$

$$t_{кр}^T = \left\{ 5,61 \cdot 10^6 \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 1,537} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} = 84c \approx 1,4 \text{ мин}$$

по потере видимости:

$$t_{кр}^{IB} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D \cdot Z} \right)^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (5.8)$$

$$t_{кр}^{IB} = \left\{ 5,61 \cdot 10^6 \cdot \ln \left(1 - \frac{148,8 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 9,96 \cdot 82 \cdot 1,537} \right)^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 45,2c \approx 0,75 \text{ мин}$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (5.9)$$

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ 5,61 \cdot 10^6 \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{9,96 \cdot 1,574}{148,8} + 0,27 \right) \cdot 1,537} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}},$$

– под знаком логарифма отрицательное число, поэтому этот опасный фактор пожара не представляет опасности;

по углекислому газу:

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X_{CO_2}}{B \cdot L_{CO_2} \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (5.10)$$

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ 5,61 \cdot 10^6 \cdot \ln \left[1 - \frac{148,8 \cdot 0,11}{9,96 \cdot 0,817 \cdot 1,537} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

– под знаком логарифма отрицательное число, поэтому этот опасный фактор пожара не представляет опасности.

по угарному газу:

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X_{CO}}{B \cdot L_{CO} \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (5.11)$$

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ 5,61 \cdot 10^6 \cdot \ln \left[1 - \frac{148,8 \cdot 0,00116}{9,96 \cdot 0,041 \cdot 1,537} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

– под знаком логарифма отрицательное число, поэтому этот опасный фактор пожара не представляет опасности.

Критическая продолжительность пожара:

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр}^T; t_{кр}^{PB}; t_{кр}^{O_2}; t_{кр}^{CO_2}; t_{кр}^{CO} \} \quad (5.12)$$

$$t_{кр} = \min \{ 84; 45; 2; -; -; - \} = 45, 2с \approx 0,75 мин$$

Критическая продолжительность пожара обусловлена потерей видимости в помещении примерно через 45 с.

Другими словами, люди, находящиеся в офисе, где произошел пожар, должны его покинуть за указанное время.

5.4 Охрана окружающей среды

При тушении пожара также может происходить загрязнение окружающей среды вследствие применения для тушения огнетушащих веществ. При этом различные огнетушащие средства по-разному оказывают влияние на окружающую среду.

Например, вода не окисляется, но вместе с растворенными в ней веществами может проникать в почву, загрязнять атмосферу (вследствие испарения), подземные воды.

Основным компонентом пен является пенообразователь, который относится к 3 классу опасности (умеренно опасные). При попадании пены на почву или в водоем может нарушать процессы фотосинтеза из-за прекращения поступления кислорода. Особенно вредны так «жесткие» пены, которые не

поддаются бактериологическому разрушению.

Наименьший вред экологии приносят огнетушащие порошки. При их взаимодействии с высокотемпературными продуктами горения выделяется наименьшее количество вредных веществ.

Использование негорючих газов также вредно может воздействовать на окружающую среду. Наиболее опасным является оксид углерода, который при пожаре может взаимодействовать с другими веществами, образуя угарный газ, фосген и другие отравляющие вещества.

В случае применения хладонов появляется риск поражения головного мозга, почек, печени и других органов. Продукты же распада разрушают озоновый слой.

В целях уменьшения вредного воздействия на окружающую среду огнетушащих веществ необходимо:

1. Сократить расход воды на пожаре, используя смачиватели, повышая вязкость воды, применяя тонкораспыленную воду;
2. Применять средства препятствующие растеканию воды.
3. Применять негорючие газы для тушения только определенных веществ.
4. Обеспечить своевременную уборку продуктов сгорания и оставшихся огнетушащих веществ, их вызов.
5. Шире применять для тушения огнетушащие порошки.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Организация работы по обеспечению соблюдения законодательства Российской Федерации об охране труда в подразделениях Государственной противопожарной службы осуществляется в соответствии с государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации.

При этом обеспечение безопасных условий труда личного состава возлагается [59]:

в учреждениях и организациях – на начальников учреждений и организаций;

в подразделениях Государственной противопожарной службы – на начальников подразделений;

в караулах (дежурных сменах) – на начальников караулов (дежурных смен);

при работе на пожаре и проведении аварийно-спасательных работ – на руководителя тушения пожара и на должностных лиц на пожаре, обеспечивающих выполнение работ на порученном участке.

При этом основными нормативными правовыми актами в области обеспечения безопасности являются:

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ [60];

приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 декабря 2014 г. N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы» [59];

государственный стандарт СССР ГОСТ 12.0.004-90 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения» [61].

5.6 Выводы по разделу социальная ответственность

Основными требованиями безопасности при работе на высоте являются:

личный состав обеспечивается средствами самоспасания пожарных и устройствами канатно-спусковыми индивидуальными пожарными ручными, исключающими их падение, с соблюдением следующих мер безопасности:

а) работа на ручной пожарной лестнице с пожарным стволом (инструментом) производится только после закрепления пожарного поясным карабином за ступеньку лестницы;

б) при работе на кровле пожарные закрепляются средствами самоспасания пожарных или устройствами канатно-спусковыми индивидуальными пожарными ручными за конструкцию здания. Крепление за ограждающие конструкции крыши запрещается;

в) работу с пожарным стволом на высоте и покрытиях осуществляют не менее двух сотрудников;

г) рукавная линия закрепляется рукавными задержками.

Запрещается оставлять пожарный ствол без надзора даже после прекращения подачи воды, а также нахождение личного состава подразделений ФПС на обвисших покрытиях и на участках перекрытий с признаками горения.

Спасание или самоспасание можно начинать, убедившись, что длина веревки обеспечивает спуск на землю (балкон). Работы следует производить в рукавицах во избежание травмирования рук.

Заключение

Тенденция повышения этажности зданий ставит перед службой пожаротушения МЧС России решение ряда сложных проблем по управлению тушением пожаров и спасанием людей. При возникновении и продолжительном развитии пожаров в этих зданиях могут создаваться угрозы для находящихся в них людей.

Согласно официальным данным о пожарах в России сводному учету подлежат пожары, произошедшие в одноэтажных, двухэтажных, высотой 3–5 этажей, 6–9 этажей, 10–16 этажей, 17–25 этажей и более 25 этажей зданиях.

За 15 лет (2003–2017 годы) в зданиях высотой 17–25 этажей произошло 13094 пожара, на которых погибло в общей сложности 350 человек; в зданиях высотой более 25 этажей произошло 292 пожара, на которых погибло 22 человек.

Предметом исследования дипломной работы выступила организация тушения и проведения спасательных работ при тушении пожара в 22-этажном многофункциональном комплексе, расположенный по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46.

Согласно СП 267.1325800.2016 требуемая степень огнестойкости здания – I.

При анализе соответствия противопожарной защиты здания требованиям нормативно-правовых документов в области ПБ выявлено, что фактические требования огнестойкости здания, пути эвакуации, объемно-планировочные решения соответствуют требованиям.

Автоматическая пожарная сигнализация, установленная в здании, соответствует требованиям НПБ 88-2001*.

Проверка соответствия требованиям СП 7.13130.2009 «Отопление вентиляция и кондиционирование» всего комплекса решений, обеспечивающих противодымную защиту здания, включая установление необходимости наличия в отдельных помещениях дымоудаляющих устройств (шахт, люков) проверку

их площади и конструктивного исполнения элементов конструкции показала, что система дымоудаления соответствует требуемым характеристикам

Многофункциональный комплекс запроектирован с установкой автоматического спринклерного пожаротушения. Проемы в автостоянке защищены автоматической дренчерной завесой. Наружное и внутреннее водоснабжение, в том числе система пожаротушения соответствуют требованиям СП 30.13330.2016, СНиП 21-02-99* и НПБ 88-2001*.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре является составной частью комплекса инженерно-технических систем и организационных мероприятий по противопожарной защите. Все помещения комплекса оборудуются системой оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей по требованиям обязательного приложения 12 МГСН 4.04-94*.

В качестве расчета сил и средств для организации аварийно-спасательных работ были рассмотрены два сценария возгорания: на 8-ом и на 20-м этаже.

Для локализации и ликвидации пожара на 8-ом этаже потребуется на место пожара силы и средства вызвать по рангу «Пожар №3» и сосредоточить на месте пожара не менее 18 отделений на основных пожарных автомобилях. Количество участников тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ составит не менее 87 человек. Расчетное время тушения пожара – 0,5 часа.

Для локализации и ликвидации пожара на 20-ом этаже потребуется на место пожара силы и средства вызвать по рангу «Пожар №2» и сосредоточить на месте пожара не менее 11 отделений на основных пожарных автомобилях. Количество участников тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ составит не менее 50 человек. Расчетное время тушения пожара – 1,5 часа.

При технико-экономическом обосновании автоматической системы пожаротушения здания получено, что экономический эффект от внедрения

АУПТ составит 899815 руб.

Целью дипломной работы являлось совершенствование системы активной и пассивной противопожарной защиты здания повышенной этажности, в том числе с использованием передвижной пожарной аварийно-спасательной техники.

Для достижения поставленной цели работы необходимо было решить следующие задачи:

- изучить состояния дел в области обеспечения противопожарной защиты ЗПЭ, в том числе проанализировать выполнение требований норм, планирование организации тушения пожаров в ЗПЭ;
- изучить требования к тушению пожаров в ЗПЭ;
- изучить организацию тушения и проведения спасательных работ в 22-этажном многофункциональном комплексе, расположенном по адресу: г. Новосибирск, ул. Депутатская, д. 46;
- выполнить расчет сил и средств для тушения пожара и проведения спасательных работ на объекте исследования;
- выполнить гидравлический расчет насосно-рукавных систем, используемых при подаче огнетушащих веществ;
- подготовить рекомендации по организации тушения пожара в ЗПЭ применительно к объекту исследования.

Поставленные в дипломной работе задачи решены, цель исследования достигнута.

Список использованной литературы

1. Терещнев В.В., Артемьев Н.С., Троханов В.А. Противопожарная защита и тушение пожаров зданий повышенной этажности / Под общ. ред. канд. техн. наук, доц. В.В. Терещнева, Н.С. Артемьева. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 261 с.
2. Терещнев В.В., Подгрушный А. В., Артемьев Н. С. Пожаротушение в зданиях повышенной этажности. – М. – 2008. – 103 с.
3. Терещнев В.В., Артемьев Н.С., Троханов В.А. Противопожарная защита и тушение пожаров зданий повышенной этажности. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 261 с.
4. Гвоздев Е.В. Моделирование деятельности специалистов по управлению системой пожарной безопасности предприятия / Е.В. Гвоздев, А.В. Матюшин // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2014. Выпуск № 6 (58). Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения 23.04.2019).
5. Артемьев Н.С., Бадер Ю.А. Расчет требуемого количества сил и средств на тушение пожара в ЗПЭ. Сб. учебно-методических материалов «Применение ЭВМ при подготовке специалистов пожарной охраны». ВПТШ МВД РФ, М.: 1994.
6. Артемьев Н.С., Даниленко А.С., Харисов Г.Х. «Спасание людей на пожаре способом выноса на руках и с помощью спасательной веревки». Материалы конференции «Пожарная безопасность – 97». МИПБ МВД РФ, – М.: 1997
7. Кашевник Б.Л. Безопасность людей при пожарах. «Проблемы спасания людей при чрезвычайных ситуациях в многоэтажных зданиях». «Пожаровзрывобезопасность», №2, 2003, с. 34–38.
8. Климушин Н.Г., Кононов В.М. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1983. – 104 с.

9. Башаричев А.В. Применение новых информационных технологий в решении задач управления тушением пожаров и проведением спасательных работ в зданиях повышенной этажности: диссертация кандидата технических наук: 05.13.10 / Башаричев Алексей Владимирович; [Место защиты: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России]. – Санкт-Петербург, 2011. – 173 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/2970

10. Чуприян А.П., Борзов Б.А., Матюшин А.В. Профилактика и тушение пожаров в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности с вентилируемыми фасадами / Учебное пособие. – М. – 2016. – 348 с.

11. Калашников С. Особенности построения противопожарной автоматики для высотных и многофункциональных объектов. Алгоритм безопасности, №5, 2004.

12. Гвоздев Е.В. Рыбаков А.В. О методике оценки состояния пожарной безопасности на предприятии ОАО «Мосводоканал» // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты: научный журнал. – 2014. – №3.13 с. <http://www.amchs.ru/index.php/nauj/category/29-nauchnyj-zhurnal-2014g> (дата обращения 23.04.2019).

13. Родичев А.Ю. Модели и методы совершенствования системы управления эвакуацией людей из высотных зданий : диссертация ...кандидата технических наук : 05.13.10 / Родичев Алексей Юрьевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. ун-т ГПС МЧС России]. – Санкт-Петербург, 2011. – 111 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/1323

14. Таранцев А.А., Новоселов Р.Н., Родичев А.Ю. Высотные здания и их пожарная опасность // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2010. № 2. С. 1–7 (<https://www.twirpx.com/file/891281/>).

15. Шархун С.В., Сирина Н.Ф. Современное высотное строительство и его пожарная опасность // Техносферная безопасность. 2015. № 4 (9). С. 37–42.

16. Юскаев Ю.Ю., Раевская Л.Т., Черемных Н.Н. Специфика пожаров в небоскребах и проблемы эвакуации людей // ЭКО-ПОТЕНЦИАЛ (ЭКО-

POTENCIAL) № 4 (24), 2018. С. 143–151.

17. Qianli M., Wei G. Discussion on the Fire Safety Design of a High-Rise Building // Procedia Engineering. 2012. Vol. 45. Pp. 685-689.

18. Study on the Determination of Safety Factor in Calculating Building Fire Evacuation Time / Hua P., Jian Z., Wen-Li L., Xiang-Yang Z., Yin-Qing L. // Procedia Engineering. 2011. Vol. 11. Pp. 343-348.

19. Analysis and Prevention of Bombing Risks in Iraq / Baojun L., Hongtao W, Zhang jun, Hongxu H., Jinsong W., Xiqun C., li Z., Zhirong X. // Projects Performed by Chinese Enterprises. Vol. 43. Pp.93–100.

20. Daniela H., Ben A. Risk of human fatality in building fires: a decision tool using Bayesian networks//Fire Safety Journal. 2009. Vol. 44. Pp. 704–710.

21. Watts J., Hall J. Introduction to Fire Risk AnalysisSFPE // Handbook for Fire Protection Engineering. 2002. Pp.91-102.

22. KloteJ.,Smoke C, Introduction to Fire Risk AnalysisSFPE // Handbook for Fire ProtectionEngineering. 2002. Pp.36-47.

23. Xiuyu L., Hao Z., Qingming Z. Factor Analysis of High-Rise Building Fires Reasons and Fire Protection Measures // Procedia Engineering. 2012. Vol. 45. Pp. 643-648.

24. СП 54.13330.2011. Здания жилые многоквартирные. Актуал. ред. СНиП 31-01-2003. URL: http://www.norm-load.ru/SNiP/raznoe/aktualizir_sp/2/54.htm (дата обращения: 25.04.2019).

25. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 25.04.2019).

26. NFPA 5000. Building construction and safety code. — Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2015.

27. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения:

25.04.2019).

28. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. № 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 25.04.2019).

29. Пронин Д.Г. Обоснование размеров пожарных отсеков : автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2011. – 34 с.

30. Пронин Д.Г., Корольченко Д.А. Научно-техническое обоснование размеров пожарных отсеков в зданиях и сооружениях: монография. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2014. – 104 с.

31. СП 267.1325800.2016. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования. URL <http://docs.cntd.ru/document/456044284> (дата обращения: 25.04.2019).

32. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий // Жилищное строительство. 2008. № 8. С. 1–4.

33. Копылов Н.П., Пивоваров В.В., Пронин Д.Г. Обеспечение безопасности людей в жилых зданиях повышенной этажности // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26 №9. С. 5–14.

34. Пивоваров В.В. Совершенствование парка пожарных автомобилей России. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. – 193 с.

35. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 № 315 Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» (НПБ 110-03) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43033/ (дата обращения: 25.04.2019).

36. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 31.07.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 25.04.2019).

37. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический

сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2018, –125 с.: ил. 42.

38. ТСН 30-304-2000 г.Москвы (МГСН 1.01-99) Нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы (с Изменениями на 23.12.2015) URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003977> (дата обращения: 25.04.2019).

39. ТСН 31-304-95 г.Москвы (МГСН 4.04-94) Многофункциональные здания и комплексы (С Изменением N 1)URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000270> (дата обращения: 25.04.2019).

40. ТСН 21-301-2001 г.Москвы (МГСН 5.01-01) Стоянки легковых автомобилей (с Дополнением N 1)URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200016484> (дата обращения: 25.04.2019).

41. СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99* URL: <http://docs.cntd.ru/document/456044290> (дата обращения: 25.04.2019).

42. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями №1, 2)URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001022> (дата обращения: 25.04.2019).

43. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77* (с Изменением N 1)URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111826> (дата обращения: 25.04.2019).

44. НПБ 88-2001* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1)<http://docs.cntd.ru/document/1200016069> (дата обращения: 25.04.2019).

45. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 103 с.

46. СП. 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 41 с.

47. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012. – 108 с.
48. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий: Метод. Рекомендации к СП 7.13130.2013. –М.: ВНИИПО, 2013. –58 с.
49. Есин В. М., Панов М. В., Сидорук В. И., Токарев В. Н.М 54 Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Пожарная безопасность в строительстве». – М.: Академия ГПС МЧСРоссии, 2010. – 27 с.
50. Рекомендации по расчету систем противодымной защиты зданий различного назначения.–М.: ВНИИПО, 1983. – 18 с.
51. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054201> (дата обращения: 25.04.2019).
52. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97*. МДС 21-3.2001 / ОАО «ЦНИИ-промзданий». – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 86 с.
53. Шафран Л.М., Нехорошкова Ю.В.Комплексная гигиеническая оценка условий труда и трудовогопроцесса пожарных-спасателей// Гигиена и санитария. 2015. № 1. С. 77–82.
54. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» // [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://base.garant.ru/4173106/>. Дата обращения: 24.04.2019 г.
55. Харисова Г.Х., Хорин Ю.И. Анализ показателей травматизма сотрудников ГПС при исполнении служебных обязанностей, Сб. Информационно-аналитических обзоров. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2001. – 80с.
56. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением февраль 2002)– М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 23 с.

57. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 47 с.

58. ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 38 с.

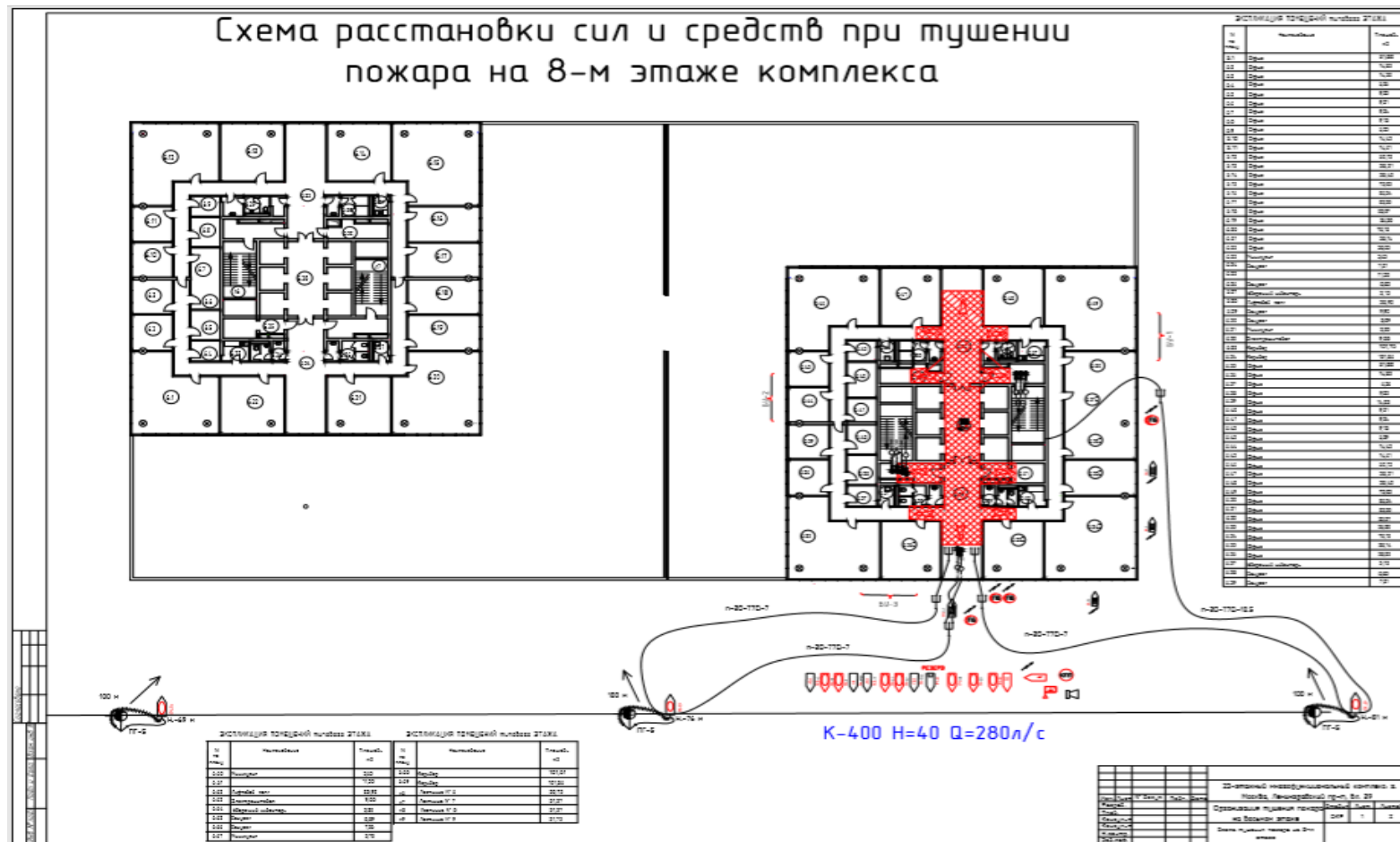
59. Приказ МЧС РФ от 23.12.2014 № 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы» URL: <http://docs.cntd.ru/document/420247336> (дата обращения: 25.04.2019).

60. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 01.04.2019) [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/. Дата обращения: 24.04.2019 г.

61. ГОСТ 12.0.004-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения // URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200170> (дата обращения: 25.04.2019).

(обязательное)

Схема расстановки сил и средств при тушении пожара на 8-м этаже комплекса



Приложение Б

(обязательное)

Схема расстановки сил и средств при тушении пожара на 20-м этаже комплекса

