

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой СПТС  
(Г.А. Пикус)  
2018 г.

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ: ЛИФТ КАК ПУТЬ ЭВАКУАЦИИ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-08.04.01.2018.152.ПЗ ВКР

Руководитель проекта  
Доцент кафедры СПТС  
(К.М.Мозгалёв)  
2018 г.

Автор проекта  
студент группы АСИ-279  
(Л.Я. Сиражетдинова)  
2018 г.

Нормоконтроль  
Доцент кафедры СПТС  
(К.М.Мозгалёв)  
2018 г.

Антиплагиат  
Оригинальность 79 %  
Доцент кафедры СПТС  
(К.М.Мозгалёв)  
2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Сиражетдинова Л.Я. Пожарная безопасность высотных зданий: лифт как путь эвакуации. – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ – 279; 2018, – 104 с., 21 ил., 14 табл., библиогр. список –36 наим.

Объектом исследования является высотное здание, в котором применяется комбинированная эвакуация.

Цель работы – усовершенствование методики эвакуации людей, за счет исследования положительного влияния применения лифтов в качестве средства передвижения при эвакуации.

Для достижения цели НИР решены следующие задачи:

- Проведен обзор существующих противопожарных лифтов
  - Произведено моделирование процесса эвакуации в программе Pathfinder
  - Выполнено сравнение результатов при различных сценариях эвакуации
  - Разработан алгоритм поэтапной, комбинированной эвакуации людей из высотных зданий
  - Дана оценка эффективности полученных результатов.

В результате исследования была доказана эффективность использования комбинированной эвакуации (лифт+лестница), составлены схема и алгоритм движения эвакуационных лифтов. Полученные результаты позволяют обратиться с предложениями к разработчику проекта СП «Здания и комплексы высотные. Правила пожарной безопасности».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
ГЛАВА 1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА .....	12
1.1. Основные определения и общие требования .....	12
1.2 Мировой опыт .....	16
1.3. Обзор норм по пожарной безопасности высотных зданий .....	19
1.4 Обзор программы по моделированию пассажиропотока .....	25
Вывод по главе .....	27
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ .....	29
2.1 Общие технические требования, предъявляемые к эвакуационным лифтам .....	29
2.1.1 Требования к конструкциям «эваколифтов» .....	29
2.1.2 Требования к строительным конструкциям и оборудованию противопожарной защиты .....	33
2.1.3. Требования к системам управления, сигнализации, связи и энергоснабжения .....	34
2.1.4. Методы контроля .....	35
2.2. Методика исследования .....	37
2.3. Анализ пожарной опасности объекта .....	45
2.3.1 Определение необходимого количества эвакуационных лифтов .....	45
2.3.2 Компьютерное моделирование .....	47
2.3.3 Построение полей опасных факторов при комбинированной эвакуации для различных сценариев развития пожара .....	61
2.3.4 Сопоставление результатов расчетов развития пожара и эвакуации и определение вероятности эвакуации для выбранных сценариев .....	74
2.3.5 Анализ систем обеспечения пожарной безопасности здания .....	79
2.3.6 Расчет величины индивидуального пожарного риска .....	81
Вывод по главе .....	82
ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ И АЛГОРИТМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЭВАКОЛИФТОВ» .....	83
3.1 Алгоритм управления эвакуационным лифтом .....	83
3.2 Анализ проекта СП "Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности" [8]. Вынесение предложения о возможности применения лифтов в качестве эвакуации .....	94
3.3 Эффективность применения «эваколифтов» .....	97
3.3.1 Снижение требований к пределам огнестойкости несущих строительных конструкций .....	97
3.3.2 Сокращение времени проведения аварийно-спасательных работ .....	97
3.3.3 Снижение количества используемых лестниц .....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	101
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	102

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

6

## ВВЕДЕНИЕ

Первые высотные здания были построены в конце XIX века в США. В числе преимуществ высотного строительства обычно называют эффективное и экономное использование дорогостоящей городской территории, особую комфортабельность и массу различных технических новшеств. Мировой опыт высотного строительства действительно доказал эффективность и экономическую целесообразность использования ценной городской территории в этих целях. По сравнению с мировой практикой, в России высотная застройка началась относительно недавно. Но учитывая динамичное развитие инфраструктуры крупных городов и их активное стремление к смене внешнего облика, высотное строительство однозначно будет продолжать развиваться, приумножая количество «высоток».

Одним из элементов, обеспечивших возможность реализации проектов высотного домостроения, стали системы вертикального транспорта – лифты. Лифты в высотных зданиях – это всегда очень сложное устройство, и при его проектировании приходится обращать особое внимание на многие элементы, которые в обычных многоэтажных зданиях не оказывают особого влияния на комфорт и даже безопасность поездки. Тогда как именно безопасность на сегодня является основополагающим фактором при проектировании зданий и сооружений.

На сегодняшний день, одним из главных требований, установленных «Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений», в том числе к входящим в их состав сетям и системам инженерно-технического обеспечения, является обеспечение их пожарной безопасности.

Необходимость проведения комплекса мероприятий по пожарной безопасности обосновывается и неутешительной статистикой:

- по данным за 2017 г. в среднем ежедневно происходит свыше 400 пожаров, гибнет почти 30 человек и получает травмы свыше 30 человек.
- доля погибших в расчете на один пожар в зданиях высотой более 25

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

этажей в три-четыре раза выше по сравнению с 9–16-этажными.

Пожарная опасность зданий повышенной этажности характеризуется сразу несколькими значительными факторами. Это и возможность быстрого развития пожара, и трудности с подачей средств тушения, ряд природных факторов, которые не зависят от действий человека и продолжительное время эвакуации людей.

В здании высотой более 100 метров около половины находящихся там людей не смогут быстро покинуть его из-за физической усталости (наступающей уже после пяти минут спуска по лестнице), тесноты и неизбежной паники.

В мире разработаны разные средства спасения с высоток: прыжковые для свободного падения (парашют), канатно-спусковые и рукавные устройства, «одноразовый лифт» и другие. Но даже физически крепкому человеку непросто ими воспользоваться, не говоря уже о детях, пожилых людях, инвалидах — именно они и погибают первыми.

Специалисты США и Европы считают, что лучшее средство эвакуации — лифты. Что подтверждается нормами по пожарной безопасности (NFPA 101 Life Safety Code 1994).

В Российской Федерации нормами по пожарной безопасности запрещается использование лифтов в качестве превентивной эвакуации людей (ст. 140 ФЗ №123), но это не означает, что данная методика не осуществима на территории РФ. В соответствии с требованиями разд. III, гл. 18, ст. 78, п. 2 Федерального закона № 123, на каждое высотное здание должны быть разработаны и согласованы специальные технические условия, отражающие специфику обеспечения его пожарной безопасности и содержащие комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

В соответствии с нормативно-правовыми актами Российской Федерации, специальные технические условия согласовываются МЧС

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

России и ответственными подразделениями Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. До недавнего момента, СТУ являлось основным нормативным документом для проектирования не нормативных зданий и сооружений, а выполнение всех разработанных в них противопожарных мероприятий являлось гарантией безопасности зданий при их дальнейшей эксплуатации.

С целью реализации комплекса мероприятий по развитию нормативной технической и научной базы в области строительства в соответствии с требованиями Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации разрабатывается свод правил «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности». Данный свод правил призван исключить необходимость разработки СТУ по обеспечению пожарной безопасности при проектировании и строительстве высотных зданий и комплексов.

Данный СП находится в стадии разработки, проведено две редакции документа. Обе редакции многократно обсуждались в период публичного обсуждения и по окончании срока его завершения на разных площадках. Однако, по-прежнему остается существенный пробел в отношении обеспечения безопасной эвакуации людей из высотных объектов при пожаре. А именно: в проекте СП, несмотря на многократные обоснованные предложения, исключена возможность применения пассажирских лифтов, устроенных по той же технологии, что и лифты, предназначенные для транспортирования пожарных во время ликвидации аварии. Применение таких лифтов позволило бы сократить более чем на треть время проведения спасательных операций при комбинированном способе эвакуации и сохранить жизнь и здоровье сотен людей в случае

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

возникновения пожара.

Таким образом, появляется необходимость исследования возможности применения лифтов в качестве эвакуации людей (что позволит решить проблемы связанные с продолжительностью эвакуации и образованием высоких травмоопасных плотностей на путях эвакуации), с дальнейшим предложением о внесении изменений в части применения пассажирских лифтов в разрабатываемый СП ««Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности».

**Целью диссертационной работы** ставится вынесение предложения о внесении изменений в разрабатываемый СП ««Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности» посредством усовершенствования методики эвакуации людей, за счет исследования положительного влияния применения лифтов в качестве средства передвижения при эвакуации.

**Задачи диссертационной работы:**

- Обзор существующих противопожарных лифтов
- Моделирование процесса эвакуации
- Сравнение результатов при различных сценариях эвакуации
- Разработка алгоритма поэтапной, комбинированной эвакуации людей из высотных зданий
- Оценка эффективности полученных результатов.

**Объект исследования**- произвольное высотное здание (высота  $H=84$  м).

**Предмет исследования**- пассажирский лифт высотного здания.

**Методологической основой** исследования послужили законодательные и нормативные документы Российской Федерации, США; труды ученых и научных групп, работавших в области пожарной безопасности высотных зданий; компьютерное моделирование с

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

10

применением программного комплекса «Pathfinder».

**Научная новизна диссертационной работы.** Проведен анализ различных способов эвакуации на примере конкретного высотного здания, выполнен расчет пожарного риска при комбинированной эвакуации, разработан алгоритм использования эвакуационных лифтов, а также схема их движения. Обоснована эффективность применения комбинированной эвакуации

**Практическая ценность работы.** Вынесено предложение о корректировке проекта СП «Здания и комплексы высотные. Правила пожарной безопасности» в части требований к обеспечению безопасной эвакуации людей.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка литературы из 36 наименований и содержит 104 страницы машинописного текста, 21 рисунок, 14 таблиц, 13 формул.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист  
11

# ГЛАВА 1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1. Основные определения и общие требования

- *Высотное здание*: здание, имеющее высоту, определяемую в соответствии с [3], более 75 м.
- *Избирательная схема управления лифтами*: Выполнение запросов пользователей с учетом заранее заявленного ими этажа назначения на основе автоматической оптимизации последовательности действий, направления движения и остановок кабины [7].
- *Путь эвакуации* [1] – последовательность коммуникационных участков, ведущих от мест пребывания людей в безопасную зону. Такой путь должен быть защищен требуемым нормами комплексом объемно-планировочных, эргономических, конструктивных и инженерно-технических решений, а также организационных мероприятий.
- *Собирательная двухсторонняя схема управления лифтами*: Последовательное выполнение запросов и сбор пользователей с этажей при движении лифта как вниз, так и вверх, с учетом направления, заявленного пользователем при вызове [7].
- *Собирательная схема управления лифтами*: Последовательное выполнение запросов и сбор пользователей с этажей при движении лифта вниз [7].
- *Спасение* [7].представляет собой вынужденное перемещение людей наружу при воздействии на них опасных факторов пожара или при возникновении непосредственной угрозы этого воздействия. Спасение осуществляется самостоятельно, с помощью пожарных подразделений или специально обученного персонала, в том числе с использованием спасательных средств, через эвакуационные и аварийные выходы.
- *Схема организации работы лифтов с высотным зонированием*: Объединение лифтов в группы, каждая из которых

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

12

обслуживает определенные этажи, при этом все лифты останавливаются на общем основном посадочном этаже [7].

– *Схема организации работы лифтов с высотным зонированием с пересадкой:* Объединение лифтов в группы, каждая из которых обслуживает определенные этажи и имеет свой собственный посадочный (пересадочный) этаж, который соединяется с основным посадочным этажом посредством специальных скоростных лифтов [7].

– *Эвакуация* [1] представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, в которых имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара. Эвакуацией также следует считать несамостоятельное перемещение людей, относящихся к маломобильным группам населения, осуществляющее об обслуживающим персоналом. Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы. Также в обиходе используются термины пожарная эвакуация, эвакуация здания.

– *Эвакуационный выход* [1] – выход на путь эвакуации ведущий в безопасную при пожаре зону и отвечающий требованиям безопасности.

– *Эвакуация людей* при пожаре вынужденный процесс движения людей из зоны, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара [9].

Мероприятия, обеспечивающие защиту путей эвакуации должны удовлетворять требованиям (СП 18.13330.2012).

- Объемно-планировочные: кратчайшие расстояния до эвакуационных выходов, их достаточная ширина, изоляция путей эвакуации от пожароопасных и взрывоопасных помещений, возможность движения к нескольким эвакуационным выходам и т.п.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Эргономические: назначение размеров эвакуационных путей и выходов, отвечающих антропометрическим размерам людей, особенностям их движения, нормирование усилий при открывании дверей и т.п.
- Конструктивные: прочность, устойчивость и надежность конструкций эвакуационных путей и выходов, нормирование горючести отделки на путях эвакуации, перепадов высот на путях движения, размеров ступеней, уклона лестниц и пандусов и др.
- Инженерно-технические мероприятия: организация защиты от дыма, оборудование автоматическими установками пожаротушения, проектирование требуемой освещенности, размещение световых указателей, громкоговорителей системы оповещение и др.
- Организационные: обеспечение функционирования всех эвакуационных выходов при пожаре и поддержание на требуемом уровне объемно-планировочных, конструктивных, эргономических и инженерных показателей, например: предупреждение загромождения эвакуационных путей и выходов горючими материалами, а также предметами, уменьшающими их пропускную способность и т.п.

Зачастую, некоторые из перечисленных мероприятий не способны обеспечить должный уровень эвакуационных работ. Так, например, анализ проектных решений и расчет процесса эвакуации людей из высотных зданий [29], позволяют сформулировать основные проблемы [34]:

– при эвакуации по лестничным клеткам в результате скопления людей, выходящих с этажей и спускающихся по лестнице образуются части потока, которые не успевают достигать малой плотности до того, как они приближаются к месту выхода людей с нижележащего этажа. В результате на участках слияния образуются потоки такой величины, что пропускной способности сечений общего пути оказывается недостаточно для обеспечения беспрепятственного движения; а изменить ширину общего участка до такой величины, нет возможности. В таком случае происходят продолжительные

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

скопления людей высокой плотности (7–8 чел/м<sup>2</sup>), ведущие к появлению риска гибели от компрессионной асфиксии «рисунок 1.1».

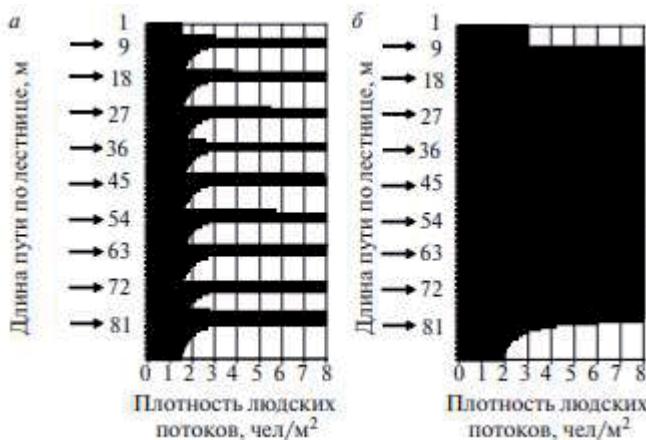


Рисунок 1.1 – Плотность людских потоков в лестничной клетке.

Стрелками показаны места выхода людей с этажа в лестничную клетку:

а – скопления происходят в местах выхода людей с этажа;

б – продолжительные скопления по всей лестничной клетке.

– эвакуация людей с физическими ограничениями представляет собой нерешенную задачу: идти по лестнице многие из них не в состоянии, а зоны безопасности проектируются, как правило, только на уровне технических этажей;

– продолжительность эвакуации составляет 1–2 ч и более: высокая плотность потока, обусловленная большой населенностью этажей, и низкая скорость движения ведут к увеличению времени эвакуации людей;

– высокие требования к физической подготовке людей, не имеющих нарушений функций организма: для выхода людей из здания, требуется пройти по лестнице от 150 м до 1 км в потоке высотной плотности. Большинство людей испытывают усталость уже через 5 минут движения по лестнице вниз.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

## 1.2 Мировой опыт

Говоря о мировом опыте строительства и эксплуатации высотных зданий и комплексов, можно уверенно сделать вывод, что, пожары на подобных объектах происходят не так уж и редко.

Так, например, 4 августа 2017 г. в Дубае произошел пожар в одном из высочайших жилых небоскрёбов мира под названием «Факел» - 79 этажей. Возгорание произошло на 50-м этаже небоскрёба, но из-за сильного ветра пламя быстро распространилось по стенам на высоту свыше 330 метров и достигло 70-го этажа. Пожар полыхал в течение нескольких часов, тысячи жильцов были эвакуированы «рисунок 1.2».



Рисунок 1.2 — Пожар в здании «Факел» в г. Дубае

14 июня 2017 г. в Лондоне в результате пожара в 24-этажном жилом доме Grenfell Tower погибли не менее 12 человек.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что пожары представляют особую опасность для высотных зданий и зданий повышенной этажности вследствие особенностей их конструктивно-планировочных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

решений, назначения, технологии их возведения и последующей эксплуатации.

Исследование поведения людей при пожарах показывает, что если лифты не были отключены, то большая часть населения, или даже все люди, эвакуируются, используя лифты. До 15% общего количества людей используют их для эвакуации даже в пятиэтажных зданиях [31]. Анкетный опрос, проведенный в Японии «рисунок 1.3», показал, что до 67% людей при пожаре в 20-эт. здании с апартаментами использовали лифты для эвакуации [30].

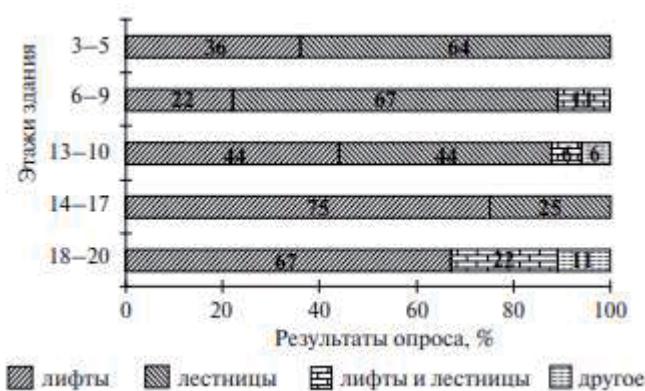


Рисунок 1.3 — Анкетный опрос людей после пожара на предмет использования способов эвакуации.

Более того, исследование процесса эвакуации людей из башен Всемирного торгового центра при атаке террористов в 2001 позволило прийти к выводу, что «активные самостоятельные действия по эвакуации людей и использование лифтов позволило сохранить более 3000 жизней» [34]

Лифты для эвакуации людей официально разрешены в США в качестве второго эвакуационного пути в высотных зданиях, ввиду малой площади этажей таких зданий и, как следствие, невозможности организовать две лестничные клетки [20]. На основании анализа пожарной безопасности, в самом верхнем пожарном отсеке высотой в 11 этажей 250-ти метрового Башни Стратосфера в Лас-Вегасе лифты также разрешены для эвакуации [32].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

В одной из самых высоких башен мира на сегодняшний день - Тайпей 101 – концепция безопасности людей разрешает использовать лифты для эвакуации людей. В таком случае, общее время эвакуации людей из здания составляет менее 1 часа [35].

Лифты для эвакуации также разрешены в Башне Петронас в г. Куала Лумпур (Малайзия), что снижает общее время эвакуации до 20 мин [33].

Зарубежные научные исследования, касающиеся обеспечения безопасной эвакуации людей из высотных зданий, доказали необоснованность требований, предписывающих эвакуацию людей из высотных зданий только по лестничным клеткам. Этими исследованиями систематически, на протяжении 50 лет, доказывается необходимость использования специализированных (пожарозащищенных) лифтовых установок (кабина лифта, лифтовая шахта, лифтовый холл, машинное отделение, электроснабжение) для эвакуации людей из высотных зданий и комплексов. Использование таких лифтов для эвакуации людей позволяет значительно сократить время их выхода из высотного здания и тем самым повышает уровень безопасности людей при пожарах и техногенных авариях на объектах высотного строительства.

В настоящее время международные стандарты NFPA 101 «Life Safety Code», NFPA 5000 «Building Construction and Safety Code», ISO/TR 25743:2010 «Lifts (elevators) — Study of the use of lifts for evacuation during an emergency», BTS (Building Traffic Simulator, ELEVATE, ELVAC), BS 9999:2008 «Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings», IBC/2009 ICC International Building Code содержат алгоритм и требования к использованию лифтов для эвакуации людей при пожаре.

Зарубежные исследования показывают, что использование внутреннего вертикального транспорта для эвакуации людей при пожаре в высотных зданиях не только целесообразно, но и необходимо. Выход людей в поэтажные безопасные зоны не является завершающим этапом процесса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

18

эвакуации из-за вероятности дальнейшего развития пожара, сопутствующих ему техногенных аварий и возможного обрушения здания. В данном случае лифт может оказаться единственным путем эвакуации (спасения) для людей, включая маломобильные группы населения, из здания в целом и из зон безопасности в частности.

### 1.3. Обзор норм по пожарной безопасности высотных зданий

В середине 2000-х годов были предприняты попытки создания территориальных нормативных документов. Для проектирования высотных зданий на территории г. Москвы были приняты МГСН 4.19-2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий-комплексов в г. Москве» [17]; в Санкт-Петербурге приняты аналогичные московским ТСН 31-332-2006 «Жилые и общественные высотные здания» [18]. Указанные нормативные документы содержат, в том числе, требования пожарной безопасности. В остальных субъектах Российской Федерации подобных документов принято не было. Кроме этого, с принятием Федерального закона [1] указанные нормативные документы утратили статус нормативных документов, требования которых являются обязательными для исполнения.

В соответствии с требованиями ч.2 [1], разработке проектной документации на высотные здания должны предшествовать разработка и согласование в установленном порядке специальных технических условий в части обеспечения пожарной безопасности, учитывающих специфику пожарной опасности каждого конкретного здания. При этом (в соответствии с требованиями ч.2 ст.6 [1]) в обязательном порядке следует проводить расчет величины пожарного риска, который не должен превышать значений, установленных требованиями ч.1 ст.79 [1]. В необходимых случаях следует проводить иные расчеты, необходимые для обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности высотных зданий, например, расчет предельной площади пожарного отсека, расчет продолжительности пожара, расчет применения лифтов в качестве эвакуации, а также сил и средств,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

19

необходимых для локализации и ликвидации пожара и другие расчеты.

В состав проектной документации на высотные здания (в соответствии с требованиями Положения «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008г. №87) следует включать раздел «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности», в котором следует описывать и обосновывать проектные решения по обеспечению пожарной безопасности соответствующих зданий.

С 2016 г. ведется активная работа по созданию для проектно-строительного общества единого документа, устанавливающего для высотных зданий все необходимые требования, в том числе по пожарной безопасности. В целях сокращения количества разрабатываемых специальных технических условий был утвержден СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования». Введение в действие указанного свода правил сокращает количество СТУ на 30% (в части конструкций и инженерных систем), однако полностью исключить разработку СТУ на высотные здания можно только после введения в действие СП «Здания и комплексы высотные. Правила пожарной безопасности» [8], так как основные СТУ на высотные здания разрабатываются по причине недостаточности требований пожарной безопасности.

Сравнительный анализ отечественных и американских противопожарных требований, предъявляемых к жилым зданиям.

Основное внимание в данной работе сконцентрировано на кодах NFPA - головной организации, разрабатывающей систему противопожарных требований в США.

Общие требования изложены в NFPA 1 1992 Fire Prevention Code (Стандарт по предотвращению пожаров) [22]. Данный стандарт содержит общие положения по обеспечению пожарной безопасности (ПБ) объектов на всех стадиях их жизненного цикла. В этом документе также регламентируется порядок рассмотрения, согласования и утверждения проектной документации;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

20

определяется перечень лиц и организаций, ответственных за обеспечение необходимого уровня ПБ, излагаются их права и обязанности. Кроме того, отдельная глава посвящена основным терминам и определениям в области ПБ. Если проводить аналогию с отечественной системой норм, то данный документ объединяет те положения, которые прописаны в [1]. Данный документ устанавливает общие требования к системам обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения при разработке нормативных и нормативно-технических документов, проектировании, реализации проектов и эксплуатации объектов.

В соответствии с [1] объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,9 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 0,6 воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно-допустимые значения в год на каждого человека.

Следует подчеркнуть, что метод проверки соответствия данного требования реальным условиям базируется, в том числе, на расчете временных интервалов движения людей по путям эвакуации и блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, т.е. на оценке вероятности обеспечения безопасной эвакуации, согласно «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденной приказом МЧС РФ от 30.07.2009 г. № 382 [19].

При этом метод проверки требований не учитывает возможность того, что человек при пожаре не эвакуируется (т.е. остается в помещении, где его застал пожар), либо эвакуируется медленно или нерационально и необходимо предусмотреть его дополнительную защиту, а так же не учитывается

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

21

возможность эвакуации через аварийные пути эвакуации, с применением современных эвакуационных средств.

Таким образом, требования, формируемые техническим регламентом, а также действующими методиками по расчету пожарных рисков не имеют полного комплекса методов проверки данных требований.

Отметим также несколько основных концептуальных отличий американских норм от российских:

а) В отечественных нормах нет указаний по проектированию и строительству выходов из зон безопасности наружу через лифт высотного здания, за исключением специальных требований к лифтам, используемым для эвакуации инвалидов и других маломобильных групп населения [28]. В нормах NFPA лифты не являются основным компонентом системы эвакуации, но они могут использоваться в качестве второго эвакуационного пути при комбинированной системе эвакуации.

NFPA 101 и 5000 [21] определяют систему эвакуации с помощью лифта. Согласно NFPA 101, лифт как система эвакуации - это «система, включающая вертикальную линию лифтовых холлов и связанных с ней шахт лифта, а также машинное помещение, которая обеспечивает защиту от воздействия пожара для пассажиров лифта, людей, ожидающих использование лифтов, и лифтового оборудования, так как лифты могут безопасно использоваться при эвакуации».

Кроме того, NFPA 101 Раздел 7.14 и NFPA 5000 Раздел 11.14 содержат конкретные требования к лифтам, используемым для управления пассажирами при эвакуации до приезда пожарных служб. Также, IBC включает в себя раздел 3008, который посвящен эвакуации пассажиров при помощи лифтов. Эта раздел разрешает использование пассажирских лифтов для эвакуации во время пожарной тревоги, при условии соблюдения конкретных требований. Например, эти конкретные требования включают:

- здание имеет утвержденную противопожарную безопасность и план эвакуации;
- здание имеет автоматическую систему оповещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- здание защищено утвержденной автоматической спринклерной системой;
- лифты для эвакуации пассажиров расположены в шахтах, которые изготовлены из материалов, обладающих необходимой огнестойкостью;
- лифты имеют закрытый вестибюль для предотвращения проникновения воды
  - вестибюль лифта должен иметь прямой доступ к выходу
  - лифтовые вестибюли должны быть заключены в дымовой барьер, имеющий 1-часовую огнестойкость;

б) Действие СП 54.13330.2011 [4] ограничивается зданиями до 50 этажей включительно. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности зданий выше 50 этажей следует проектировать по специальным техническим условиям (до момента вступления в силу [8]). В нормах NFPA подобное ограничение отсутствует.

Важно заметить, что содержание и наполнение нормативными требованиями готовящегося к выходу в свет [8] вызывают озабоченность профессионального сообщества. А именно, в части рассмотрения возможности использования инновационных инженерных систем и устройств, направленных на организацию процесса комбинированной эвакуации, спасения (самоспасения) людей при пожарах и техногенных авариях.

в) В отличие от отечественных норм, стандартами NFPA определены противопожарные требования для жилых зданий на всех стадиях их жизненного цикла, включая проектирование, строительство и эксплуатацию. Важно заметить, что именно на стадии эксплуатации объекта его пожарная безопасность играет наиболее важную роль, а значит, данная стадия должна быть нормирована.

г) Требования к объемно-планировочным решениям. Объемно-планировочные решения, принимаемые при проектировании и строительстве зданий, должны быть направлены в первую очередь на обеспечение безопасной эвакуации людей в случае пожара. К числу основных объемно-планировочных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

характеристик здания следует отнести его этажность, количество выходов с этажа, ширину и протяженность путей эвакуации «таблица 1.1».

Таблица 1.1 — Сравнительные данные по требованиям в части протяженности путей эвакуации в жилых зданиях.

СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные			NFPA 101		
Степень огнестойкости	Наибольшее расстояние от дверей квартиры до выхода, м		Условия	Наибольшее расстояние от дверей квартиры до выхода, м	
	При расположении между лестничными клетками	При выходах в тупиковый коридор		При расположении между лестничными клетками	При выходах в тупиковый коридор
I	40	25	Для новых зданий	10,7	10,7
II	40	25	Для новых зданий, защищенных АУП	15	15
III	30	20	Для существующих зданий	15	15
IV	25	15	Протяженность путей эвакуации в пределах квартиры до двери в коридор, м		
V	20	10	Для новых зданий	23	
-	-	-	Для новых зданий, защищенных АУП	38	
-	-	-	Протяженность путей эвакуации от входной двери квартиры до ближайшего выхода, м		
-	-	-	Для новых зданий	30	
-	-	-	Для новых зданий, защищенных АУП	60	
-	-	-	Для существующих зданий	45	

Анализ отечественных противопожарных норм и стандартов NFPA показывает, что в обоих случаях требуется предусматривать не менее двух эвакуационных выходов с каждого этажа, а также из здания. Различия в этом вопросе прослеживаются при формулировании допускаемых исключений. Сравнительный анализ отечественных и американских требований по количеству эвакуационных выходов показывает, что нормы NFPA существенно жестче. Указанные требования допускают предусматривать один эвакуационный выход из жилого блока для проектируемых и существующих многоквартирных зданий лишь в тех случаях, когда они защищены автоматической установкой пожаротушения, либо безопасная эвакуация по единственному пути эвакуации является практически гарантированной. Что касается отечественных норм, то здесь прослеживается расчет на работу спасательной пожарной техники. К сожалению, практика показывает, что такой расчет не всегда оправдан и приводит зачастую к трагическим последствиям.

#### 1.4 Обзор программы по моделированию пассажиропотока

##### Моделирование эвакуации

При использования метода моделирования пассажиропотока весь предполагаемый поток людей, который будет при функционировании здания, переносится в виртуальный. Это достигается путем использования метода генерации случайных чисел и использования при моделировании потока на компьютере, такого же алгоритма управления группой лифтов, который будет использовать лифтовая группа в реальной жизни [25]. Таким образом, результаты могут быть получены в зависимости от различных условий пассажиропотока, и отображать предполагаемую действительность с большой степенью вероятности.

Существует несколько видов программ, реализующих как одну из моделей эвакуации, так и сразу несколько.

Более точной моделью по сравнению с упрощенной аналитической является имитационно-стохастическая модель, которая позволяет учесть «рассасывание» головной и хвостовой частей людских потоков, что делает

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

результаты вычислений более точными.

В данной работе расчет будет вестись с помощью программы расчета эвакуации - Pathfinder, реализующая индивидуально-поточную модель [36].

Pathfinder - программа для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях с учетом возможности спасения людей, включает в себя пользовательской графический интерфейс для создания модели и модуль для просмотра анимированных трехмерных результатов.

Pathfinder позволяет задавать в составе контингента различные группы людей со своими параметрами и поведенческими факторами, влияющими на эвакуацию. Это и различная площадь горизонтальной проекции, и параметры движения (зависимость скорости от плотности потока), а также, что самое важное, можно задавать для каждого человека тот эвакуационный выход, в который он будет двигаться в случае пожара. А именно, Pathfinder обеспечивает возможность использовать лифты при моделировании эвакуации. Для каждого лифта задается список этажей посадки людей и этаж высадки. Люди могут направляться к ближайшему лифту или этажу посадки, и ждать эвакуации на лифте. Работники спасательных служб могут управлять лифтами, чтобы попасть на нужные этажи. Вызов лифта осуществляется при создании очереди возле его двери. Лифты можно объединять в группы, вызываемые вместе.

Кроме того, не мало важным аспектом в выборе программы является фактор соответствия разработки всем требованиям пожарных норм. Данный комплекс отвечает этим требованиям, что подтверждается сертификатами соответствия. Специалистами Академии ГПС МЧС России рассмотрена возможность использования программного комплекса «Pathfinder» и для расчетов времени эвакуации и индивидуального пожарного риска в соответствии с [1] и [19].

Представленный программный комплекс позволяет при заданной пользователем планировке зданий, сооружений и технологического оборудования моделировать развитие пожара и процесс эвакуации, получать прогнозные данные о развитии опасных факторов пожара, в том числе с учетом

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

работы систем противопожарной защиты (противодымная вентиляция, подпор воздуха в лестницы, водяное и газовое пожаротушение), определять время эвакуации и время скопления людей, рассчитывать индивидуальный пожарный риск и формировать отчет.

К отличительной особенности комплекса стоит отнести возможность построения и совместного анализа полей опасных факторов пожара, и плотностей людского потока, полей вероятности эвакуации и риска.

Полученные данные позволяют наглядно оценить пожароопасные места и ситуации по всей площади рассматриваемого объекта, а не в отдельных его точках, не пропустить при расчете вероятные «узкие места» в планировке.

В Pathfinder возможно одновременно просматривать результаты эвакуации и результаты моделирования распространения опасных факторов пожара. С помощью подобных изображений можно наглядно проиллюстрировать успевают ли эвакуироваться люди до блокирования путей эвакуации.

Отображение трехмерных результатов возможно как во время моделирования (для просмотра текущего состояния), так и после завершения расчета. Трехмерная визуализация позволяет наблюдать за движением людей, просматривать пути движения и выбирать агентов для наблюдения. В файле резюме выводится информация о минимальном, максимальном и среднем времени движения к выходу, а также о первом и последнем прошедшем через двери и помещения.

Программа Pathfinder позволяет получить всю нужную информацию для расчета риска: время эвакуации, время начала эвакуации, время существования скоплений.

#### Вывод по главе

Выполненный сравнительный анализ пожарных норм демонстрирует отставание нормативно-правовых актов РФ, регулирующих вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты от уровня технического развития и потребностей строительной отрасли.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Представляется целесообразным рассмотреть на этапе обсуждения проекта СП «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности» возможность включения положений по обеспечению безопасной эвакуации людей при пожарах с помощью лифтов.

С развитием компьютерной техники коренным образом расширились возможности выполнения многочисленных расчетных операций, необходимых для реализации моделей людских потоков различной сложности.

Благодаря интенсивному развитию электронно-вычислительной техники и методологии программного обеспечения, за рубежом стало активно развиваться имитационное моделирование. В области моделирования людских потоков наибольший интерес представляет методология имитационного моделирования сложных систем. Анализируя с этой точки зрения международный опыт современного уровня моделирования движения людей, можно видеть, что достигнут огромный прогресс в компьютерном воспроизведении индивидуального движения человека в достаточно многочисленных людских потоках в различных ситуациях. Это создает возможность рассмотреть все стадии формирования людского потока: от индивидуального движения отдельных людей до их объединения в поток возрастающей плотности (индивидуально-поточное, затем — поточное движение), т. е. имитировать индивидуально-поточное движение. В этом отношении наиболее удачными из известных зарубежных компьютерных моделей являются Pathfinder. В модели Pathfinder реализован более точный алгоритм движения, учитывающий маневрирование людей в потоке (например, ускорение при наличии свободного пространства либо уклонение от столкновений с другими пешеходами).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

### 2.1 Общие технические требования, предъявляемые к эвакуационным лифтам

#### 2.1.1 Требования к конструкциям «эваколифтов»

Идеальным вариантом спасения людей от пожара была бы их эвакуация с помощью лифтов, но расположенных в привычных местах - внутри зданий. Только в этом случае эвакуация людей может быть эффективной - безопасной, массовой, комфортной, а также доступной для людей с ограниченными физическими возможностями: пожилых граждан, инвалидов, детей, беременных женщин.

Для применения лифта при эвакуации граждан в случае пожара необходимо решить несколько проблем [26]:

1. Лифт и шахта лифта должны быть абсолютно не горючи, огнестойки длительное время (не менее 4 часов) и недоступны для попадания пламени и дыма во время нахождения в них людей;
2. Перемещение лифта с эвакуируемыми людьми не должно быть связано с обычными тросовыми подъемными механизмами, легко уязвимыми, недостаточно надежными, зависимыми от энергоснабжения и обычной механической тяги;
3. Падение лифта должно быть исключено во всех случаях;
4. Грузоподъемность лифта должна быть достаточно высока для вмещения минимум около сотни людей, эвакуирующихся одновременно с ближних этажей высотного здания;
5. Лифт должен быть способен во время пожара переместиться вместе с эвакуируемыми людьми вниз на любой этаж даже в условиях полного отсутствия электроснабжения;
6. Пространство в лифтовой шахте, над и под лифтом должно быть недоступно для огня, дыма и огнеустойчиво;

Обычный лифт в данной ситуации не может использоваться из-за своей невысокой грузоподъемности, а также небольшой устойчивости перед

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

влиянием огня и влажности. Вышеуказанным требованиям соответствует, так называемый, «эваколифт», который представляет собой конструктивный аналог «лифтов для пожарных».

При этом «эваколифт»:

-управляется из кабины сопровождающим. При применении эвакуационных лифтов администрация здания должна обеспечить наличие в здании помощников по эвакуации и их готовность к выполнению своих функций;

-устанавливается в шахте (REI 180), в объеме которой размещаются все коммуникации и системы обеспечивающие непрерывность работы этих лифтов и жизнеобеспечение пассажиров;

-помимо основной и резервной линии питания, имеет независимый, автономный источник питания;

-кабина «эваколифта» обеспечивается двусторонней телефонной и радиосвязью;

-перед таким лифтом должна быть организована зона безопасности (тамбур – шлюз) – с пределом огнестойкости конструкций REI 180, с самозакрывающимися дверями в газодымонепроницаемом исполнении и REI 60.

Число «эваколифтов», величины скорости, грузоподъемность и площадь тамбур-шлюза определяют с учетом характерных особенностей зданий. Скорость лифта составляет от 2,5 м /с до 6 м /с (в зависимости от предусмотренного стратегией эвакуации здания нормативного времени эвакуации).

Кабины «эваколифтов» могут быть двухуровневые, позволяющие эвакуировать людей с двух этажей одновременно, что значительно сокращает время эвакуации. Контроль за работой «эваколифтов» и мониторинг осуществляется специальной структурой, отвечающей за проведение спасательных работ при создавшихся экстремальных ситуациях.

Кроме того, в обычных условиях функционирования зданий

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

30

«эваколифт» следует использовать для:

- выполнения хозяйственных функций;
- обслуживания медицинского персонала с носилками;
- транспортирования инвалидов и др.

С целью осуществления комбинированной поэтапной эвакуации в непосредственной близости от «эваколифта», как правило, должен размещаться выход на эвакуационную лестничную клетку.

Двери кабин и шахт «эваколифтов» должны быть автоматическими горизонтально-раздвижными центрального или бокового открывания, включая телескопическое исполнение, и сохранять работоспособность при избыточном давлении в шахте, создаваемом приточной противодымной вентиляцией.

Допускается располагать «эваколифт» в общей шахте с другими лифтами «рисунок 2.1»

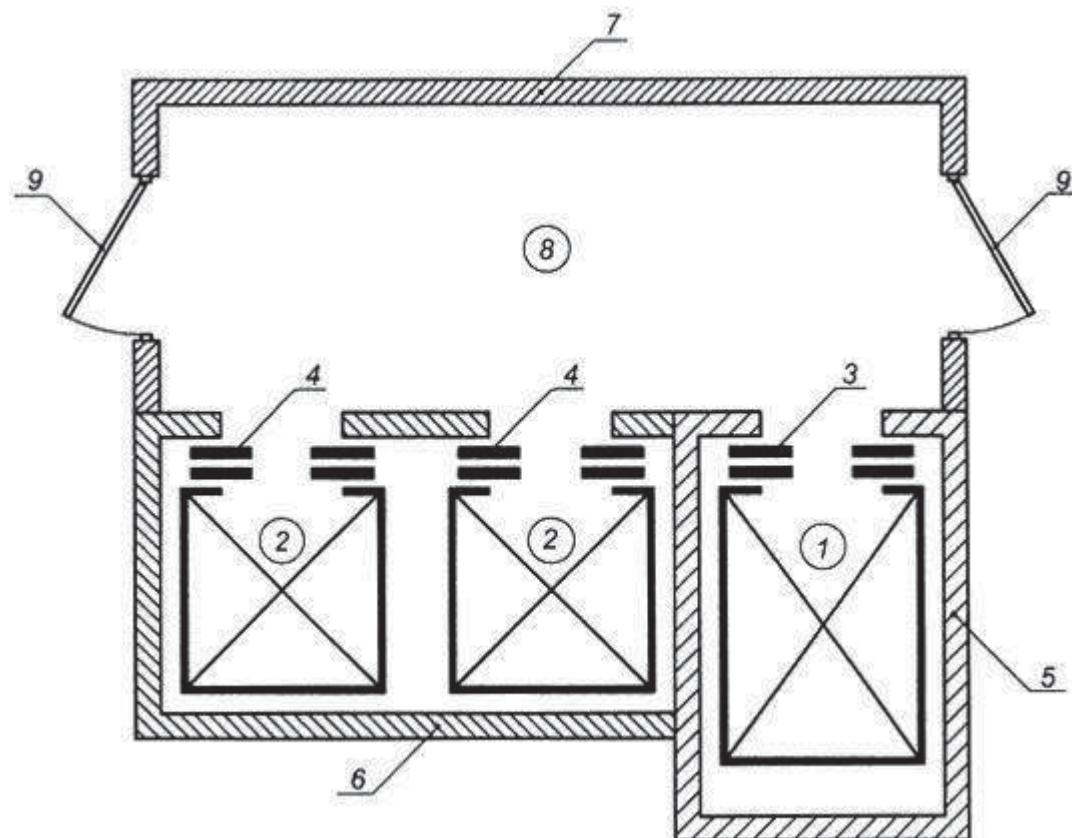


Рисунок 2.1 — Схема размещения эвакуационного лифта в обособленной (выгороженной) шахте с общим лифтовым холлом с другими пассажирскими лифтами

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1 – эвакуационный лифт; 2 - пассажирские лифты; 3 - противопожарная дверь шахты «эваколифта» с пределом огнестойкости EI 60; 4 - противопожарные двери шахты пассажирских лифтов; 5 - ограждающие конструкции шахты «эваколифта» с пределом огнестойкости REI 120; 6 - ограждающие конструкции шахты пассажирских лифтов с пределами огнестойкости, установленными соответствующими нормативными документами; 7 - противопожарные перегородки 1-го типа, ограждающие лифтовый холл; 8 - лифтовый холл (тамбур); 9 - противопожарные двери 2-го типа лифтового холла в дымогазонепроницаемом исполнении

В крыше кабины «эваколифта» должен быть предусмотрен люк в соответствии с [11], отвечающий требованиям ПУБЭЛ.

Ограждающие конструкции купе кабины (стены, пол, потолок и двери кабины) «эваколифтов» следует изготавливать из негорючих материалов или материалов группы горючести Г1 по [13]

В кабине «эваколифта» должно быть установлено сигнальное устройство о перегрузке.

На высоте от 1,8 до 2,5 м от пола на каждой этажной площадке над или около каждой двери шахты эвакуационного лифта должны быть установлены световые сигнальные устройства размером не менее 60x30 мм. Сигнальное устройство должно иметь зеленый фон и использовать черный и белый цвет.

В кабине лифта должно быть табло, информирующее о местоположении кабины лифта и информационное табло. Информационное табло должно размещаться над или на панели управления или на табло местоположения кабины

Аппараты и устройства лифта, расположенные на этажных площадках и дверях шахты лифта (фотоэлементы, сенсорные кнопки и т.п.) должны быть защищены от воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации для того, чтобы обеспечить работу эвакуационного лифта в режиме эвакуации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.1.2 Требования к строительным конструкциям и оборудованию противопожарной защиты

«Эваколифт» должен размещаться в выгороженной шахте. Ограждающие конструкции шахт должны иметь предел огнестойкости не менее 3,0 ч (REI 180). В ограждающих конструкциях шахт допускается выполнять проемы и отверстия для установки дверей, оборудования лифта, а также для систем вентиляции.

Ограждающие конструкции лифтовых холлов (тамбуров) должны быть выполнены из противопожарных перегородок 1-го типа с противопожарными дверями 2-го типа в дымогазонепроницаемом исполнении. Указанные двери должны иметь устройства самозакрывания и уплотнения в притворах с обеспечением сопротивления дымогазопроницанию не менее  $50\ 000\ \text{кг}^{-1}\ \text{м}^{-1}$ .

Каналы для прокладки гидроприводов должны иметь пределы огнестойкости не менее 1,0 ч (REI 60) [23].

Шахты «эваколифтов», а также их лифтовые холлы (тамбуры) в подземных и цокольных этажах зданий должны быть оснащены автономными системами приточной, противодымной вентиляции для создания избыточного давления при пожаре по СП 60.13330.2016. Количество подаваемого воздуха следует определять расчетом при скорости истечения не менее 1,3 м/с через одну открытую дверь лифтового холла или тамбура, для шахты - с учетом одной открытой двери на этаже пожара. Причем, в соответствии с п.7.1. [6] системы приточной противодымной вентиляции должны применяться только в необходимом сочетании с системами вытяжной противодымной вентиляции. Обосновленное применение систем приточной противодымной вентиляции без устройства соответствующих систем вытяжной противодымной вентиляции не допускается. Для подачи воздуха в лифтовые холлы или тамбуры допускается применение систем, обслуживающих лифтовые шахты, при устройстве в проемах их ограждающих конструкций нормально закрытых противопожарных клапанов, пределы огнестойкости которых не меньше

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

пределов огнестойкости ограждающих конструкций шахт.

Для подачи воздуха в лифтовые холлы или тамбуры допускается применение систем, обслуживающих лифтовые шахты при устройстве в проемах их ограждающих конструкций нормально-закрытых противопожарных клапанов с пределами огнестойкости, не меньшими пределов огнестойкости ограждающих конструкций шахт.

В лифтовых холлах или тамбурах «эваколифтов» должны быть установлены пожарные извещатели системы пожарной сигнализации зданий.

При оборудовании зданий водяными установками пожаротушения размещение оросителей перед «эваколифтами» и в холлах (тамбурах) этих лифтов не требуется.

Проникновение воды, используемой для тушения пожара, в шахты и машинные помещения «эваколифтов» следует предотвращать посредством необходимых строительных мероприятий.

#### 2.1.3. Требования к системам управления, сигнализации, связи и энергоснабжения

Эвакуационный лифт должен работать совместно с системой автоматической сигнализации здания. Прерывание соединения системы автоматической сигнализации здания и системы управления лифта не должно прерывать работу лифта в режиме "эвакуация". Автоматическая сигнализация здания должна быть оборудована датчиками на этажах, улавливающими опасные факторы пожара. Система автоматической сигнализации здания должна обеспечивать контроль проникновения дыма или пожара в машинное помещение лифта, лифтовую шахту, лифтовые холлы. При обнаружении дыма или огня в систему управления лифта должен быть направлен сигнал [27].

Система управления должна позволять:

— объединять групповым управлением «эваколифты» между собой, а также с другими пассажирскими лифтами в соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации лифтов;

— подключение к системе диспетчеризации и (или) центральному

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

34

пульту управления системы противопожарной защиты (ЦПУ СПЗ).

Аппараты и устройства, на работу которых оказывает вредное воздействие дым и повышенная температура по сравнению с допускаемой [11] (фотоэлементы, сенсорные кнопки и т.п.), в конструкции «эваколифта» применять не допускается.

Должно быть предусмотрено световое табло в кабине и на основном посадочном этаже, показывающее местоположение кабины и направление ее движения.

Энергоснабжение «эваколифтов» производится как для электроприемников 1 категории.

Электроснабжение систем лифта должно быть обеспечено от отдельной трансформаторной подстанции. С учетом высотности проектируемого комплекса необходимо предусмотреть третий резервный источник электроснабжения от дизельной электростанции. Склад топлива дизельной электростанции должен быть запроектирован в пристройке стилобатной части или отдельном здании;

Эвакуационный лифт должен быть обеспечен системой аварийного энергоснабжения, позволяющей при отключении основного источника энергоснабжения доводить кабину лифта до ближайшего этажа с зоной безопасности. Противопожарная защита резервного источника электроснабжения должна быть не ниже противопожарной защиты лифта.

#### 2.1.4. Методы контроля

Конструкции, оборудование и материалы, применяемые в «эваколифтах», подлежат испытаниям на огнестойкость и пожарную опасность.

Перечень конструкций, оборудования и материалов таких лифтов, для которых необходимо проведение испытаний, включает:

- противопожарные двери шахт;
- противопожарные дымогазонепроницаемые двери лифтовых холлов (тамбуров) и машинных помещений;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

35

- воздуховоды приточной противодымной вентиляции;
- противопожарные клапаны приточной противодымной вентиляции;
- силовые и слаботочные электрокабели систем электропитания и связи пожарных лифтов;
- материалы кабин.

Противопожарные двери шахт лифтов для пожарных подлежат испытаниям на огнестойкость согласно требованиям [12]

Противопожарные дымогазонепроницаемые двери лифтовых холлов (тамбуров) и машинных помещений «эваколифтов» подлежат испытаниям на огнестойкость согласно требованиям [12] и на дымогазопроницаемость согласно требованиям НПБ "Двери и ворота. Метод испытаний на дымогазопроницаемость".

Воздуховоды приточной противопожарной вентиляции подлежат испытаниям на огнестойкость согласно требованиям НПБ 239.

Противопожарные клапаны приточной противодымной вентиляции подлежат испытаниям на огнестойкость согласно требованиям НПБ 241.

Электрокабели систем электропитания и связи лифтов, подводимые к машинным помещениям, подлежат испытаниям на пожарную опасность согласно требованиям стандарта МЭК 331, [16].

Материалы кабин «эваколифтов» подлежат испытаниям на пожарную опасность согласно требованиям [13-15].

«Эваколифты» должны подвергаться техническому освидетельствованию согласно требованиям раздела II ПУБЭЛ.

Системы приточной противодымной вентиляции лифтов подлежат приемосдаточным и периодическим испытаниям согласно требованиям НПБ 240.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.2. Методика исследования

Оценка пожарного риска проводится в целях определения соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности в порядке, установленном Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Оценка пожарного риска проводится путем определения расчетных величин, согласно методике изложенной в [20] на объекте защиты и сопоставления их с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Расчетные величины пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей. Расчет пожарных рисков производится в соответствии с [19] с учетом внесения положений изложенных в стандартах США относительно возможности применения лифтов в качестве эвакуации людей из объекта защиты.

Оценка пожарного риска проводится путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с нормативным значением  $Q_B^H = 10^{-6} \text{ г}^{-1}$ , установленным федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому риску, если выполняется условие (1)

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (1)$$

где  $Q_B$  — расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании анализа пожарной опасности здания, определения частоты реализации пожароопасных ситуаций, построения полей опасных факторов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

37

пожара для различных сценариев его развития, оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития и наличия систем обеспечения пожарной безопасности здания

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека, находящегося в здании. Перечень ОФП установлен статьей 9 Технического регламента и включает: пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженную концентрацию кислорода, а также снижение видимости в дыму. Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара рассчитывается по формуле (2)

$$Q_{\text{в},i} = Q_{\text{п},i} \cdot (1 - K_{\text{ап},i}) \cdot P_{\text{пр},i} \cdot (1 - P_{\text{э},i}) \cdot (1 - K_{\text{пз},i}), \quad (2)$$

где  $Q_{\text{п},i}$  — частота возникновения пожара в здании в течение года;

$K_{\text{ап},i}$  — коэффициент, учитывающий соответствие АУП требованиям нормативных документов;

$P_{\text{пр},i}$  — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения  $P_{\text{пр},i} = t_{\text{функци},i} / 24$ , где  $t_{\text{функци},i}$  — время нахождения людей в здании в часах;

$P_{\text{э},i}$  — вероятность эвакуации людей;

$K_{\text{пз},i}$  — коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$Q_{\text{п},i}$  — определяется на основании статистических данных. При отсутствии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

статистической информации допускается принимать  $Q_{\pi,i} = 4 \cdot 10^{-2}$  для каждого здания.

$K_{ap,i}$  — определяется технической надежностью элементов АУП, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $K_{ap,i} = 0,9$ ;

$P_{pr,i}$  — определяется из соотношения  $P_{pr,i} = t_{\text{функци}}/24$ ;

$K_{пэ,i}$  — определяется по формуле (3)

$$K_{пз,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \cdot K_{СОУЭ,i}) \cdot (1 - K_{обн,i} \cdot K_{ПДЗ,i}), \quad (3)$$

где  $K_{обн,i}$  — коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра  $K_{обн,i}$  определяется технической надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $K_{обн,i} = 0,8$ ;

$K_{СОУЭ,i}$  — коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра  $K_{СОУЭ,i}$  принимается равным технической надежностью элементов системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать  $K_{СОУЭ,i} = 0,8$ .

$K_{ПДЗ,i}$  — коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра  $K_{ПДЗ,i}$  принимается равным  $K_{ПДЗ,i} = 0,8$ , если выполняется условие: здание оборудовано системой противодымной защиты, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$P_e$  — вероятность эвакуации.  $P_e$  рассчитывают по формуле (4)

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \frac{t_{\delta\pi} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\delta\pi} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\delta\pi} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p > 0,8 \cdot t_{\delta\pi} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин,} \end{cases} \quad (4)$$

где  $t_{\text{нэ}}$  — время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{\delta\pi}$  — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{\text{ск}}$  — время существования скоплений людей на участках пути (при условии, что плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5)

$t_p$  — расчетное время эвакуации людей, мин.

Формулировка математической модели и моделирование эвакуации людей из здания при пожаре.

Расчетное время эвакуации людей из здания устанавливается по времени выхода из него последнего человека

Перед началом моделирования процесса эвакуации задается схема эвакуационных путей в здании. Все эвакуационные пути подразделяются на эвакуационные участки длиной  $a$  и шириной  $b$ . Длина и ширина каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршрутам измеряется по длине маршса. Длина пути в дверном проёме принимается равной нулю. Эвакуационные участки могут быть горизонтальные и наклонные.

За габариты человека в плане принимается эллипс с размерами осей 0,5 м (ширина человека в плечах) и 0,25 м (толщина человека). Задаются координаты каждого человека  $x_A$  — расстояние от центра эллипса до конца эвакуационного участка, на котором он находится (рис. 2.2). Если разность

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

координат некоторых людей, находящихся на эвакуационном участке, составляет менее 0,25 м, то принимается, что люди с этими координатами расположены рядом друг с другом — сбоку один от другого (условно: «в ряд»). При этом, исходя из габаритов человека в плане и размеров эвакуационного участка (длина и ширина) для каждого эвакуационного участка определяются: максимально возможное количество человек в одном ряду сбоку друг от друга и максимально возможное количество людей на участке.

Координаты каждого человека  $X_i$  в начальный момент времени задаются в соответствии со схемой расстановки людей в помещениях (рабочие места, места для зрителей, спальные места и т. п.).

Координата каждого человека в момент времени  $t$  определяется по формуле (5)

$$x_i(t) = x_i(t-\Delta t) - V_i(t) \Delta t, \quad (5)$$

где  $x_i(t-\Delta t)$  — координата  $i$ - человека в предыдущий момент времени, м;

$V_i(t)$  — скорость  $i$ - человека в момент времени  $t$ , м/с;

$\Delta t$  — промежуток времени, с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

41

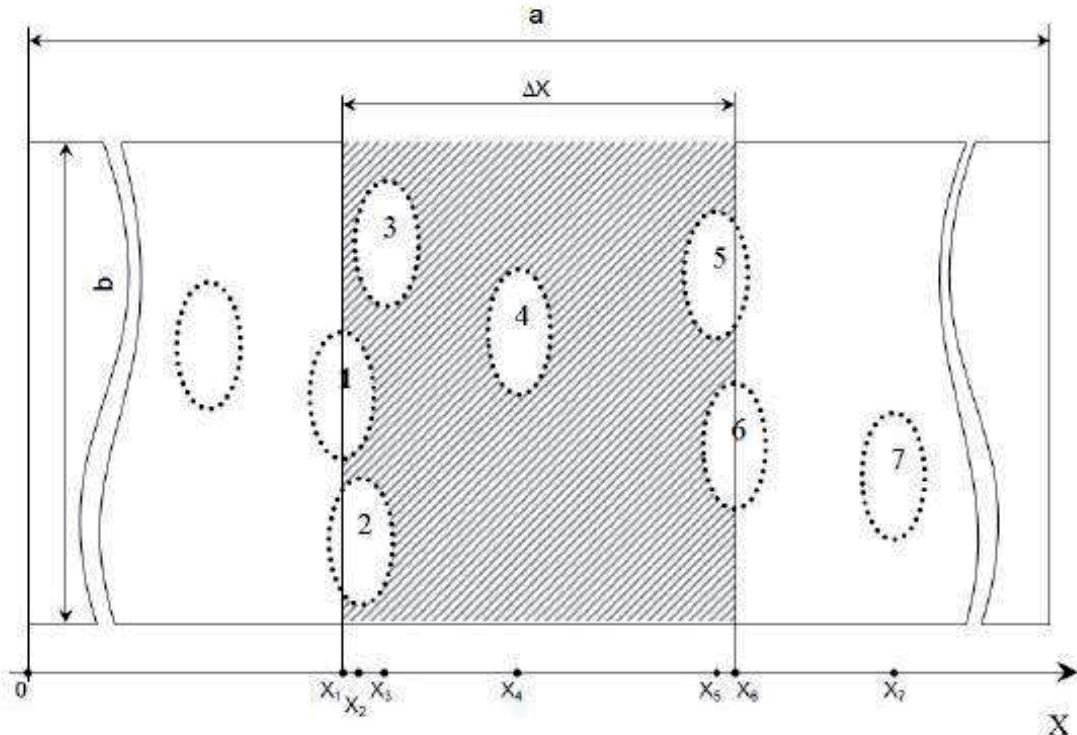


Рисунок 2.2 — Координатная схема размещения людей на путях эвакуации

Скорость  $i$ - человека  $V_i(t)$  в момент времени  $t$  определяется в зависимости от локальной плотности потока, в котором он движется,  $D_i(t)$  и типа эвакуационного участка.

Локальная плотность  $D_i(t)$  вычисляется по группе, состоящей из  $n$  человек, по формуле (6)

$$D_i(t) = (n(t)-l) \cdot f / (b \cdot \Delta x), \quad (6)$$

где  $n$  - количество людей в группе;

$f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$b$  - ширина эвакуационного участка, м;

$\Delta x$  - разность координат последнего и первого человека в группе, м

Если в момент времени  $t$  координата человека  $x_i(t)$ , определенная по формуле (5), станет отрицательной - это означает, что человек достиг границы текущего эвакуационного участка и должен перейти на следующий

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

эвакуационный участок.

В этом случае координата этого человека на следующем эвакуационном участке определяется по формуле (7).

$$x_i(t) = [x_i(t-dt) - V_i(t) dt] + a_j \cdot l_j, \text{ м} \quad (7)$$

где  $x_i(t-dt)$  - координата  $i$ - человека в предыдущий момент времени на  $(j-1)$  эвакуационном участке, м;

$V_i(t)$  - скорость  $i$ - человека на  $(j-1)$  эвакуационном участке в момент времени  $t$ , м/с;

$a_j$  - длина  $j$ - эвакуационного участка, м;

$l_j$  - координата места слияния  $j$  и  $(j-l)$  эвакуационных участков — расстояние от начала  $j$  эвакуационного участка до места слияния его с  $(j-l)$ -евакуационным участком, м

Количество людей, переходящих с одного эвакуационного участка на другой в единицу времени, определяется пропускной способностью выхода с участка  $Q_j(t)$  (формула 8).

$$Q_j(t) = q_j(t) \cdot c_j dt / 60, \text{ чел} \quad (8)$$

где  $q_j(t)$  — интенсивность движения на выходе с  $j$ - эвакуационного участка в момент времени  $t$ , м/мин,

$c_j$  — ширина выхода с  $j$ - эвакуационного участка, м,

$dt$  — промежуток времени, с,

$f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м<sup>2</sup>.

Интенсивность движения на выходе с  $j$ - эвакуационного участка  $q_j(t)$  в момент времени  $t$  определяется в зависимости от плотности людского потока на этом участке  $Dv_j(t)$ .

Плотность людского потока на  $j$  эвакуационном участке  $Dv_j(t)$  в момент времени  $t$  определяется по формуле (9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

43

$$Dv_j(t) = (N_j \cdot f \cdot dt) / a_j \cdot b_j, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (9)$$

где  $N_j$  - число людей на  $j$ -ом эвакуационном участке, чел.,

$f$  — средняя площадь горизонтальной проекции человека,  $\text{м}^2$ ,

$a_j$  — длина  $j$ -го эвакуационного участка, м,

$b_j$  — ширина  $j$ -го эвакуационного участка, м;

$dt$  — промежуток времени, с.

В момент времени  $t$  определяется количество людей  $m$  с отрицательными координатами  $X_i(t)$ , определенными по формуле (5).

Если значение  $m < Q_j(t)$ , то все  $m$  человек переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты определяются в соответствии с формулой (7). Если значение  $m > Q_j(t)$ , то количество человек равное значению  $Q_j(t)$  переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты определяются в соответствии с формулой (7), а количество человек, равное значению ( $m - Q_j(t)$ ), не переходят на следующий эвакуационный участок (остаются на данном эвакуационном участке) и их координатам присваиваются значения  $x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25$ , где  $k$  — номер ряда, в котором будут находиться люди (максимально возможное количество человек в одном ряду сбоку друг от друга для каждого эвакуационного участка определяется перед началом расчетов). Таким образом, возникает скопление людей перед выходом с эвакуационного участка.

На основании заданных начальных условий (начальных координат людей, параметров эвакуационных участков) определяются плотности людских потоков на путях эвакуации и пропускные способности выходов с эвакуационных участков. Далее, в момент времени  $t = t + dt$ , определяется наличие ОФП на путях эвакуации. В зависимости от этого выбирается направление движения человека и вычисляется новая координата каждого человека. После этого снова определяются плотности людских потоков на путях эвакуации и пропускные способности выходов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

### 2.3. Анализ пожарной опасности объекта

Расчет будет производиться на примере высотного здания, с основными характеристиками:

Этажность: 28

Высота этажа: 3 м

Предназначение: жилое

Количество людей на типовом этаже: 48

Наличие систем автоматической пожарной сигнализации, противодымной защиты, автоматического пожаротушения, оборудования системой оповещения людей при пожаре: выполнена по нормам.

#### 2.3.1 Определение необходимого количества эвакуационных лифтов

Согласно методике, представленной в National Institute of Standards and Technology Technical Note влияние количества лифтов на здание выражается формулой (10).

$$t_e = \frac{1+\mu}{J} \cdot T_B , \quad (10)$$

где  $t_e$  – общее время эвакуации людей из здания.

$T_B$  – время, необходимое для эвакуации людей из здания, при условии работы одного «эваколифта». Для данного здания,  $T_B$  – постоянна.

$\mu$  – общая «неэффективность» здания, увеличивающая время эвакуации. (при данной конфигурации здания  $\mu$  – константа).

$J$  – количество «эваколифтов».

Принимая во внимание вышесказанное, делаем вывод, что общее время эвакуации обратно пропорционально количеству «эваколифтов».

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что чем больше будет «эваколифтов», тем эффективнее сработают эвакуационные меры. Однако, проектировщики всегда ограничены в предоставляемых им площадях,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

для проектирования большого количества лифтов. Цель – оптимизировать количество эвакуационных лифтов так, чтобы были обеспечены условия для эвакуации, а занимаемая площадь стремилась к нулю (принцип «идеальной» системы: «самой системы нет, но её функции выполняются»). Кроме того, большое количество лифтов влечет за собой отклонения из-за неэффективности алгоритма управления лифтом («эваколифты» приставают, отправляются на пустые этажи, либо недоиспользуются). Данный фактор говорит о том, что необходимо коррелировать количество лифтов с их характеристиками.

Связь между количеством лифтов и их грузоподъемностью.

Соотношение между количеством лифтов  $J$  и их вместимостью  $C_c$  определяется формулой (11).

$$t_e = K_m C_c + K_b , \quad (11)$$

где  $K_m = \frac{P_{ef}R(t_{in}+t_{out})}{C_s}$

$$K_b = \frac{2P_{ef}[R(t_{dw}-1)]}{C_s}$$

$$P_{ef} = (1 + \mu) P_f = (1 + 1.1) 48 = 138,6$$

$P_f$  – количество человек на этаж

$R$  – количество этажей

$t_{in} = 1,0$  с – время входа в лифт

$t_{out} = 0,6$  с – время выхода из лифта

$$C_s = J \cdot C_c$$

$t_{dw} = 33$  с – время пребывания (минимальное время когда двери открыты)

В качестве лифтовой системы выбраны лифты Schindler (грузоподъемность — от 2500 кг (33 пассажира), скорость движения — от 1 до 3 м/с).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$K_m = \frac{138,6 \cdot 28 (1,0 + 0,6)}{C_{si}}$$

$$K_b = \frac{2 \cdot 138,6 [48 (33 - 1)]}{C_{si}}$$

$$t_e = \frac{11975}{J}$$

Выразим зависимость в графическом исполнении («рисунок 2.3»)

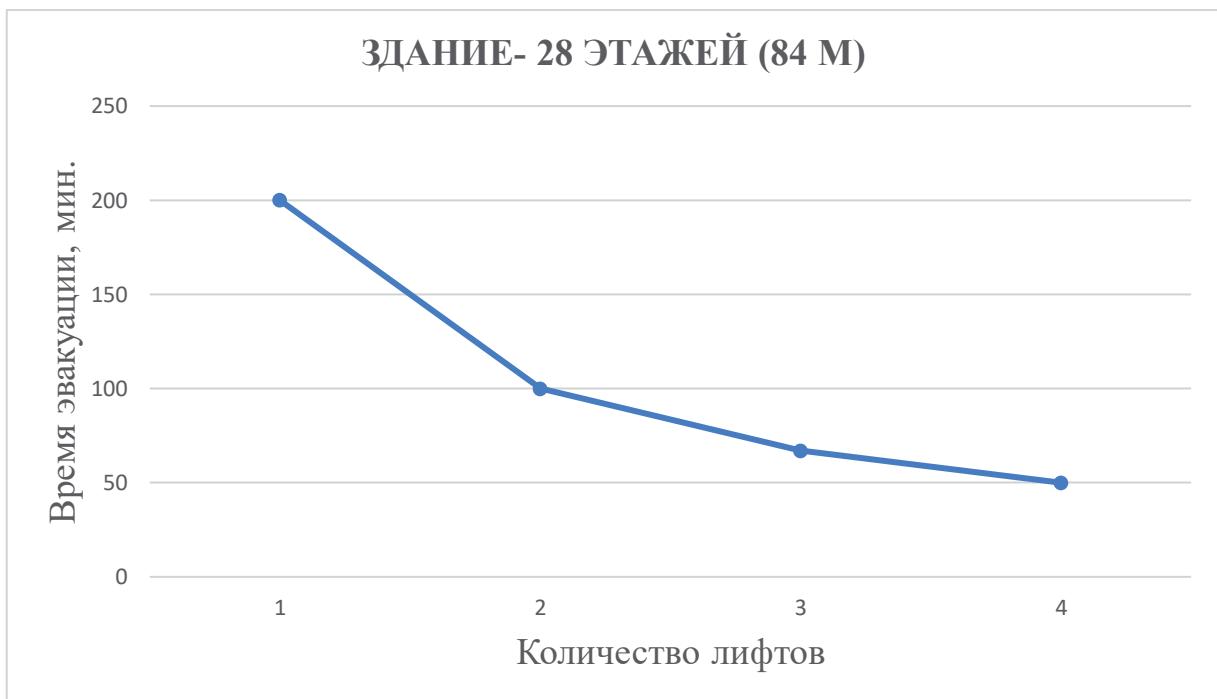


Рисунок 2.3. Влияние количества лифтов на время эвакуации

Поскольку в дальнейшем будет рассмотрена комбинированная система эвакуации (лифт+лестница), и с учетом всех вышеописанных данных принимаем для нашего объекта 2 эвакуационных лифта фирмы Schindler, модель 5000.

### 2.3.2 Компьютерное моделирование

Согласно п. 14 Методики-382 анализ пожарной опасности объекта защиты предусматривает изучение и учет следующих характеристик объекта:

- а) объемно-планировочное решение;
- б) теплофизические характеристики ограждающих конструкций и размещенного оборудования;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- в) вид, количество и размещение горючих веществ и материалов;
- г) количество и места вероятного размещения людей;
- д) системы пожарной сигнализации и пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей.

Для определения расчетных величин пожарного риска в здании решено рассмотреть 3 процесса эвакуации. 1 – эвакуация людей только по лестнице. 2 – эвакуация людей только через лифт. 3 – комбинированная эвакуация людей через лифт и лестницу.

Для определения времени блокирования путей эвакуации была составлена модель здания и поэтажные расчетные схемы эвакуации («рисунки 2.4-2.6, 2.9-2.10» ).

Здание имеет 26 жилых этажей, административный (1 этаж) и технический этаж. Имеется 1 лестничная клетка, соединяющая все этажи и имеющая непосредственный выход наружу. От объемов этажей лестничная клетка ЛК1, отгорожена противопожарной дверью. На первом этаже корпуса имеется еще 2 дополнительных выхода наружу из здания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

48

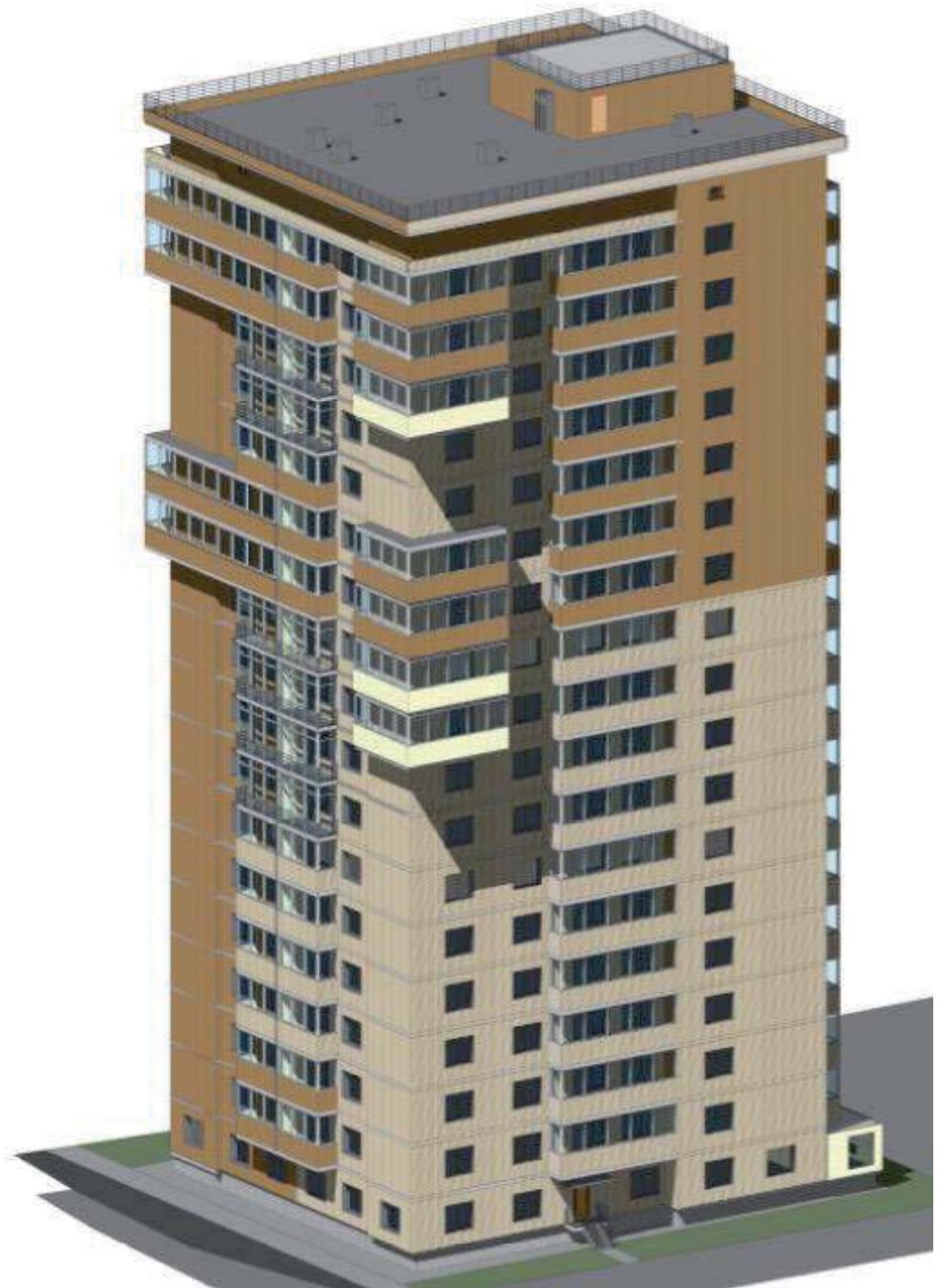


Рисунок 2.4 — Расчетная модель здания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

49

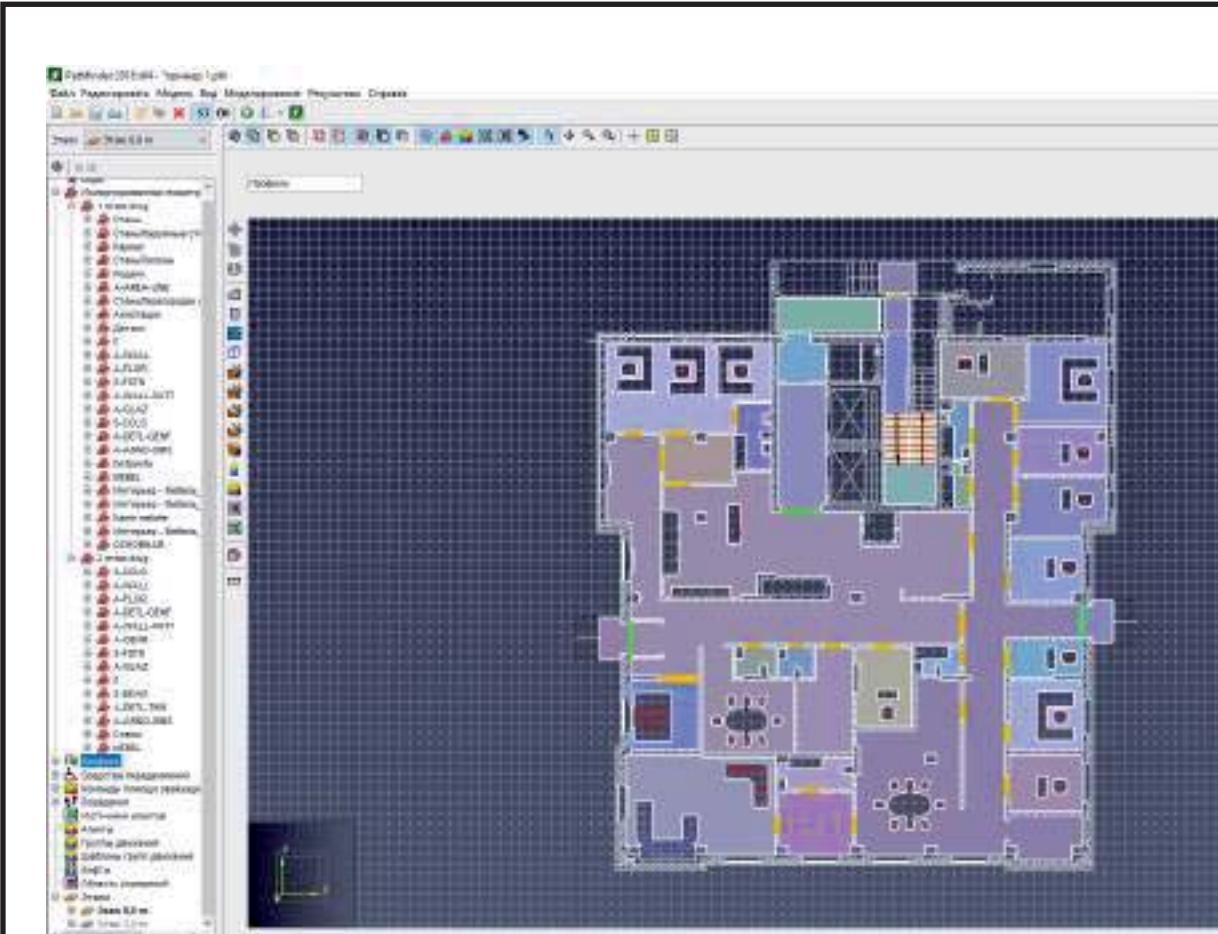


Рисунок 2.5 — Расчетная модель здания в ПК Pathfinder. Этаж 1.

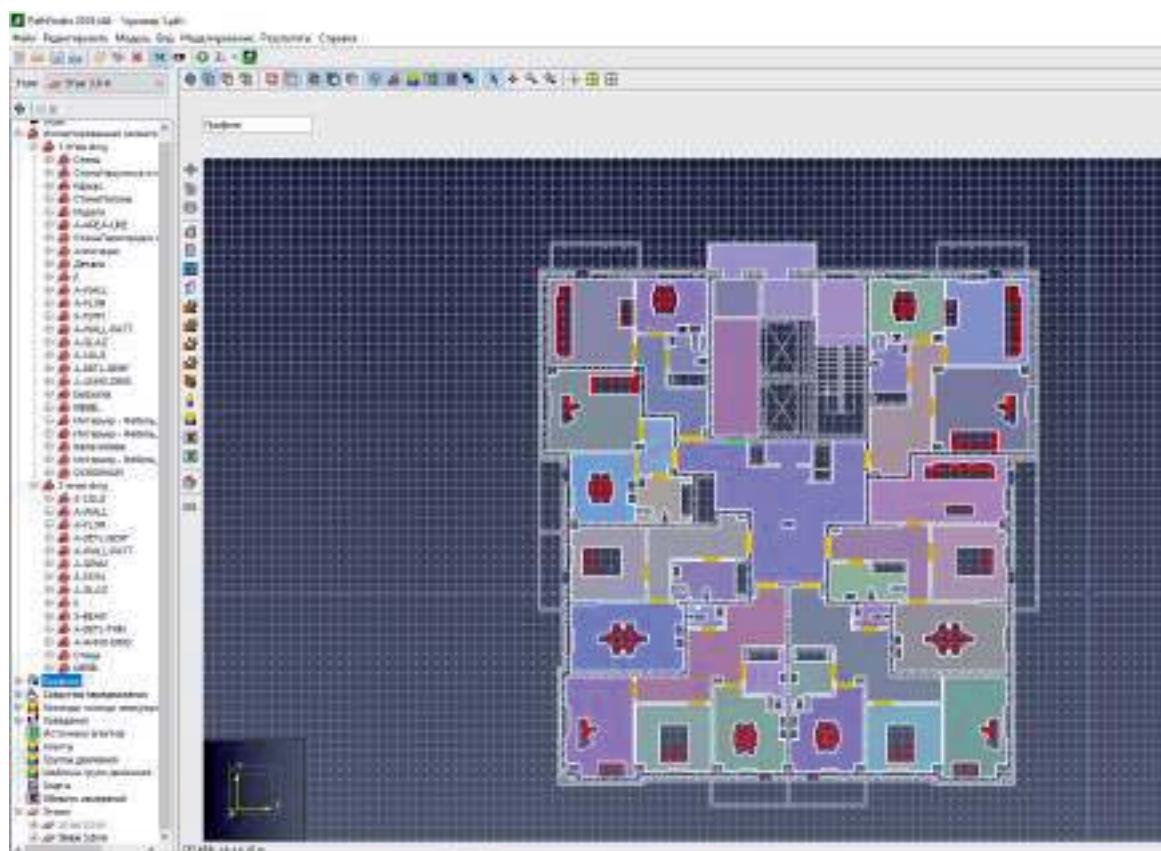


Рисунок 2.6 — Расчетная модель здания в ПК Pathfinder. Типовой этаж.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Задание количества людей. Согласно [5] общественные здания и сооружения, плотность людей в общественных помещениях (в нашем случае это помещения 1 этажа) равна  $3 \text{ м}^2/\text{чел}$ . В типовом этаже плотность людей должна быть не менее  $18 \text{ м}^2/\text{чел}$ . Кроме того, по расчетам не менее 5% людей должны иметь группу мобильности M2. На 1 этаже количество людей, относящихся к группе M2 – 7 человек, на типовых этажах – 3 человека. Расположение людей на 1-м и типовом этажах представлено на «рисунках 2.7 и 2.8» и таблице 2.4.

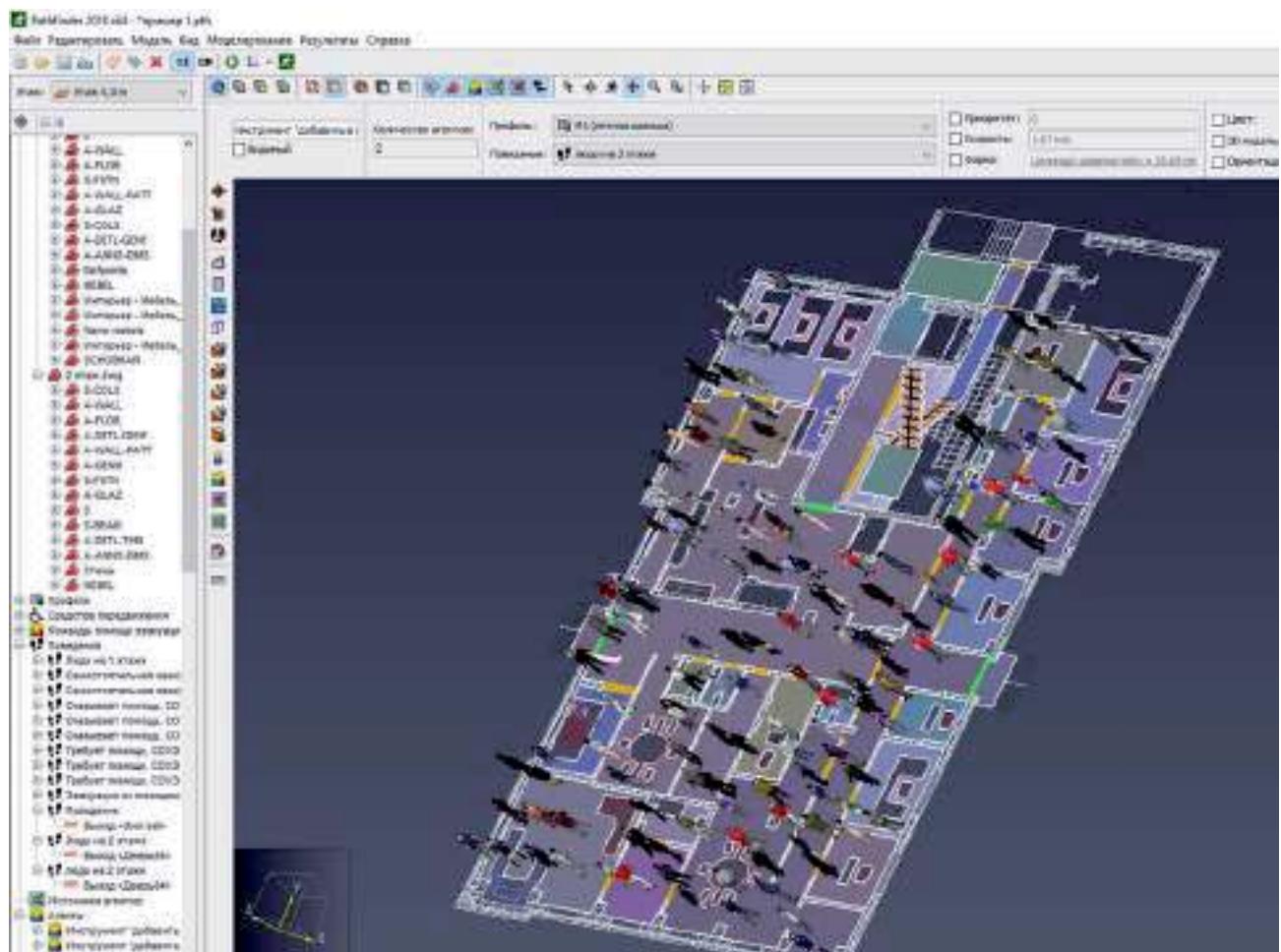


Рисунок 2.7 — Расчетная модель здания в ПК Pathfinder.

Расположение людей. Этаж 1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

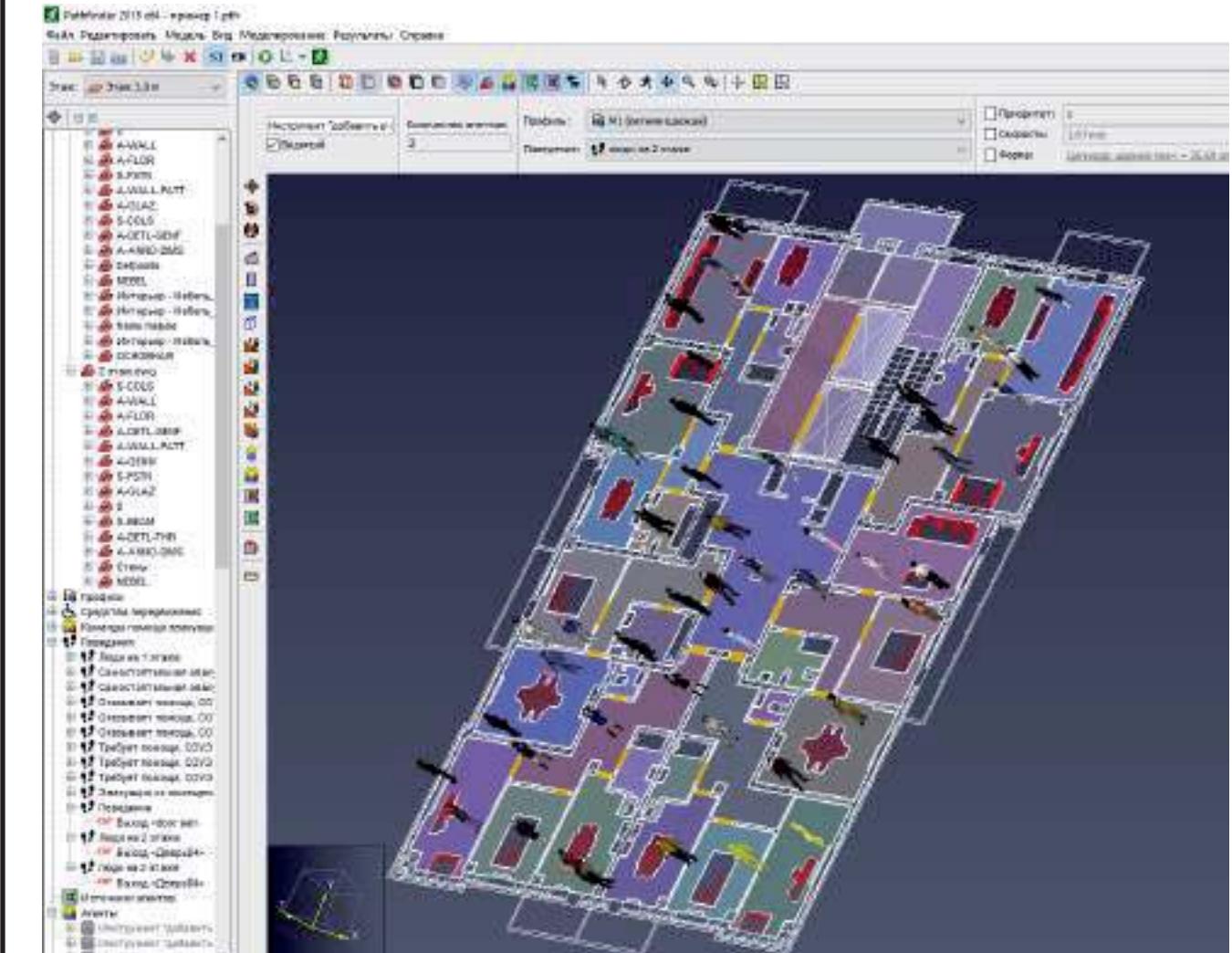


Рисунок 2.8 — Расчетная модель здания в ПК Pathfinder. Расположение людей. Типовой этаж.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

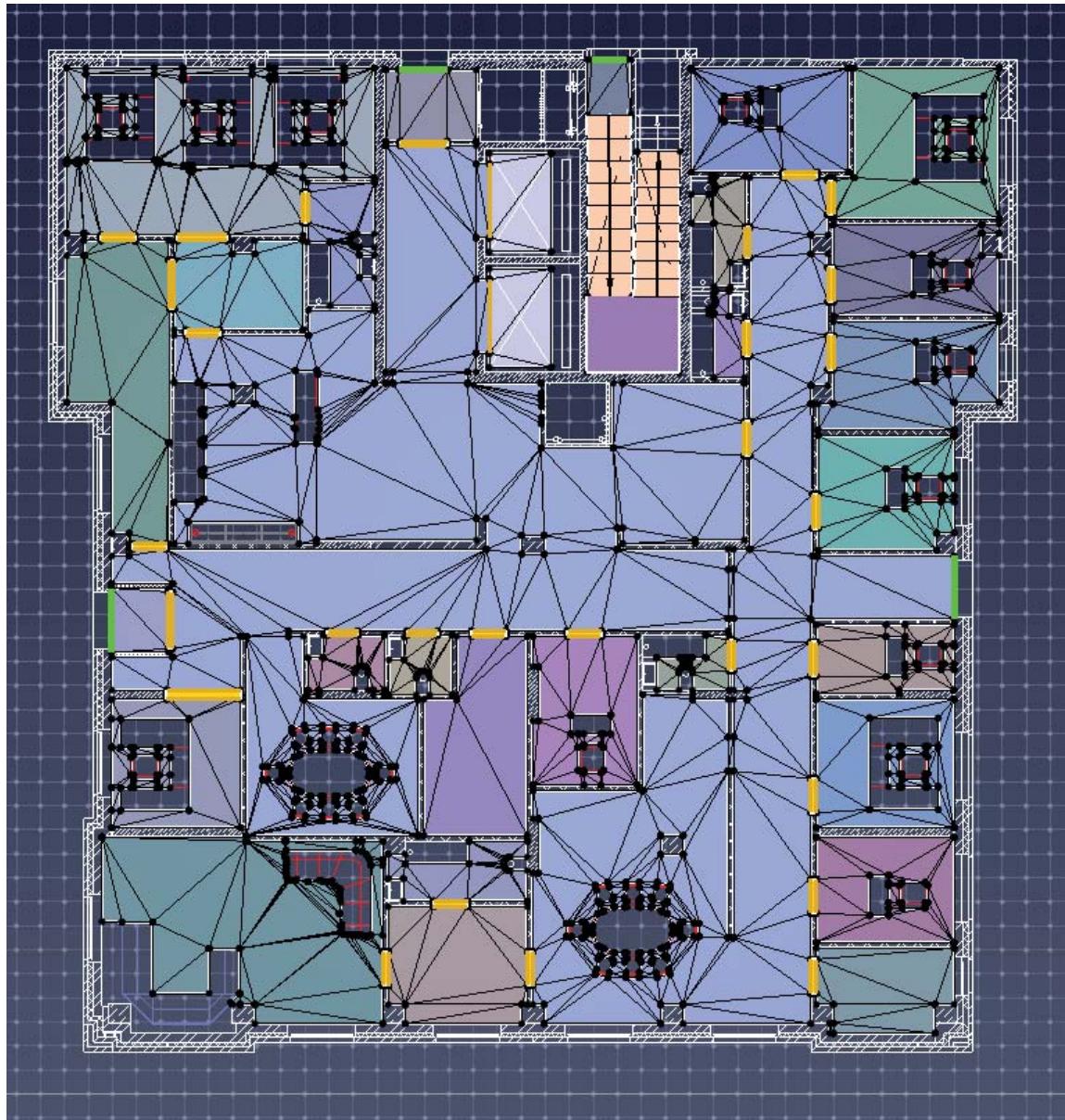


Рисунок 2.9 — Расчетная сетка для моделирования развития пожара, вид 1.

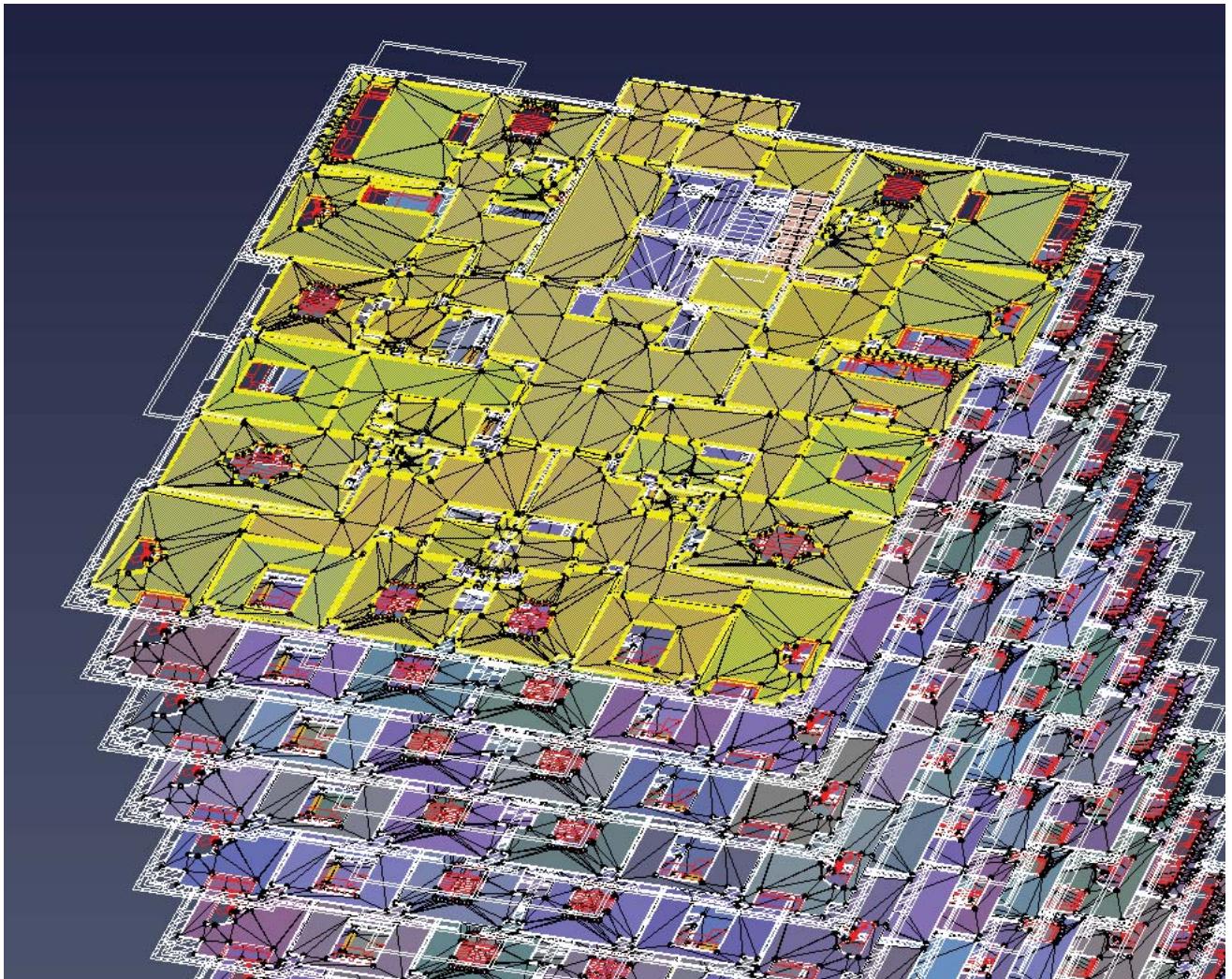


Рисунок 2.10 — Расчетная сетка для моделирования развития пожара, вид 2.

Не малую роль в моделировании процесса эвакуации играет, помимо планировки помещения, еще и расположение грузной мебели. Данная расчетная модель позволяет учитывать расположение мебели и направлять эвакуирующихся к выходам с учетом этой расстановки («рисунок 2.11»).

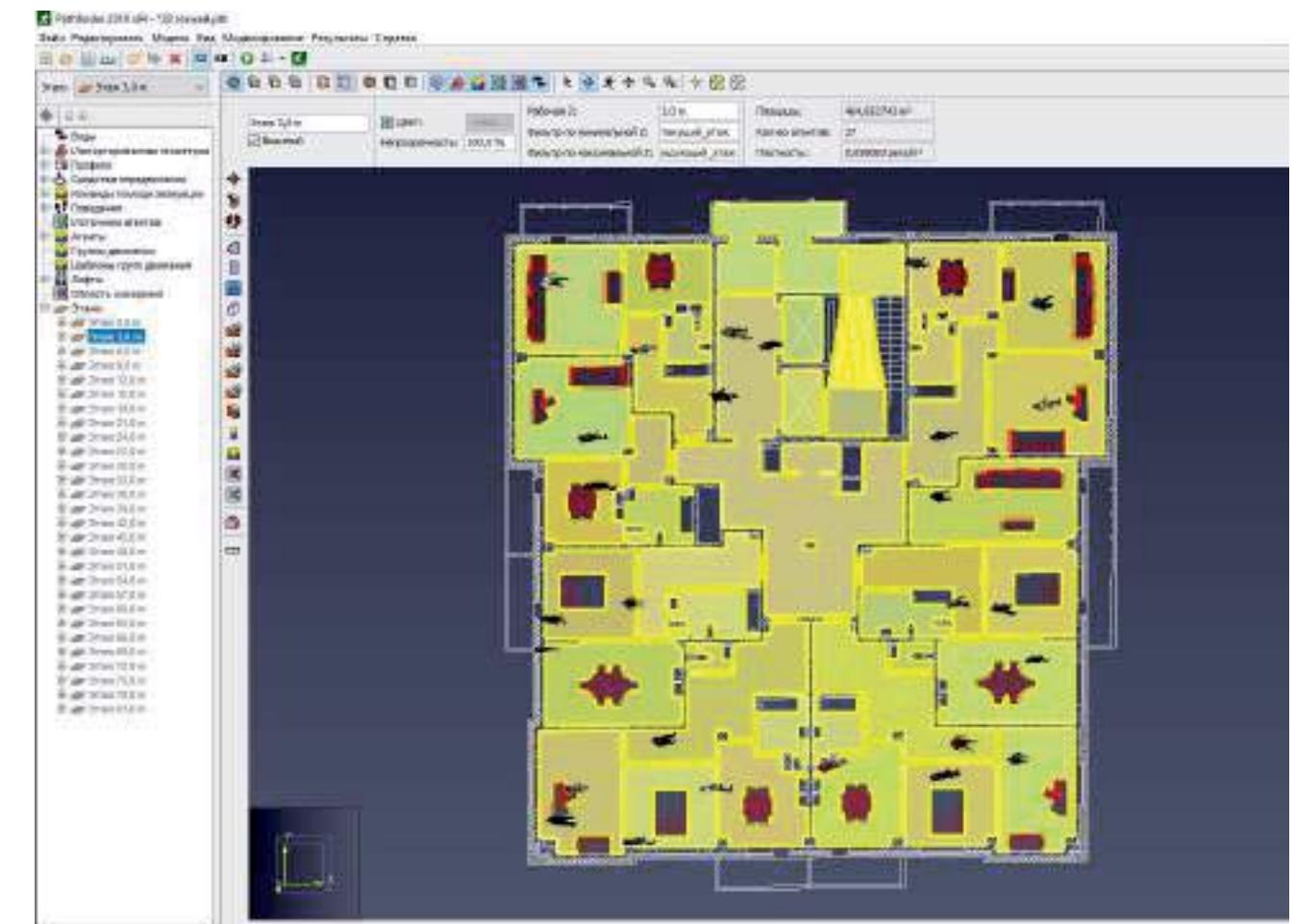


Рисунок 2.11 — Расположение мебели (препятствий) в расчетной модели.

Описание теплофизических и пожарно-технических характеристик объекта защиты представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Пожарно-технические данные объекта защиты

Н.п.	Характеристика	Описание
1.	Класс функциональной пожарной опасности	Ф 1.3
2.	Степень огнестойкости	I
3.	Класс конструктивной пожарной опасности	C1
4.	Фундамент	Железобетонный сборно-монолитный на свайном

		основании
5.	Этажность	28
6.	Ограждающие конструкции	Кладка из глиняного кирпича толщиной 370 мм, утепленная плитами из пенополистирола ПСБ-С25 (ГОСТ 15588), толщиной 120 мм. Штукатурный слой -20 мм. Полная толщина стены составляет 510 мм.
7.	Крыша	Железобетонная
8.	Отделочные материалы на путях эвакуации  (полы, стены/потолки)	Полы – не ниже КМ4,  Стены/потолки - не ниже КМ3
8.	Перекрытие	Железобетонные плиты
9.	Общеобъемная вентиляция	Имеется
10.	Отопление	Центральное водяное
11.	Освещение	Электрическое, проводка скрытая
12.	Доступность для пожарных подразделений	Обеспечена
13	Доступность источников противопожарного водоснабжения	Обеспечена
14.	Наличие проектной (исполнительной) документации на объект	Имеется в наличии
15	Время нахождения людей в здании, часов	24 часа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

56

Вид, количество и размещение горючих веществ и материалов: горючая нагрузка в помещениях соответствует их функциональному назначению.

Системы пожарной сигнализации и пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Обеспечение инженерными системами противопожарной защиты

Н.п.	Характеристика	Описание
1.	Автоматическая пожарная сигнализация	Имеется. Соответствует предъявляемым требованиям
2.	Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре	Имеется. Соответствует предъявляемым требованиям
3.	Противодымная вентиляция	Имеется. Соответствует предъявляемым требованиям
4.	Автоматические установки пожаротушения	Имеется. Соответствует предъявляемым требованиям
5.	Монтаж инженерных систем противопожарной защиты (организация, наличие разрешения на виды работ)	Проведен организациями, имеющими лицензию на соответствующий вид работ
6.	Обслуживание инженерных систем противопожарной защиты (организация, наличие разрешения на виды работ)	Осуществляет организация, имеющая лицензию на соответствующий вид работ

На основании исходных данных в ПК Pathfinder было рассмотрено 3 различных способа эвакуации людей. На «рисунках 2.12-2.15» представлена динамика движения людей из здания, а также скорости людского потока.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

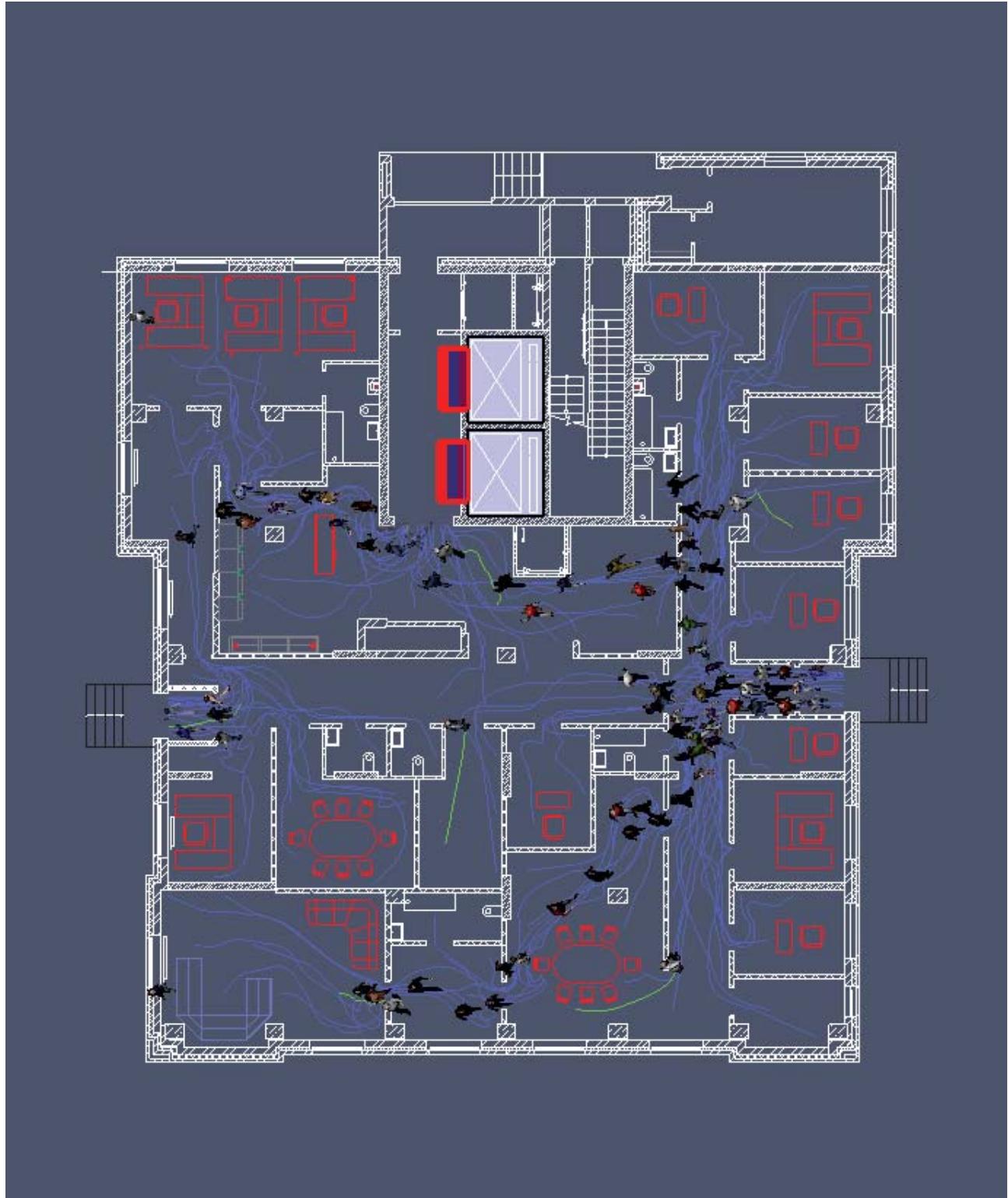


Рисунок 2.12 — Расположение людей и схема их движения через 20 секунд после начатия пожара. Этаж 1.



Рисунок 2.13 — Расположение людей и схема их движения через 50 секунд  
после начатия пожара. Этаж 1.

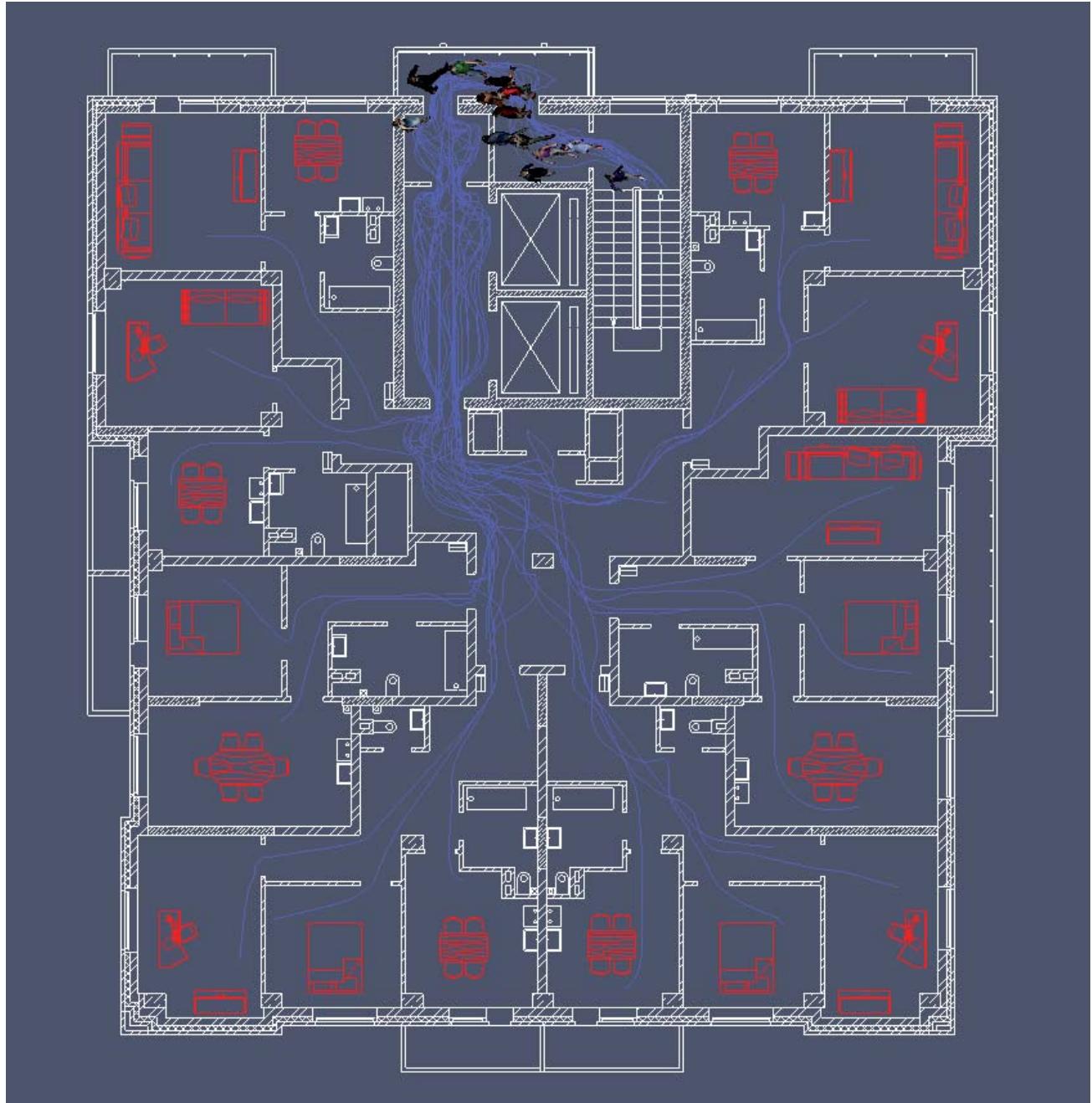


Рисунок 2.14 — Расположение людей и схема их движения через 928 секунд после начала пожара. Этаж 28.

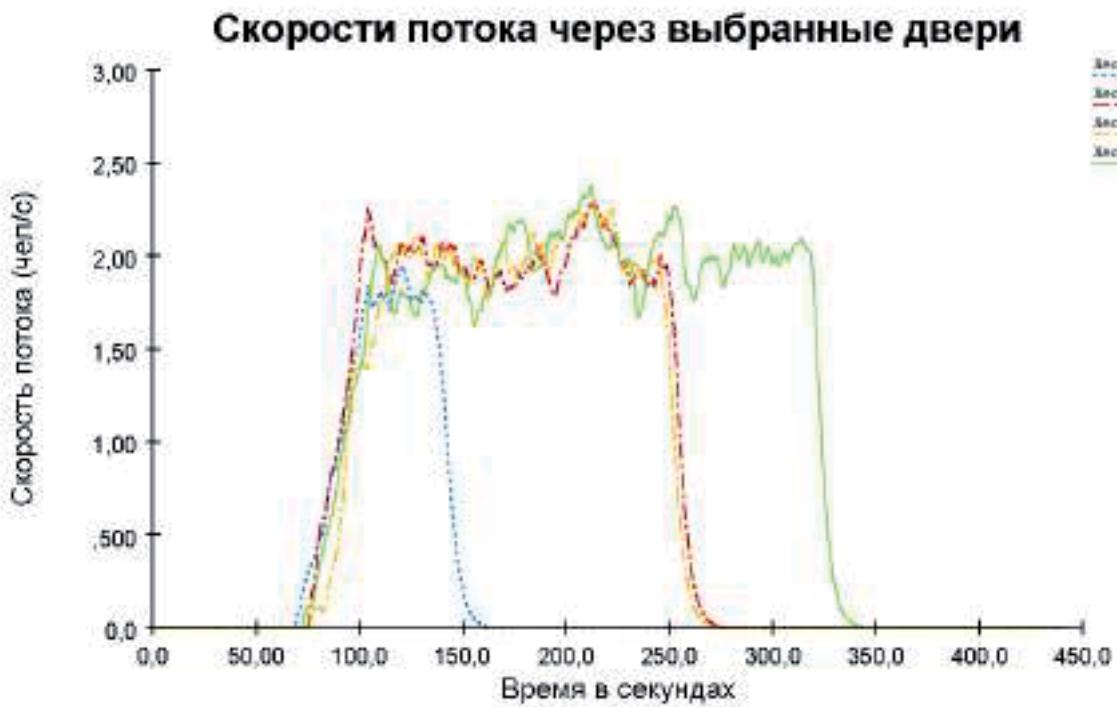


Рисунок 2.15 — Скорости потока через двери 1 этажа.

По результатам анализа общее количество людей, а это 1429 человек полностью эвакуируются из здания используя только лестницы (вариант 1) через 1680 секунд (28 минут). Согласно варианту 2 люди на типовых этажах эвакуируются с помощью лифтов и затрачивают на это время в 2180 секунд (36 минут). При комбинированной эвакуации (вариант 3) время эвакуации составляет 846 секунд (14 минут).

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что расчетное время эвакуации людей из здания наименьшее при комбинированной эвакуации.

Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций.

Частота возникновения пожара в течение года:  $Q_{\text{п}} = 2,6 \times 10^{-2}$  (дома жилые многоквартирные) [19]

### 2.3.3 Построение полей опасных факторов при комбинированной эвакуации для различных сценариев развития пожара

Согласно п.17 [19], для построения полей опасных факторов пожара проводится экспертный выбор сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, состояния проемов);
- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

В соответствии с Приложением 6 к [19] формулируется математическая модель развития пожара и проводится моделирование его динамики развития.

На основании результатов расчетов осуществляется построение полей опасных факторов пожара и определяется значение времени блокирования путей эвакуации ОФП  $t_{бл}$ .

#### Экспертный выбор сценариев пожара

Согласно п. 7 [19] сформулируем сценарии развития пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей (таблица 2.3).

Таблица 2.3 — Геометрические характеристики проемов на путях эвакуации.

ID	Имя проема	Ширина и высота проема, м x м	Противопожарная	Доводчик
9784	Проем_9784	4,90 x 2,70		
9906	Проем_9906	1,00 x 2,70		
9961	Проем_9961	0,70 x 2,70		
9966	Проем_9966	0,70 x 2,70		
9972	Проем_9972	0,90 x 2,70		
10015	Проем_10015	1,30 x 3,20		
10022	Проем_10022	1,00 x 2,70		
10029	Проем_10029	2,00 x 3,20		

10067	Проем_10067	1,30 x 3,20		
10070	Проем_10070	1,40 x 2,70		
10074	Проем_10074	2,53 x 3,20		
10089	Проем_10089	2,40 x 3,20		
10095	Проем_10095	2,50 x 3,20		
10097	Проем_10097	5,10 x 3,20		
10103	Проем_10103	1,00 x 3,20		
10104	Проем_10104	1,00 x 3,20		
9713	Проем_9713	0,70 x 2,00		
9719	Проем_9719	0,70 x 2,00		
9830	Проем_9830	0,70 x 2,00		
9849	Проем_9849	0,70 x 2,00		
9854	Проем_9854	0,70 x 2,00		
9894	Проем_9894	0,70 x 2,00		
9896	Проем_9896	0,70 x 2,00		
9928	Проем_9928	0,70 x 2,00		
9936	Проем_9936	0,70 x 2,00		
9967	Проем_9967	0,70 x 2,00		
9979	Проем_9979	0,70 x 2,00		
9984	Проем_9984	0,70 x 2,70		
9993	Выход_1	0,70 x 2,00		
9994	Проем_9994	0,70 x 2,00		
9995	Проем_9995	0,70 x 2,00		
10002	Проем_10002	0,70 x 2,00		
10025	Проем_10025	0,70 x 2,00		
10030	Выход_2	0,70 x 2,00		
10073	Группа проемов_10073	1,40 x 2,00		
10077	Проем_10077	0,70 x 2,00		
10105	Проем_10105	0,70 x 2,00		
10113	Проем_10113	0,70 x 2,00		
10120	Выход_3	0,70 x 2,00		
10126	Проем_10126	0,70 x 2,00		
10133	Проем_10133	0,70 x 2,00		
10139	Проем_10139	0,70 x 2,00		
10145	Проем_10145	0,70 x 2,00		

Таблица 2.4 — Начальная расстановка людей на этажах в здании

ID	Имя помещения	Количество человек	Время начала эвакуации	Площадь проекции человека, м <sup>2</sup>	Скорость свободного движения, м/с	Геометрические параметры помещения: S, м <sup>2</sup> ; Hmin; Hmax, м	ID проемов в помещении
9710	Помещение 9710	10 (7M2, 3M1)	90 (10)	0,125 (10)	1,66 (9); 0,57 (1)	68,74; 3,20; 3,20	9713
9716	Помещение 9716	10 (10 M1)	90 (10)	0,125 (9); 0,090 (1)	1,66 (9); 0,96 (1)	69,72; 3,20; 3,20	9719
9723	Помещение 9723	20 (20 M1)	90 (20)	0,125 (19); 0,090 (1)	1,66 (18); 0,57 (1); 0,96 (1)	144,83; 3,20; 3,20	10113
9731	Помещение 9731	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	6,14; 3,20; 3,20	9734
9737	Помещение 9737	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	6,34; 3,20; 3,20	9740
9743	Помещение 9743	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	5,94; 3,20; 3,20	9746
9783	Помещение 9783	15 (15 M1)	90 (15)	0,125 (13); 0,090 (2)	0,57 (2); 1,66 (11); 0,96 (2)	320,38; 2,70; 2,70	9894, 10105, 9788, 9854
9821	Помещение 9821	20 (20 M1)	90 (20)	0,090 (1); 0,125 (19)	0,96 (1); 1,66 (18); 0,57 (1)	132,05; 2,70; 2,70	9806, 9812, 9830
9840	Помещение 9840	15 (15 M1)	90 (15)	0,125 (14); 0,090 (1)	1,66 (13); 0,57 (1); 0,96 (1)	97,81; 2,70; 2,70	9849, 9800, 9794
9900	Помещение 9900	3 (3 M1)	90 (3)	0,125 (3)	1,66 (3)	74,13; 2,70; 2,70	9896, 9880, 9881
9958	Помещение 9958	3 (3 M1)	90 (3)	0,125 (3)	1,66 (3)	10,40; 2,70; 2,70	
9964	Помещение 9964	3 (3 M1)	90 (3)	0,125 (3)	1,66 (3)	20,70; 2,70; 2,70	
9970	Помещение 9970	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	4,73; 2,70; 2,70	
9982	Помещение 9982	3 (3 M1)	90 (3)	0,125 (3)	1,66 (3)	21,16; 2,70; 2,70	9984
10032	Помещение 10032	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	33,02; 3,20; 3,20	10035
10047	Помещение 10047	2 (2 M1)	90 (2)	0,125 (2)	1,66 (2)	3,63; 3,20; 3,20	10050

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

64

10053	Помещение _10053 (очаг)	11 (11 M1)	9 (11)	0,125 (11)	1,66 (11)	11,81; 3,20; 3,20	10056
10115	Помещение _10115	15 (15 M1)	90 (15)	0,125 (15)	1,66 (15)	471,56; 3,20; 3,20	10035, 10041, 10044, 10050, 9734, 9740, 10056, 9746, 10071,
Всего на этаже				140			
Всего в здании				1429			

### Сценарий 1: Перечень исходных данных

Начальные данные и граничные условия представлены в таблице 2.5

Таблица 2.5 — Данные по сценарию пожара

Помещение50	<input checked="" type="checkbox"/> Цвет:	Границы X: 25,13 м, 28,80 п	Площадь: 7,603 м <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Видимый	Непрозрачность: 100,0 %	Границы Y: 1,62 м, 3,89 м	Кол-во агентов: 3
		Границы Z: 0,00 м, 0,00 м	Плотность: 0,394581 pers/m <sup>2</sup>

Температура воздуха внутри здания в начальный момент времени-  
27°C

По умолчанию, все внутренние проемы в течение расчета считаются открытыми.

По умолчанию на всех стенах приняты адиабатные условия.

**ОФП.** Описание и обоснование исходных данных, принятых в сценарии 1 для моделирования развития пожара, представлены в таблице 2.6

Таблица 2.6 — Данные по 1-му сценарию пожара

№ п/п	Характеристика	Значение	Обоснование
1.	Место возгорания	Офисное помещение административног о этажа (1 этаж)  Рис. 2.12	Помещение имеет непосредственный выход в зал переговоров, где может находиться до 15 человек одновременно, всего на 1 этаже возможно

			пребывание до 140 человек
2.	Площадь пожарной нагрузки	10.65 м <sup>2</sup>	Соответствует площади помещения
3.	Площадная плотность	10 кг/м <sup>2</sup>	Обеспечивает горение в течение всего времени моделирования
4.	Характеристики пожарной нагрузки	Административные помещения Табл. 2.5	Пособие по применению «Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», ВНИИПО, 2014 [1]
5.	Учет АУПТ	Понижение скорости выгорания в 2 раза	Согласно Методике 382
6.	Расчетная область	Помещение с очагом пожара, помещения 1 этажа Рис. 2.12, Рис. 2.9, Рис. 2.10	Расчетной областью выбраны объемы первого этажа. Имеется три выхода наружу непосредственно с этажа.
7.	Геометрические размеры объемов (помещений), вошедших в расчетную область	Табл. 2.3, Табл. 2.4	В соответствии с поэтажными планами и вертикальными разрезами
8.	Связь с внешней средой (открытые проемы)	Через выходы наружу №1 и №2 и №3	Приняты проемы, через которые люди выходят наружу из

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

66

		Табл. 2.5	здания. Обеспечивается постановка задачи о несжимаемой жидкости согласно Приложению 6 Методики-382
9.	Условия на проемы внутри расчетной области	Все проемы открыты Табл. 2.5	Условие обеспечивает связность области и максимальное распространение ОФП по объему расчетной области
10.	Условия на ограждающие конструкции	Адиабатные Табл. 2.5	Отсутствие расхода тепла на прогрев ограждающих конструкций способствует более скорому нагреванию газовоздушной среды и более высоким скоростям тепломассопереноса, и более скорому блокированию путей эвакуации, что соответствует требованиям Методики-382, п.7, в части обеспечения наихудших условий в части обеспечения безопасности людей.
11.	Начальная температура внутри расчетной области (здания)	+27°C Табл. 2.5	Соответствует температуре внешней среды. Температура воздуха, °C, обеспеченностью 0,98

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

12.	Температура внешней среды	+27°C Табл. 2.5	Соответствует максимальной температуре в летний период времени в Челябинске. (Температура воздуха, °C, обеспеченностью 0,98)
13.	Разрушение оконных проемов	Не учитывается	Разрушение оконного проема в помещении с очагом пожара способствует выветриванию продуктов горения и увеличению времени блокирования путей эвакуации
14.	Противодымная вентиляция	Не учитывается	Исследуется ситуация развития пожара в более жестких условиях

**Эвакуация.** Описание исходных данных, принятых в Сценарии 1 для моделирования эвакуации представлены в таблице 2.7

Таблица 2.7 — Данные по 1-му сценарию эвакуации

Н.п.	Характеристика	Значение	Обоснование
1.	Расчетная область	Все помещения 1 этажа Рис. 2.12	Включены все помещения, где принято расположение людей в начальный момент времени, все пути эвакуации до выхода наружу из здания
2.	Выходы наружу из здания	Выходы №1, №2, №3 Рис. 2.12, Табл.	Согласно стратегии наиболее скорого покидания

		2.3	помещений этажа с учетом расположения очага пожара, согласно п.2 Приложения 5 Методики-382
3.	Всего людей в расчетной области (с распределением по степени мобильности)	140 (из них: количество людей, относящихся к группе мобильности M2 – 7 человек) Табл. 2.4	Количество людей принято согласно плотности в жилых помещениях, с учетом возможного пребывания детей и пожилых людей, имеющих меньшую скорость самостоятельного перемещения, чем преобладающая часть посетителей
4.	Начальное расположение людей	Табл. 2.4, Рис.2.7-2.8	Случайное расположение людей
5.	Индивидуальные характеристики	Табл. 2.4	Согласно данных из п. 4 Приложения 5 Методики-382
6.	Время начала эвакуации	помещение с очагом пожара – 9 с, для остальных – 90 с	Согласно п.1 Приложения 5 Методики-382
7.	Направление движения внутри расчетной области (схема эвакуации)	К ближайшему выходу, удаляясь от очага пожара Рис. 2.12	Согласно п.2 Приложения 5 Методики-382

## Сценарий 2: Перечень исходных данных

**ОФП.** Описание исходных данных, принятых в сценарии 2 для моделирования развития пожара представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.8 — Данные по 2-му сценарию пожара

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Н.п.	Характеристика	Значение	Обоснование
1.	Место возгорания	Жилая квартира на 14 этаже Рис. 2.14	Жилая квартира является вероятным местом возникновения пожара. С жилого этажа имеется единственный выход через лестничную клетку. Коридор имеет высоту не более 2,6 м.  Планировки этажей 2-27 совпадают
2.	Площадь пожарной нагрузки	27.4 м <sup>2</sup>	Соответствует площади помещения
3.	Площадная плотность	10 кг/м <sup>2</sup>	Обеспечивает горение в течение всего времени моделирования
4.	Характеристики пожарной нагрузки	Жилые помещения Табл. 2.5	Пособие по применению «Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», ВНИИПО, 2014 [1]
5	Учет АУПТ	Понижение скорости выгорания в 2 раза	Согласно Методике-382
6.	Расчетная область	Помещение с очагом пожара, 14 этаж Рис. 2.9, Рис.2.10, Табл. 2.4	Расчетная область ограничена помещениями только этажа пожара, поскольку, холл 14 этажа, отделен от лестничной клетки противопожарной дверью. Считаем, что распространение ОФП в объем лестничной клетки не происходит или минимизирован, и ОФП в объеме

			лестничной клетки не достигают предельно допустимых значений
7.	Геометрические размеры объемов (помещений), вошедших в расчетную область	Табл. 2.3, Табл. 2.4	В соответствии с поэтажными планами и вертикальными разрезами
8.	Связь с внешней средой (открытые проемы)	Через выход на лестничную клетку  Рис. 2.10, Табл. 2.5	Принят проем, через который люди выходят в объем лестничной клетки. Обеспечивается постановка задачи о несжимаемой жидкости согласно Приложению 6 Методики-382
9.	Условия на проемы внутри расчетной области	Все проемы открыты  Табл. 2.5	Условие обеспечивает связность области и максимальное распространение ОФП по объему расчетной области
10.	Условия на ограждающие конструкции	Адиабатные  Табл. 2.5	Отсутствие расхода тепла на прогрев ограждающих конструкций способствует более скорому нагреванию газодымовоздушной среды и более высоким скоростям тепломассопереноса, и более скорому блокированию путей эвакуации, что соответствует требованиям Методики-382, п.7, в части обеспечения наихудших условий в части обеспечения безопасности людей
11.	Начальная температура внутри расчетной	+27°C  Табл. 2.5	Соответствует температуре внешней среды

	области (здания)		
12.	Температура внешней среды	+27 <sup>0</sup> C Табл. 2.5	Соответствует максимальной температуре в летний период времени в Челябинске
13.	Разрушение оконных проемов	Не учитывается	Разрушение оконного проема в помещении с очагом пожара способствует выветриванию продуктов горения и увеличению времени блокирования путей эвакуации
14.	Противодымная вентиляция	Учитывается: время включения 30 с, расход 9.76 кг/с  Табл. 2.5	Шахта дымоудаления расположена в коридоре напротив лестничной клетки

**Эвакуация.** Описание исходных данных, принятых в сценарии 2 для моделирования эвакуации представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 — Данные по 2-му сценарию эвакуации.

Н.п.	Характеристика	Значение	Обоснование
1.	Расчетная область	1-28 этажи, включая все помещения, где принято расположение людей в начальный момент времени, лестничная-лифтовая клетка  Рис. 2.5	Включены все помещения, где принято расположение людей в начальный момент времени, все пути эвакуации до выхода на лестничную клетку и далее с лестничной клетки наружу из здания
2.	Выходы наружу из здания	Выходы наружу №5	Согласно стратегии наиболее скорого покидания здания с учетом

		Рис. 2.5	расположения очага пожара, согласно п.2 Приложения 5 Методики-382
3.	Всего людей в расчетной области	48 (из них: количество людей, относящихся к группе мобильности M2 – 3 человека)  Табл. 2.4	Количество людей принято согласно плотности в жилых помещениях, с учетом возможного пребывания детей и пожилых людей, имеющих меньшую скорость самостоятельного перемещения, чем преобладающая часть посетителей
4.	Начальное расположение людей	Рис. 2.7-2.8	Случайное расположение людей
5.	Индивидуальные характеристики		Согласно данных из п. 4 Приложения 5 Методики-382
6.	Время начала эвакуации	помещение с очагом пожара – 9 с, для остальных – 90 с	Согласно п.1 Приложения 5 Методики-382
7.	Направление движения внутри расчетной области (схема эвакуации)	На этажах 2-28 к выходу на лестничную клетку и лифтовой холл, далее наружу из здания через выход 5  Рис. 2.14	

Построение полей опасных факторов пожара и определение времени блокирования ОФП путей эвакуации.

Согласно разделу I Приложения 6 [19], критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим

фактором предельно допустимого значения в контрольных точках на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70 °C;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- по потере видимости – 20 м (для случая, когда оба горизонтальных линейных размера меньше 20 м, предельно допустимое расстояние по потере видимости следует принимать равным наибольшему горизонтальному линейному размеру);
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO<sub>2</sub> – 0,11 кг/м<sup>3</sup>; CO – 1,16·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>; HCL – 23·10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup>).

### 2.3.4 Сопоставление результатов расчетов развития пожара и эвакуации и определение вероятности эвакуации для выбранных сценариев

Проводился совместный анализ динамики полей ОФП на путях эвакуации и состояния эвакуации. Под полями ОФП понимаются плоские срезы на высоте 1,7 м от пола, отображающие динамику каждого отдельного ОФП в плоскости на заданной высоте. Результаты расчетов сопоставляются в контрольных точках. В программе «Pathfinder» контрольными точками являются все проемы, через которые проходят люди в процессе эвакуации из здания, выходы из всех помещений, в которых в начальный момент располагались люди.

Автоматический анализ, реализованный в «Pathfinder» учитывает положения части I Приложения 6 [19]. Для помещений с несколькими выходами и с соизмеримыми горизонтальными размерами критическое время

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

определяется как максимальное из критических времен для эвакуационных выходов из данного помещения (время блокирования последнего выхода).

Вероятность эвакуации ( $P_3$ ) людей в каждой контрольной точке.

В программе «Pathfinder» определение и сопоставление соответствующих величин в каждой контрольной точке производится автоматически с учетом указанных выше замечаний. Сопоставление результатов расчетов эвакуации и распространения ОФП происходит на всем пути следования людей от начального расположения до выхода наружу или в безопасную зону.

Отчет о результатах расчета и определении вероятности эвакуации из контрольных элементов здания и здания в целом выражен в табличном виде. (таблица 2.10).

Таблица 2.10 — Отчет о результатах расчета

Номер элемента здания	Имя элемента здания	Количество человек в начальный момент времени	Время начала эвакуации с участка ( $t_{i\text{нэ}}$ ), сек	Длительность эвакуации ( $t_{i\text{рэв}}$ ), сек	Время окончания эвакуации ( $t_{i\text{бл}} + t_{i\text{нэ}}$ ), сек	Время блокирования ( $t_{i\text{бл}}$ ) / Время окончания расчета ОФП, сек	Блокирующий ОФП	$P_{i3}$ , если $t_{i\text{рэв}} + t_{i\text{нэ}} \leq 0.8 * t_{i\text{бл}}$
9982	Помещение 9982	3	90	31.5	151.5	495		0.999
9970	Помещение 9970	2	90	1.75	121.75	495		0.999
9964	Помещение 9964	3	90	3.75	123.75	495		0.999
9958	Помещение 9958	3	90	3	123	495		0.999
9743	Помещение 9743	2	90	1.75	121.75	255	Температура(° С)	0.999
10053	Помещение 10053	1	9	2	7	110	Потеря видимости (1 кр=4)	0.999
9737	Помещение 9737	2	90	2	122	315	Температура(° С)	0.999
9731	Помещение 9731	2	90	1.75	121.75	360	Температура(° С)	0.999
10047	Помещение	2	90	1.5	121.5	435	Температура(° С)	0.999

	10047							
10032	Помещение 10032	2	90	7.5	127.5	425	Температура(° C)	0.999
9710	Помещение 9710	10	90	12.25	132.25	430	Температура(° C)	0.999
9716	Помещение 9716	10	90	8.25	128.25	460	Температура(° C)	0.999
9723	Помещение 9723	20	90	22.25	142.25	485	Температура(° C)	0.999
9900	Помещение 9900	3	90	4.5	124.5	495		0.999
9783	Помещение 9783	15	90	36.75	156.75	495		0.999
9840	Помещение 9840	15	90	30.25	150.25	495		0.999
9821	Помещение 9821	20	90	29.25	149.25	495		0.999
10115	Помещение 10115	35	90	28.25	148.25	435	Потеря видимости	0.999
9854	Проем 9854		90	27.5	156.75	495		0.999
10029	Проем 10029		90	60.75	193.5	495		0.999
10070	Проем 10070		24.75	124.25	149	470	Потеря видимости	0.999
10073	Группа проемов 10073		24	124.25	148.25	435	Потеря видимости	0.999
10103	Проем 10103		126.25	32.25	158.5	495		0.999
9713	Проем 9713		123.75	8.5	132.25	430	Температура(° C)	0.999
9719	Проем 9719		120.75	7.5	128.25	460	Температура(° C)	0.999
9734	Проем 9734		120.75	1	121.75	360	Температура(° C)	0.999
9740	Проем 9740		120.75	1.25	122	315	Температура(° C)	0.999
9746	Проем 9746		120.75	1	121.75	255	Температура(° C)	0.999
9830	Проем 9830		123.5	25.75	149.25	495		0.999
9849	Проем 9849		128	22.25	150.25	495		0.999
9894	Проем 9894		128.5		128.5	495		0.999
9896	Проем 9896		123.25	1.25	124.5	495		0.999
9961	Проем 9961		123		123	495		0.999
9967	Проем 9967		122.5		122.5	495		0.999
9972	Проем 9972		120.75	1	121.75	495		0.999
9993	Выход 1		29.5	171.5	201	495		0.999
9994	Проем 9994		29	170	199	495		0.999
10030	Выход 2		134.5	64.75	199.25	495		0.999
10035	Проем_10035		126	1.5	127.5	425	Температура(° C)	0.999
10050	Выход 3		120.75	0.75	121.5	435		0.999
10056	Проем 10056		7		7	110	Потеря видимости (1 кр=20	0.999
10113	Проем 10113		121.25	21	142.25	485	Температура(° C)	0.999

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

76

## **Сценарий 1**

Результаты анализа расчетов распространения ОФП и эвакуации представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 — Анализ результатов расчета по 1-му сценарию.

<b>Н.п.</b>	<b>Описание результатов моделирования сценария 1</b>
1.	<b>Описание особенностей развития пожара</b> <p>В сценарии 1 первым происходит блокирование путей эвакуации по условию ограниченной видимости (или оптической плотности дыма).</p> <p>К моменту начала эвакуации дым поступает в зал переговоров, так как дверь из помещения с очагом пожара открыта. Первым блокируется выход из помещения с очагом пожара, но эвакуация из этого помещения к этому моменту завершена.</p> <p>Большой объём зала переговоров и примыкающего к нему через свободный проем коридора 1 этажа позволяет людям безопасно эвакуироваться. Даже к концу эвакуации блокирования по дальности видимости на высоте 1.7 метра от пола не происходит. Отдельные участки путей эвакуации блокируются по температуре, но это происходит существенно позднее окончания эвакуации.</p>
2.	<b>Описание эвакуации</b> <p>Схема эвакуации, реализованная в данном сценарии, соответствует принципу движения к ближайшему выходу из здания (Рис. 2.12). В силу планировочного и функционального назначения помещений реализуется примерно равная нагрузка на все три выхода из 1 этажа.</p>

	Время эвакуации – 846 с (с учетом максимального значения задержки начала эвакуации – 90 секунд)
3.	<b>Вероятность эвакуации</b>
	0,999

## Сценарий 2

Результаты анализа расчетов распространения ОФП и эвакуации представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 — Анализ результатов расчета по 2-му сценарию.

Н.п.	<b>Описание результатов моделирования сценария 2</b>
1.	<p><b>Описание особенностей развития пожара</b></p> <p>В сценарии 2 первым происходит блокирование путей эвакуации по условию ограниченной видимости (или оптической плотности дыма).</p> <p>В данном сценарии учитывалась система дымоудаления. Принималось, что она включается на 30 секунде с момента начала развития пожара.</p> <p>К моменту начала массовой эвакуации дым начинает заполнять коридор 14 этажа. Противодымная вентиляция не даёт дыму заполнить объём коридора до критического состояния и обеспечивает безопасную эвакуацию людей в объем лестничной клетки и лифтового холла, отгороженной от этажа противопожарной дверью.</p> <p>На момент выхода последнего человека с 14-го этажа в лестничную клетку (451 с) задымление не достигает критических значений на границе с лестничной клеткой (это происходит лишь к 520 с). Поэтому дальнейшее развитие пожара на 14-м этаже с учетом наличия противопожарных дверей не препятствует безопасной эвакуации по лестничной</p>

	клетке и лифту.
2.	<p><b>Описание эвакуации</b></p> <p>Схема эвакуации, реализованная в данном сценарии, соответствует принципу движения к ближайшему выходу из здания (Рис. 2.14).</p> <p>Время эвакуации – 882 секунды. Средняя продолжительность эвакуации с этажей в лестничную клетку и лифтовой холл варьируется от 20 до 30 секунд.</p>
3.	<p><b>Вероятность эвакуации</b></p> <p>0,999</p>

2.3.5 Анализ систем обеспечения пожарной безопасности здания  
Наличие систем обеспечения пожарной безопасности здания учитывается в соответствии с формулой (3):

$$K_{п.з} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{COУЭ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ}),$$

Коэффициенты, входящие в состав формулы (3) представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 — Принятые значения коэффициентов из формулы (3)

<b>Коэффициенты</b>	<b>Значение</b>	
	<b>Сценарий 1</b>	<b>Сценарий 2</b>
$K_{п.з}$ —коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.	0,8704	0,8704
$K_{п.з}=1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{COУЭ})(1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ})$ =		
$K_{обн}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной	0.8	0.8

<p>сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности          (К<sub>обн</sub> принимается равным 0,8, т.к. выполняется следующее условие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- здание оборудовано системой пожарной сигнализации, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности</li> </ul>		
<p>К<sub>СОУЭ</sub> – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности          (К<sub>СОУЭ</sub> принимается равным 0,8, т.к. выполняется следующее условие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности</li> </ul>	0.8	0.8
<p>К<sub>ПДЗ</sub> – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности          (К<sub>ПДЗ</sub> принимается равным 0,8, т.к. выполняется следующее условие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- здание оборудовано системой противодымной защиты, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;</li> </ul>	0.8	0.8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

80

### 2.3.6 Расчет величины индивидуального пожарного риска

Расчетная величина пожарного риска в здании, сооружении или строении определяется как максимальное значение пожарного риска из рассмотренных сценариев пожара (формула 12)

$$Q_B = \max\{Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots Q_{B,N}\}, \quad (12)$$

где  $Q_{B,i}$  – расчетная величина пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара;

$N$  – количество рассмотренных сценариев пожара.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_{B,i}$  для  $i$ -го сценария пожара рассчитывается по формуле (2)

Коэффициенты, входящие в состав формулы (2) представлены в таблице 2.13

Таблица 2.13 – Принятые значения коэффициентов из формулы (3)

Коэффициенты	Значение	
	Сценарий 1	Сценарий 2
Расчетная величина индивидуального пожарного риска для сценария $Q_B = Q_{\pi} \cdot (1 - K_{ap}) \cdot P_{pr} \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - K_{\pi,3}) =$	$0,34 \times 10^{-6}$	$0,34 \times 10^{-6}$
$Q_{\pi}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$
$K_{ap}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности  ( $K_{ap}$ принимается равным 0,9, т.к. выполняется следующее условие: - здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной	0.9	0.9

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

безопасности;		
$P_{\text{пр}} - \text{вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения } P_{\text{пр}} = t_{\text{функци}} / 24, \text{ где } t_{\text{функци}} - \text{время нахождения людей в здании в часах}$	$\frac{24}{24} = 1$	$\frac{24}{24} = 1$
$P_e - \text{вероятность эвакуации людей}$	0,999	0,999
$K_{\text{п.з}} - \text{коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.}$	0,8704	0,8704

$$Q_B = 0,34 \cdot 10^{-6} \leq Q_B^H = 10^{-6}$$

По результатам расчета величина пожарного риска во всех рассчитанных сценариях развития пожара **не превышает** допустимое (нормативное) значение при принятых исходных данных.

#### Вывод по главе

Величина индивидуального пожарного риска не превышает  $10^{-6}$  в год, при фактических объемно-планировочных решениях и установленных системах защиты от пожара и его опасных факторов.

Безопасная эвакуация возможна только при своевременном начале эвакуации постояльцев с жилых этажей объекта (не позднее принятого в сценариях, 90 секунд от начала пожара). Данное ограничение должно быть обязательным составляющими инструкции по действиям персонала объекта в случае пожара при управлении эвакуацией.

При выполнении расчета учитывались следующие отступления от нормативных документов в области пожарной безопасности:

- Применена возможность эвакуации через лифт;
- Ширина эвакуационных выходов в свету из помещений менее 0,9 м.;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- Ширина эвакуационного выхода в свету, ведущего непосредственно наружу, менее 1,2 м.;

## ГЛАВА 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ И АЛГОРИТМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЭВАКОЛИФТОВ»

### 3.1 Алгоритм управления эвакуационным лифтом

Система управления лифтом обеспечивает выполнение требований пассажиров – приказы из кабины или запросы с этажей, при этом решая спектр задач, которые связаны с определением направления движения в зависимости от взаимного расположения этажа, на котором находится кабина лифта, и требуемого этажа, с остановкой кабины на указанном этаже, с необходимостью обеспечения безопасного для пассажиров работы лифта, а также, связанных с различными режимами работы лифта [24].

В зданиях с большим количеством этажей и интенсивными пассажиропотоками устанавливают несколько лифтов (группу лифтов). При этом возникает потребность согласования работы лифтов в группе по вызовам, задачами которого являются повышение производительности лифтов, уменьшение времени ожидания кабины пассажирами, сокращение (или полное отсутствие) количества холостых пробегов и связанное с этим уменьшение износа лифтов и расхода энергии.

Один из прогрессивных алгоритмов управления группой лифтов был разработан в американской компании Otis Elevator, подразумевающий, что каждый пассажир перед посадкой указывает необходимый для него этаж. В соответствии с этим система сообщает в какой лифт садиться и через какой промежуток времени пребудет кабина. При этом на каждой посадочной площадке устанавливается признаковая панель, аналогичная той, которая расположена в кабине лифта. На основе предложенного алгоритма предлагается осуществление движения эвакуационного лифта. Т.е. система,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

обработав данные об этаже посадки автоматически направляет ближайший лифт на данный этаж.

Кроме того, лифты распределяются по вертикали на зоны, и каждый из лифтов обрабатывает вызовы с этажей только зоны, назначенной для обслуживания данным лифтом. Как правило, в пределах зоны лифты группируются по классической схеме, со «слепыми» зонами. То есть, в здании выделяется главный посадочный этаж (первый этаж здания), лифты разделяются на группы, обслуживающие только часть этажей. Например, первая группа обслуживает этажи с 1 по 14 включительно; вторая группа – с 14 по 28 включительно, а зону со 2 по 14 этажи лифтовые кабины этой группы проходят транзитом, без остановок (так называемая «слепая» зона). Это позволяет реализовать преимущество высокой скорости движения лифтовых кабин, и чем выше обслуживаемая зона, тем с большей скоростью кабины могут проходить «слепую» зону.

Оптимизация данной стратегии проводится при помощи правильного определения размеров выделяемых зон, при этом могут быть учтены такие параметры как численность жильцов на этажах, а также некоторая приоритетность обслуживания каких-либо этажей, которая определяется на основе набора условий, определяемых отдельно в каждом конкретном случае.

На основании представленной выше информации и требований было произведено решение реализовать систему, обобщённая структурная схема которой представлена на рисунке 3.1.

Система, структурная схема которой приведена на рисунке 3.1, представляет собой распределённую систему управления, где центральный (главный) контроллер производит диспетчерское управление, а индивидуальный контроллер лифта производит управление его механизмами и опрос периферийных устройств. Распределение функций между главным контроллером и контроллерами лифта упрощает программирование, позволяя гибко изменять состав и функциональные возможности системы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



Рисунок 3.1 — Обобщённая структурная схема разрабатываемой системы.

Главный ПЛК отвечает за работу всех лифтов в группе и производит общее планирование. Контроллер лифта при назначении ему вызова производит внутреннее планирование выполнения поступивших ему команд в рамках одного лифта.

Блок приёма вызовов с этажей включает в себя этажные контролирующие платы (или этажные контроллеры), расположенные на каждом этаже или по одному контроллеру на группу этажей. Они обрабатывают информацию с этажа, передавая сигнал о возникновении пожара в главный ПЛК, который, в свою очередь, производит регистрацию вызова с этажа и назначает кабину обслуживания определённого вызова на основе заложенного алгоритма.

Сигналы с блока приёма вызовов этажей также дублируются на ПЛК лифтов, что обеспечивает функционирование лифтов даже при обрыве связи с

главным контроллером, но в этом случае групповое управление производиться не будет, а каждый лифт будет работать как одиночный.

Команды из кабины (блок команд из кабины лифта) немедленно попадают на контроллер соответствующего лифта, который может быть расположен в каком-либо месте шахты, или же на крыше кабины. Задачей ПЛК лифта является сортировка вызовов, назначенных ему групповым контроллером и формирование последовательности их обслуживания.

Блок состояния лифта включает в себя индикацию состояния лифта на этажных табло (выходные сигналы) и сигналы с датчиков лифта (входные сигналы).

Коммуникация главного контроллера и индивидуальных контроллеров лифтов может производится посредством сети Ethernet. Связь контроллеров с исполнительными механизмами производится по интерфейсу CAN.

Алгоритм работы лифтовой группы должен обеспечивать минимальные значения времени ожидания кабины пассажирами на этаже, откуда поступил сигнал о возникновении пожара, и перемещения их между этажами. Наряду с этим, для того, чтобы алгоритм был эффективным, необходима определённого рода оптимизация, которая подразумевает максимальное включение всех лифтов в работу при значительной величине пассажиропотока.

При разработке алгоритма учтено, что если система способна обеспечить критический пассажиропоток, то она сможет обеспечить любой пассажиропоток, вне зависимости от времени суток.

### Описание работы лифтов

Один из лифтов работает только с маломобильными группами населения. Его работа полностью сопровождается помощником по эвакуации, обладающим навыками работы с лифтом во время возникновения пожара, и умеющим оказывать необходимую помощь при эвакуации людей, относящихся к группам мобильности М2-М4. Второй лифт осуществляет эвакуацию людей, относящихся к группе мобильности М1. Работа такого лифта в режиме эвакуации осуществляется только в соответствии с командами помощника по

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

эвакуации.

Исходное состояние (состояние ожидания): Кабины лифтов находятся на главном посадочном этаже, в качестве которого принят первый этаж. Датчики точной остановы на данном этаже выдают логическую единицу. Двери кабин закрыты и датчики закрывания двери выдают логическую единицу. Сигнал с данных датчиков поступают на ПЛК соответствующего лифта.

Последовательность действий, выполняемых главным ПЛК при поступлении вызова с этажа на котором пожарной сигнализацией обнаружено возгорание:

- если лифт находится на основном эвакуационном этаже для перевода лифта в режим эвакуации помощник по эвакуации должен использовать переключатель эвакуационного лифта
- если лифт не находится на основном эвакуационном этаже помощник по эвакуации использует переключатель эвакуационного лифта для направления лифта на основной эвакуационный этаж.

Важно заметить, что перевод лифта в режим эвакуации осуществляется только помощником по эвакуации с использованием переключателя эвакуационного лифта.

— По прибытии кабины лифта на основной эвакуационный этаж:

- двери кабины открываются;
- на всех этажах загорается сигнальное устройство, а все устройства, запрещающие вход в лифт, выключаются;
- в кабине лифта загорается сигнал, информирующий о местоположении кабины лифта;

— При нахождении кабины лифта на основном эвакуационном этаже:

- двери кабины остаются открытыми до получения новой команды от помощника по эвакуации;
- при входе помощника в кабину лифта он осуществляет управление при помощи кнопок приказа в кабине.

— При нахождении лифта в режиме эвакуации:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- может быть зарегистрирован только один приказ;
- во время движения кабины может быть зарегистрирован новый приказ, а предыдущий приказ должен быть аннулирован. Кабина должна направляться на этаж, соответствующий новому приказу;
- кабина, движущаяся в соответствии с зарегистрированным приказом, должна остановиться на этаже и открыть двери;
- двери кабины должны быть открыты до тех пор, пока не будет зарегистрирован новый приказ в кабине.

При этом, кнопка закрытия двери должна быть выведена из работы, а кнопка открытия двери не отключается.

- местоположение кабины должно быть отражено на информационных табло в кабине и на основном эвакуационном этаже как при наличии основного электроснабжения, так и при подключении аварийного источника электроснабжения;
- кабина лифта должна оставаться на этаже выполнения последнего приказа до тех пор, пока не будет зарегистрирован новый приказ;
- переговорная связь должна функционировать не менее 1 часа во время эвакуации, даже при прекращении подачи электропитания.

На случай возникновения аварии в каждой кабине имеется модуль связи с диспетчером, который даёт возможность пассажиру сообщить о поломке диспетчеру. Кроме этого сигналы аварии поступают на главный контроллер лифтовой группы, который производит оповещение (сигнализацию) о поломке какого-либо лифта.

Алгоритм действия при пожаре реализуется в рамках индивидуального контроллера каждого лифта, поскольку возможен случай обрыва связи с главным контроллером.

Для связи контроллеров, управляющих механизмов в системе предусмотрено использование интерфейса CAN, за счет использования которого достигается стабильная и безопасная работа всей лифтовой группы. Для связи главного контроллера и контроллеров лифтов может быть использована сеть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Ethernet.

Эвакуационный лифт может быть выведен из режима эвакуации в любое время при получении сигнала от переключателя эвакуационного лифта или из системы автоматической сигнализации здания.

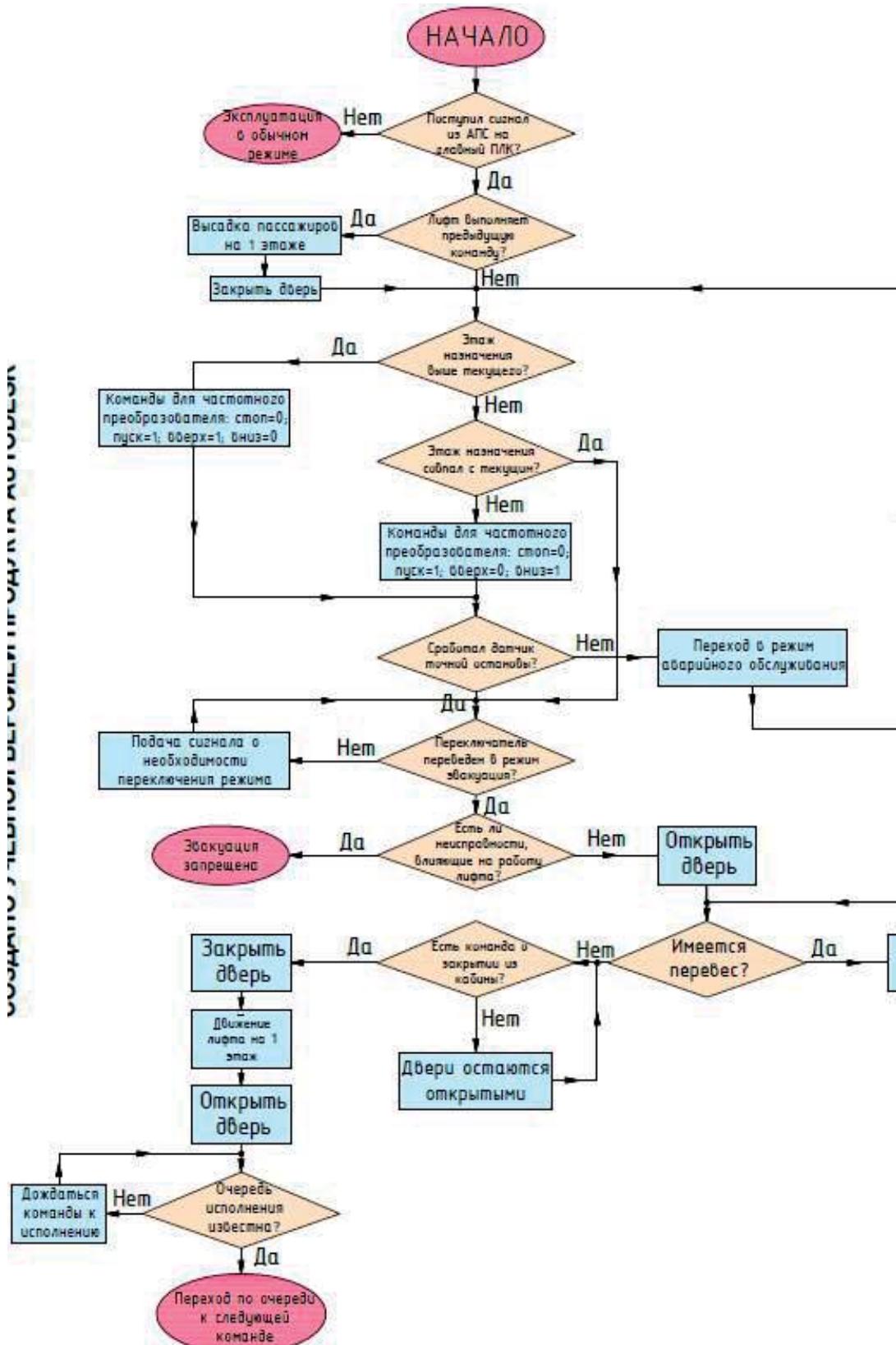
Анализируя приведённое описание работы лифтового оборудования составим блок-схему обработки очереди исполнения команд для лифта («рисунок 3.2»).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

89



## Действия помощников по эвакуации в случае пожара.

Эвакуационный лифт должен отвечать требованиям, предъявляемым к лифтам для перевозки людей. Транспортировка грузов, особенно крупногабаритных должна быть предотвращена на эвакуационном лифте, т.к. возникает риск невозможности его использования для целей эвакуации при нахождении груза в кабине.

Эвакуационный лифт, используемый в режиме эвакуации, должен находиться под непосредственным контролем и управлением специально обученного персонала. Существенным для работы эвакуационного лифта является его использование исключительно для эвакуации МГН и направление эвакуационного лифта на те этажи, где имеются нуждающиеся в помощи лица с ограниченными физическими возможностями.

При применении эвакуационных лифтов администрация здания должна обеспечить наличие в здании помощников по эвакуации и их готовность к выполнению своих функций.

В общем случае, необходимо иметь старшего ответственного за эвакуацию, осуществляющего руководство помощником по эвакуации, находящимся в кабине эвакуационного лифта, и помощниками на этажах. При этом каждый помощник по эвакуации на этажах может быть ответственным за один или несколько этажей.

Подготовка к эвакуации людей с физическими недостатками должна начаться немедленно после подачи сигнала о возникновении чрезвычайной ситуации.

Важной частью системы сигнализации здания должно стать получение информации об этажах здания, на которых находятся требующие помощи при эвакуации лица с физическими ограничениями, и передача этой информации лицам, ответственным за эвакуацию.

Лицо, ответственное за эвакуацию, должно принять решение о необходимости использования эвакуационного лифта. В случае использования лифта помощник по эвакуации, находящийся в кабине лифта должен быть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

91

проинформирован о приоритетных этажах для эвакуации.

При отсутствии возможности использования эвакуационного лифта должны быть использованы основные пути эвакуации.

По прибытии профессиональных спасателей, пожарных вопросы организации эвакуации и спасения переходят к ним.

Действия помощника по эвакуации на этажах после получения сигнала об эвакуации состоят в следующем:

- a) убедиться, что любой человек на этаже (этажах) зоны ответственности помощника по эвакуации, движется к ближайшей зоне безопасности, где может ожидать эвакуационный лифт;
- b) оказывать помощь людям в достижении зоны безопасности и лифта;
- c) информировать старшего ответственного за эвакуацию о ситуации на своих этажах;
- d) информировать старшего ответственного за эвакуацию о завершении эвакуации со своих этажей всех лиц.

Схема движения лифтов должна быть упорядочена с целью оптимизации времени эвакуации. Согласно расчетам, полученным в Pathfinder, с учетом времени затрачиваемого на эвакуацию по лестнице или через эвакуационный лифт предлагается следующая схема движения лифтов («рисунок 3.3»)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

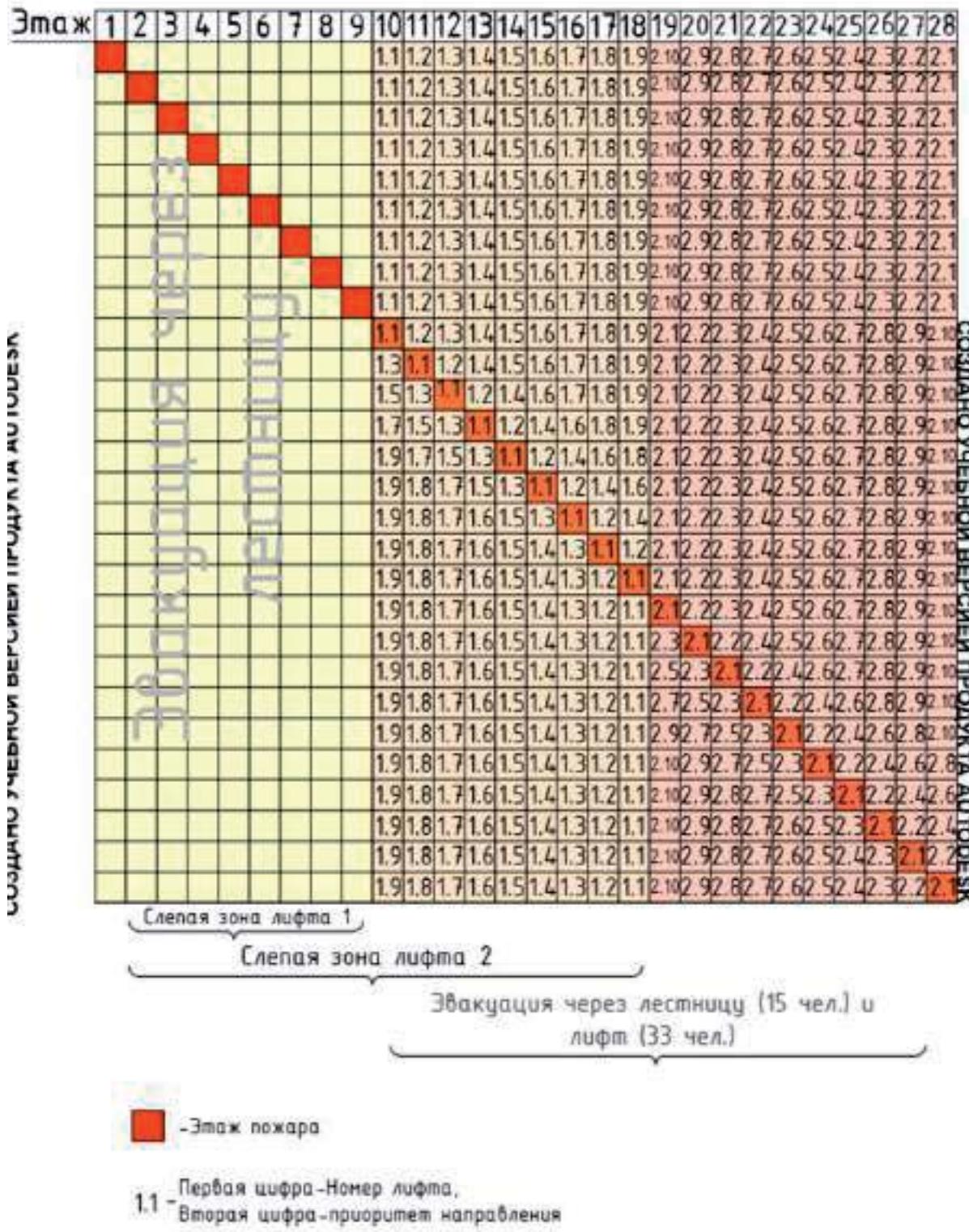


Рисунок 3.3 — Схема движения лифтов.

3.2 Анализ проекта СП "Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности" [8]. Вынесение предложения о возможности применения лифтов в качестве эвакуации

Анализ предлагаемых на обсуждение вариантов редакций Проекта СП показал наличие общих положений и требований, повторяющихся в технических регламентах и иных национальных стандартах, сводах правил, предназначенных для проектирования объектов капитального строительства различного функционального назначения с нормативной высотой. Однако определения и положения, связанные с раскрытием специфики высотного строительства, представлены в ограниченном объеме, что не позволяет в полной мере сформировать комплекс требований и положений, необходимых для проектирования противопожарной защиты высотных зданий.

Предложенные в нормативном документе требования, по мнению профессионального сообщества, нуждаются в доработке и совершенствовании. Отдельные положения взяты из ранее используемых при проектировании высотных зданий территориальных строительных нормативов и национальных стандартов, таких как: МГСН 4.19-2005 "Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве" [17]; ТСН 31-332-2006 "Жилые и общественные высотные здания" [18]; СТО НОСТРОЙ 54-2011 "Системы обеспечения комплексной безопасности высотных зданий и сооружений".

Сложившаяся в России ситуация с традиционными подходами к проектированию высотных зданий приводит к неоправданному расходованию строительных материалов, потере полезной площади, затруднению в выборе эффективных архитектурных, инженерно-технических, объемно-планировочных и конструктивных решений.

В связи с этим, прежде чем ограничивать в российских нормах допустимую высоту зданий, площадь этажа, использование для эвакуации лифтов или устанавливать повышенные (в сравнении с зарубежными требованиями) пределы огнестойкости строительных конструкций зданий и

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

противопожарных преград, необходимо разобраться, почему в зарубежных нормах данные запреты и ограничения отсутствуют.

По мнению профессионального строительного сообщества, желательно предусмотреть процедуру наполнения (корректировки) свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности” положениями и требованиями с учетом внедрения инновационных технологий и решений, а также технических характеристик и параметров современных инженерных систем, появляющихся на строительном рынке. Целесообразно также предусмотреть создание в развитие (дополнение) указанного свода правил постоянно обновляющегося приложения (реестра), систематизирующего согласованные в рамках вновь утверждаемых СТУ проектные решения с соответствующими компенсирующими мероприятиями.

К примеру, в США практически каждый год обновляется NEC—National Electric Code (он же NFPA). В Англии с аналогичной частотой выходят обновления BS 7671.

Как показывает опыт, наполнение нормативного документа конкретными числовыми требованиями, как правило, усложняет внедрение прогрессивных конструктивных решений и современных материалов. Отсутствие вариативности принятия возможных решений ограничивает проектировщиков и не позволяет им в полной мере использовать инновационные технологии, а также внедрять современные инженерные системы.

В качестве решений по устройству активной противопожарной защиты целесообразно рассматривать возможность использования инновационных инже-нерных систем и устройств.

Остро встаёт вопрос о необходимости внесения в нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности в области проектирования противопожарной защиты высотных зданий положений по эвакуации людей с помощью специализированных лифтов, имеющих режим “перевозки пожарных подразделений”. В 2017 г. данная проблема обсуждалась на многих научно-практических конференциях и форумах, посвященных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

обеспечению пожарной безопасности высотных зданий.

Тенденции развития отечественных нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности в области проектирования противопожарной защиты подтверждают необходимость использования специализированных лифтов для эвакуации (спасения) людей при пожарах, на что указано в ч. 15 ст. 89 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [1, ГОСТ Р 55966-2014 (ЕН 81-76:2011) “Лифты. Специальные требования безопасности к лифтам, используемым для эвакуации инвалидов и других маломобильных групп населения”, ГОСТ Р 22.9.11-2013 “Аварийно-спасательные средства спасения из высотных зданий”, СП 59.13330.2016 “Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001”, СП 158.13330.2014 “Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования”, СТО НОСТРОЙ 2.35.73-2012 “Системы обеспечения комплексной безопасности высотных зданий и сооружений”].

Зарубежные исследования показывают, что использование внутреннего вертикального транспорта для эвакуации людей при пожаре в высотных зданиях не только целесообразно, но и необходимо [28]. Выход людей в поэтажные безопасные зоны не является завершающим этапом процесса эвакуации из-за вероятности дальнейшего развития пожара, сопутствующих ему техногенных аварий и возможного обрушения здания. В данном случае лифт может оказаться единственным путем эвакуации (спасения) для людей, включая маломобильные группы населения, из здания в целом и из зон безопасности в частности.

Подводя итоги вышесказанного, важно еще раз обратить внимание профессионального сообщества на то, что окончательная редакция СП “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности” призвана сократить количество разрабатываемых СТУ, что особенно актуально для жилых зданий высотой от 75 до 100 м и общественных (многофункциональных) — высотой от 50 до 100 м.

Представляется целесообразным рассмотреть на этапе обсуждения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

96

проекта свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности” возможность включения положений по обеспечению безопасной эвакуации людей при пожарах и техногенных авариях с помощью лифтов, функционирование которых в начальной стадии пожара эквивалентно режиму “перевозки пожарных подразделений”. В данной работе расчетными методами подтверждено, что поэтапная эвакуация с использованием лифтов позволяет сократить время выхода людей из здания в безопасную зону в 3-4 раза.

### 3.3 Эффективность применения «эваколифтов»

#### 3.3.1 Снижение требований к пределам огнестойкости несущих строительных конструкций

Спуск людей по лестничным клеткам с этажей высотной части здания длительностью от 1 до 2 часов не только не обеспечивает требуемого уровня безопасности, но и выдвигает избыточные требования к пределам огнестойкости несущих строительных конструкций и противопожарных преград.

Выбор оптимального предела огнестойкости основных несущих конструкций и противопожарных преград в процессе решения задач проблемно-ориентированного проектирования может быть аналогичным способом обоснован расчетами, выполняемыми по сертифицированным иди апробированным иным способом методикам, что позволит снизить финансовые затраты и сделать объект высотного строительства более инвестиционно привлекательным без ущерба для его безопасности в процессе дальнейшей эксплуатации.

Принцип гибкого нормирования, закрепленный положениями ч. 6 ст. 15 ФЗ № 384 [2] и ст. 6 ФЗ № 123 [1] и используемый в проблемно-ориентированном проектировании высотных зданий, позволяет оптимизировать мероприятия и проектные решения, направленные на обеспечение требуемого уровня безопасности высотного здания.

#### 3.3.2 Сокращение времени проведения аварийно-спасательных работ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

97

Кроме того, одним из преимуществ применения предлагаемого способа эвакуации является сокращение времени проведения аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров.

Промежуток времени с момента обнаружения пожара, когда воздействие опасных факторов пожара на здание, инженерное оборудование и людей минимально, и до момента прибытия и развертывания сил и средств пожарных подразделений может достигать нескольких десятков минут. За это время верхние этажи высотного здания только при использовании специализированных лифтов для перевозки пожарных подразделений могли бы покинуть от нескольких десятков до нескольких сотен человек.

Рассмотрим вариант организации самостоятельного спасения людей при пожаре с верхних этажей высотного здания, рассматриваемого в данной работе, оснащенных лифтами для перевозки пожарных подразделений грузоподъемностью до 3500 кг (до 33 чел.) и скоростью перемещения до 3,5 м/с.

Используя формулы, представленные в приложении Г СП 59.13330.2016, определим время кругового рейса лифта для перевозки пожарных подразделений грузоподъемностью 3500 кг, перемещающегося со скоростью 3,5 м/с. Расчетом принимаем, что верхний этаж расположен на высоте 81 м от уровня выхода из здания, и исключаем остановки лифта на промежуточных этажах.

Время кругового рейса Т для каждой посадки вычисляем по формуле (13)

$$T = \frac{H_k}{V_k} + K_t \sum t , \quad (13)$$

где  $H_k$  — путь, который проходит лифт при совершении кругового рейса на номинальной скорости, м;

$V_k$  — номинальная скорость движения кабины лифта, м/с;

$\sum t$  — сумма затрат времени на ускорение и замедление лифта, открывание и закрывание дверей, вход и выход пассажиров в течение кругового рейса, с;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$K_t$  — коэффициент, учитывающий возможные дополнительные затраты времени при работе лифта (задержка при входе выходе пассажиров, регулирование скорости движения дверей и т. п.); допускается принимать  $K_t = 1,1 \div 1,2$ .

$$T = \frac{162}{3.5} + 1.1 \cdot 30 = 80 \text{ с}$$

Расчеты показали, что лифт для перевозки пожарных подразделений выполняет круговой рейс за 1 мин 20 секунд и до прибытия первого пожарного подразделения (а это примерно 10 минут) может произвести до 8 круговых рейсов. Реализация на начальном этапе процесса самостоятельного спасения людей при пожаре позволяет только одним лифтом для перевозки пожарных подразделений доставить с наиболее удаленного (по высоте) этажа до 200 чел. (т. с. обеспечить самостоятельное спасение людей с наиболее удаленного этажа на начальной (менее опасной) стадии пожара и до прибытия на объект первого спасательного подразделения. В нашем примере предусматривается устройство 2 эвакуационных лифтов, тем самым можно ускорить процесс самостоятельного спасения и охватить куда большее количество людей и этажей высотной части уникального здания, обеспечивая требуемый уровень пожарной безопасности объекта капитального строительства.

Таким образом, становится очевидным, что в арсенале нормативно закрепленных способов обеспечения безопасного спасения людей из высотных зданий недостает метода организации самостоятельного спасения людей при пожаре с использованием специальных защищенных механических средств внутреннего транспорта до прибытия пожарных подразделений.

Налицо отставание развития положений ФЗ № 123 [1] и нормативно-правовых актов Российской Федерации, регулирующих вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, от уровня технического развития и потребностей строительной отрасли.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 3.3.3 Снижение количества используемых лестниц

В настоящее время именно лифты обеспечивают транспортные функции высотных зданий, и именно они адекватно отражают рост численности людей в здании. Как правило, количество лестничных клеток растет не пропорционально количеству людей. Закономерно, что лестницы не справляются с такими потоками людей.

Кроме того, лестничные клетки расположены в плане симметрично, а значит, возможно делить поток людей кратно двум. Однако существует требование: "При устройстве двух эвакуационных выходов каждый из них должен обеспечивать безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в здании. При наличии более двух эвакуационных выходов безопасная эвакуация всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании, должна быть обеспечена всеми эвакуационными выходами, кроме каждого одного из них" [2]. Более доступно это требование изложено еще в 1938 г.: "При ограниченных размерах и значительном числе этажей основным элементом эвакуационных путей служат лестницы, — в количестве, по общему принципу безопасности, не менее двух — устроенные так, чтобы частичное или полное задымление одной, не распространялось на другую. Поэтому при наличии нескольких лестниц эвакуация рассчитывается при условии исключения из пользования одной лестничной клетки" [4]. Таким образом, в расчетах применяется использование только одной лестницы, а значит, применение лифтов в качестве эвакуации способно оптимизировать расчетное время эвакуации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

100

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усиление пожаробезопасности в России привело к необходимости создания свода правил по пожарной безопасности высотных зданий. Данный свод правил призван исключить необходимость разработки СТУ по обеспечению пожарной безопасности при проектировании и строительстве высотных зданий и комплексов, что сократит время проектирования. Однако данная разработка вызывает ряд вопросов в отношении обеспечения безопасной эвакуации людей из высотных объектов при пожаре, в частности, в данном проекте СП исключается возможность применения пассажирских лифтов, устроенных по технологии лифтов, предназначенных для транспортирования пожарных во время пожара, для эвакуации людей при пожаре.

Проведенный анализ способов эвакуации при помощи моделирования пассажиропотока показал, что наиболее предпочтительным, с точки зрения безопасности эвакуации, является комбинированный способ эвакуации, т.е. с помощью лестницы и лифта.

Кроме того, произведенный расчет пожарного риска показал, что величина пожарного риска во всех рассчитанных сценариях развития пожара при комбинированной эвакуации не превышает допустимое (нормативное) значение при принятых исходных данных. А, значит, предлагаемый способ эвакуации обоснован, несмотря на не полное выполнение обязательных требований пожарной безопасности.

Также, в данной работе показана эффективность использования комбинированной эвакуации в части снижения «избыточных» требований к огнестойкости несущих конструкций и увеличения степени превентивности эвакуации.

В заключении следует добавить, что проделанная работа позволяет обратиться в Минстрой России с предложением о включении в разрабатываемый свод правил по пожарной безопасности высотных зданий рассмотренных положений.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

101

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
3. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.– М.: Минрегион России, 2009. – 110 с.
4. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003.– М.: Минрегион России, 2011. – 25 с.
5. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009.– М.: Минрегион России, 2012. – 82 с.
6. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности.– М.: Минрегион России, 2013. – 30 с.
7. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования.– М.: Минстрой и ЖКХ России, 2016. – 145 с.
8. СП Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности. Проект. Вторая редакция.– М.: Минстрой и ЖКХ России, 2017. – 47 с.
9. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения. –М.: МВД СССР, 1982. – 18 с.
10. ГОСТ 30244 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. – М.: Минстрой России, 1996. – 17 с.
11. ГОСТ 22011 Лифты пассажирские и грузовые. Технические условия.– М.: Минстрой России, 1997. – 25 с.
12. ГОСТ 30247 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость.– М.: Минстрой России, 1996. – 8 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

102

13. ГОСТ 30244 Материалы строительные. Методы испытаний на огнестойкость.— М.: Минстрой России, 1996. – 17 с.
14. ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. –М.: СССР, 1989. – 107 с.
15. ГОСТ 30402 Материалы строительные. Методы испытаний на воспламеняемость.— М.: Минстрой России, 1996. – 29 с.
16. ГОСТ 12176-89 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки на нераспространение горения.— М.: Минстрой России, 1996. – 32 с.
17. МГСН 4.19-2005 Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.— М.: Комплекс архитектуры, строительства, развития и реконструкции города Москвы, 2005. – 71 с.
18. ТСН 31-332-2006 Жилые и общественные высотные здания. Санкт-Петербург.— Правительство Санкт-Петербурга, 2006. – 63 с
19. Приказ от 30 июня 2009 г. N 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
20. NFPA 101 Life Safety Code. – LV.: TIA 06-3, 2006.- 884 с
21. NFPA 500 Building Construction and Safety Code. – LV.: TIA 15-1, 2015.- 705 с
22. NFPA 1 Fire Code— LV.: TIA 15-1, 2006.- 711 с
23. Гилетич, А.Н., Шебеко, А.Ю., Шебеко, Ю.Н., Гордиенко, Д.М. Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций высотных зданий// Пожарная безопасность.- 2012.-№4.- С. 31-39.
24. Кирюханцев, Е. Е., Иванов В. Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях// Технология техносферной безопасности. – 2013.- №5 (31). – 5 с
25. Кудрин, И. С. Влияние параметров движения людских потоков при пожаре на объемно-планировочные решения высотных зданий : дис. канд. техн. наук. - М.: АГПС МЧС РФ. 2013.-190 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

103

26. Ройтбурд, С. М. Использование пассажирских лифтов для эвакуации и спасения при пожаре в зданиях. — 2012. — №2. С. 69-75.
27. Холщевников, В.В., Самохин, Д.А. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий // Жилищное строительство.- 2008.-№8.-С. 24-27
28. Холщевников, В.В., Самохин, Д.А. К вопросу безопасности использования лифтов при эвакуации из высотных зданий// Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2006. Т. 15. № 5. С. 45-47
29. Холщевников, В.В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. М.: МИПБ МВД России, 1999.
30. Sekizawa, A., Ebihara, M., Notake, H., Kubota, K., Nakano, M., Ohmiya, Y., Kaneko, H.: Occupants' behaviour in response to the high rise apartment fire in Hiroshima City, Fire and Materials, (1999).
31. Siikonen M.-L., Bärlund K., Kontturi R. Transportation Design for Building Evacuation // ASME Workshop to Focus on Elevator Emergencies in High-Rise Buildings. New York, Dec. 11, 2003
32. Arif A. Review of evacuation procedure for the Petronas Twin Tower // Proceedings of the CIB-STBUH International Conference on Tall Buildings. Malaysia. 20–23 October 2003
33. World's Tallest Towers in Malaysia Evacuated After Threats. People's Daily. 12 September 2001
34. <http://www.fireevacuation.ru/staged.php>
35. <http://www.skyscraperpage.com>
36. <https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

08.04.01-2018-152-ПЗ ВК НИР

Лист

104