

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Противопожарные системы

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Расчетное обоснование времени эвакуации людей

Обучающийся

А.С. Одинцов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.И. Рашоян

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Тема работы «Расчетное обоснование времени эвакуации людей».

В разделе «Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности» проводится оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности на основе действующих требований Приказа МЧС России.

В разделе «Расчетное обоснование времени эвакуации людей» анализируется расчетное время эвакуации через контрольные точки.

В разделе «Разработка мероприятий по повышению эффективности эвакуации» предлагаются мероприятия по повышению эффективности эвакуации.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровня профессиональных рисков на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка предприятия на окружающую среду.

В разделе «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях» представлены мероприятия по предупреждению ЧС на предприятии.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Работа состоит из семи разделов на 64 страницах и содержит 17 таблиц и 6 рисунков.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	5
1 Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности.....	6
2 Расчетное обоснование времени эвакуации людей.....	10
3 Разработка мероприятий по повышению эффективности эвакуации	22
4 Охрана труда.....	36
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	43
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	51
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	54
Заключение	59
Список используемых источников.....	62
Приложение А Паспорт безопасности.....	65

Введение

Пожар является одной из самых опасных чрезвычайных ситуаций в нашей жизни. Кроме того, пожары растут в экономических потерях, потере жизни и социальных последствиях, таких как нетрудоспособность из-за травмы. В последние годы, с быстрым ростом высотных зданий, ущерб от пожаров в зданиях для жизни и имущества стал серьезным.

Поэтому эвакуация людей в безопасную зону в большинстве случаев управления чрезвычайными ситуациями становится решающим фактором в обеспечении пожарной безопасности.

Цель работы – повышение эффективности мероприятий по эвакуации людей из здания при пожаре.

Задачи:

- произвести описание основных параметров эвакуационных путей и выходов;
- произвести описание вариантов эвакуации людей, соответствующих рассматриваемым сценариям развития пожара с указанием расчетной области, из которой рассматривается эвакуация, места расположения эвакуационных выходов;
- представить таблицы, иллюстрирующие количество людей, эвакуировавшихся через контрольные точки и из здания в целом в зависимости от времени; время существования скоплений людей;
- представить расчетное время эвакуации через контрольные точки;
- устранить выявленные нарушения требований пожарной безопасности;
- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест;
- составить отчет по ПЭК;
- разработать паспорт безопасности;
- выполнить оценку эффективности разработанных мероприятий.

Термины и определения

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [15].

Необходимое время эвакуации – время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [15].

Эвакуационный выход – выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону.

Эвакуационный путь (путь эвакуации) – путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

Эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара.

1 Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности

Объект защиты находится в центральной части г. Владивостока, в районе пересечения Шоссейного шоссе и ул. Мира.

Представляет собой многофункциональный торгово-офисный центр со встроенной двухэтажной подземной автостоянкой.

В подземных этажах (на отметках минус 3,300 и минус 6,600) находится (рисунок 1):

- двухуровневая автомобильная стоянка на 148 машиномест и технические помещения;
- часть минус 1 и минус 2 этажей занимает хранилище банка.

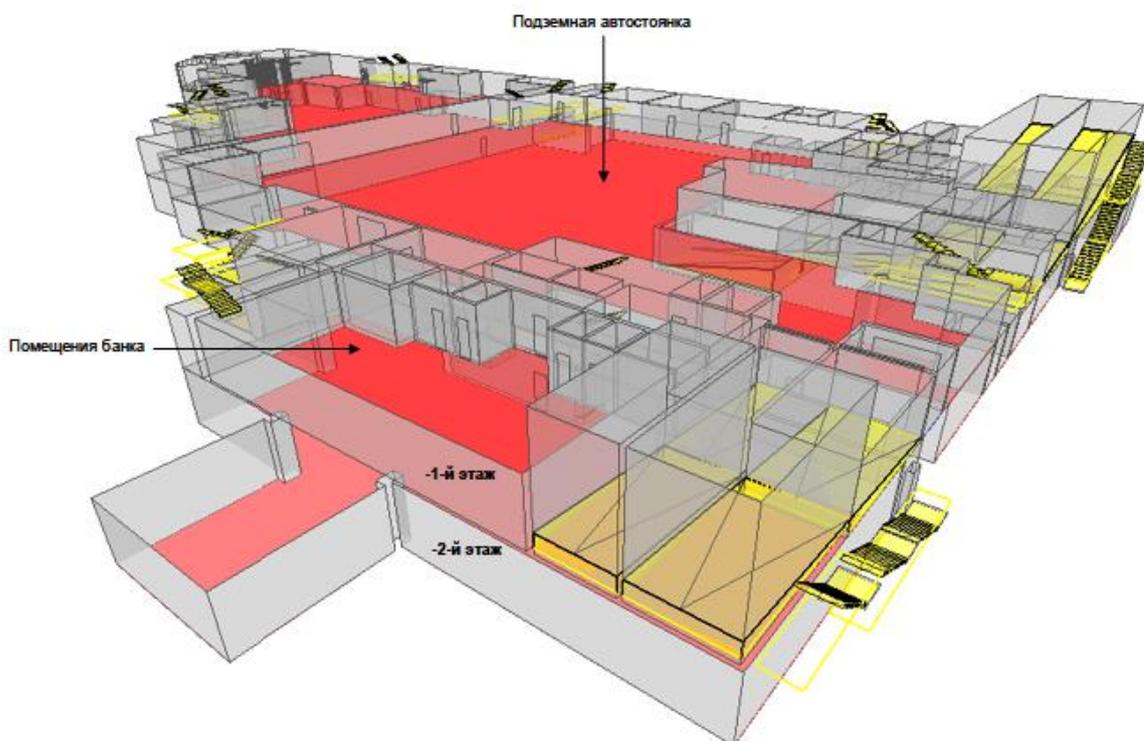
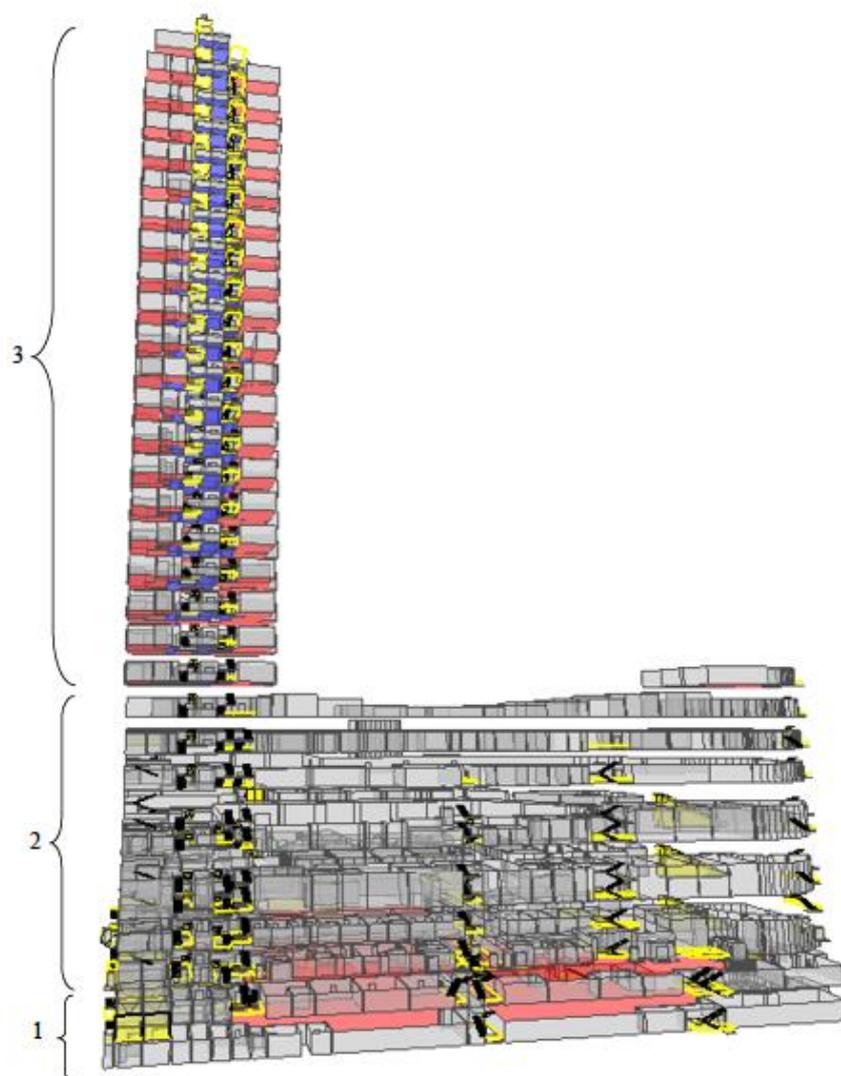


Рисунок 1 – Подземная часть объекта

Надземная часть здания состоит из стилобата (с первого по шестой этаж)

и высотной части (с седьмого по двадцать седьмой этаж).

Состав здания исследуемого объекта защиты представлен на рисунке 2.



1 - подземная часть, этажи -1 и -2 (отметки -3,300 и -6,600),
2 - стилобат надземной части, 1-й - 6-й этажи (отметки 0,000 ... +20,100), 3 - высотная
часть, 7-й - 27-й этажи (отметки +26,700 ... +92,700)

Рисунок 2 – Общий вид модели здания

На первом, втором и третьем этажах здания размещены торговые помещения и предприятия общественного питания; в части 1-го этажа расположена операционная касса банка (рисунок 3).

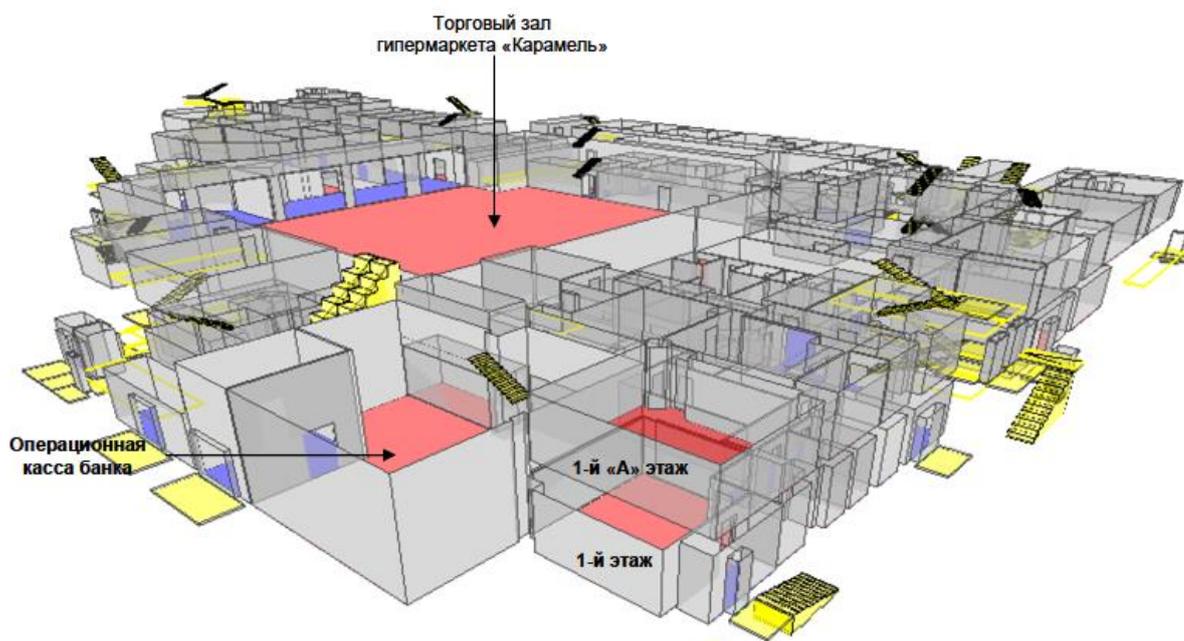


Рисунок 3 – Торговая часть здания

Четвертый этаж здания, на момент проведения обследования, не эксплуатировался; предположительное назначение этажа – размещение торговых помещений.

На 5-м этаже, а также на этажах с 7-го по 15-й и с 17-го по 26-й расположены офисные помещения. Шестой, шестнадцатый и двадцать седьмой этажи – технические.

Размеры здания в плане 120×74 м. Высота здания – не более 96,0 м.

Степень огнестойкости здания – особая, класс конструктивной пожарной опасности – СО.

По вертикали здание разделено на четыре пожарных отсека:

- I пожарный отсек – этажи минус 1 и минус 2 (отметки минус 3,300 и минус 6,600 соответственно);
- II пожарный отсек – надземная часть, стилобат, включает этажи с 1-го по 5-й (на отметках 0,000 ... +20,100);
- III пожарный отсек – высотная часть, этажи с 7-го по 15-й (на отметках +26,700 +53,100);

- IV пожарный отсек – высотная часть, этажи с 17-го по 27-й (на отметках +59,700 +92,700).

Деление здания на отсеки осуществляется противопожарным перекрытием с пределом огнестойкости REI 180 на отметке 0,000 и двумя техническим этажами: 6-й (на отметке плюс 23,400) и 16-й (на отметке плюс 56,400).

Этажи здания соединяются посредством лестничных клеток, в том числе – незадымляемых типов Н1 и Н2, а также грузовых и пассажирских лифтов. В торговой части здания выполнены эскалаторы [11].

Заказчиком в лице Главного управления МЧС России по Приморскому краю выдано задание произвести моделирование эвакуации из исследуемого здания с учётом различного числа посетителей и распространения опасных факторов пожара и определить мероприятия, направленные на исключение скопления людей при эвакуации во время пожара.

Вывод по разделу.

В разделе в качестве объекта исследования выбран многофункциональный торгово-офисный центр со встроенной двухэтажной подземной автостоянкой.

В разделе определено, что этажи здания соединяются посредством лестничных клеток, в том числе – незадымляемых типов Н1 и Н2, а также грузовых и пассажирских лифтов. В торговой части здания выполнены эскалаторы.

2 Расчетное обоснование времени эвакуации людей

Из автомобильного паркинга, находящегося на минус 1-м этаже (отметка минус 3,300), имеется 4 эвакуационных выхода в лестничные клетки, ведущие непосредственно наружу. Выходы из автостоянки в две лестничные клетки, соединяющие подземную и надземную части здания, в качестве эвакуационных не рассматриваются. Из блока помещений банка имеется отдельный выход наружу через лестничную клетку. Внутренняя лестница, соединяющие надземные и подземные этажи банка, в качестве эвакуационной не рассматривается.

В блоке торговых помещений, расположенных на 1 этаже, в качестве эвакуационных может рассматриваться 6 выходов; из них четыре выхода ведут наружу через лестничные клетки, по которым также осуществляется эвакуация с других этажей стилобатной части. В число эвакуационных не включены выходы, в проемах которых установлены раздвижные двери (5 выходов). При оценке соответствия требованиям пожарной безопасности путей эвакуации, из их числа исключались маршруты, на которых установлены турникеты, препятствующие нормальному движению людей к выходам из здания. Блок помещений операционной кассы на уровне 1-го этажа имеет два эвакуационных выхода наружу. Лестничные клетки, ведущие из высотной части здания, имеют на уровне первого этажа обособленные от других частей здания выходы наружу (непосредственно или через вестибюль).

Из различных частей 1-го «А» этажа (отметка +2,850), на котором расположены преимущественно офисные и бытовые помещения, в общей сложности имеется 6 эвакуационных выходов в лестничные клетки.

Общее максимальное количество людей в здании составило 5166 человек.

Безопасность людей при возникновении пожара обеспечивается следующими архитектурно-планировочными решениями:

- количество и ширина эвакуационных выходов не менее требуемого

(ст.89 п.8 ФЗ-123);

- эвакуационные выходы рассредоточены (п.4.2.4 СП 1.13130.2020);
- высота эвакуационных выходов в свету – не менее 1,9 м (п.4.2.18 СП 1.13130.2020 [14]);
- ширина эвакуационных выходов в свету – не менее 0,8 м (п.8.2.11, 8.2.12, 4.2.9 СП 1.13130.2020);
- уклон лестниц на путях эвакуации – не более 1:1 и 2:1 для прохода к одиночным рабочим местам (п.4.4.3 СП 1.13130.2020) – выход из лестничных клеток предусмотрен непосредственно наружу (п. 4.4.11 СП 1.13130.2020);
- эвакуационные металлические лестницы 3-го типа размещены у глухих участков наружных стен, имеющих нормируемый предел огнестойкости - не менее EI 30;
- заполнение дверных проемов – двери металлические и двери противопожарные с пределом огнестойкости не менее EI 30 (п. 4.4.7 СП 1.13130.2020);
- калитки в распашных воротах имеют размеры в свету – не менее 0,8×1,9 м с высотой порога не более 0,15 м (п.8.1.8 СП 1.13130.2020);
- пожароопасные помещения отделены от коридоров перегородками 1-го типа, имеющими предел огнестойкости EI 45 (табл. 23 ФЗ-123);
- двери пожароопасных помещений – противопожарные с требуемым пределом огнестойкости, оборудованы приборами для самозакрывания (табл.24 ФЗ-123);
- двери на путях эвакуации предусмотрены открывающимися по направлению эвакуации (п.4.2.22 СП 1.13130.2020) [14];
- над эвакуационными выходами в здании категории А предусмотрено устройство козырьков, легкобрасываемые конструкции – сэндвич-панели, которые оборудованы тросовыми страховочными устройствами (п.2.1.42 СТУ);
- класс отделочных покрытий стен и потолков (в том числе заполнение

подвесных потолков) в коридорах – не более КМЗ (Г2, В2, ДЗ, Т2, РП2) (табл.28 123-ФЗ).

Рассмотрим возникновение пожара в высотной части здания, на 10-м этаже, вблизи выхода с этажа в одну из лестничных клеток.

С целью расчёта времени скопления на путях эвакуации и времени полной эвакуации из здания используется «программа «СИТИС: Блок 2.55» на основе модуля CFAST (Consolidated Fire Growth and Smoke Transport Model – единая модель развития пожара и перемещения дыма), разработанного Национальным институтом стандартов и технологии США в международной кооперации с научно-исследовательскими организациями США, Канады и Финляндии. На сегодняшний день CFAST является одной из лучших двухзонных моделей для расчета тепломассопереноса при пожаре. Двухзонная модель тепломассопереноса при пожаре предполагает разделение каждого расчетного помещения на два контрольных объема – верхний (дымовой) слой и нижний слой» [16].

@Дополнительными контрольными объемами в помещении с источником пожара являются дымовая струя и припотолочная струя. Многочисленные натурные пожарные испытания подтвердили, что двухзонные модели демонстрируют довольно достоверную картину пожара - горячие дымовые газы скапливаются под потолком, образуя дымовой слой, и параметры внутри слоя отличаются незначительно по сравнению с различием параметров между верхними и нижним слоями» [16].

Пожар происходит в торговом бутике в осях Г-Д/10'-2 (в проектной документации на плане этажа обозначено 2-33) – элемент топологии «02033», расположенном вблизи выхода в лестничную клетку в осях Г-Д/9'-10' (элемент топологии «Лестничная клетка 20»).

По результатам расчетов определено, что:

- через 78 секунд с момента возникновения пожара происходит блокирование его опасными факторами помещения (элемент топологии «10002 а»), смежного с помещением очага пожара, а также

выходов из него в следующее по пути эвакуации помещение (элемент топологии «10003 б») и лифтовой холл (элементы топологии «10012 а», «10012 б»);

- время блокирования опасными факторами пожара выходов из коридора (элемент топологии «10011 в») в лифтовой холл (элементы топологии «10012 а», «10012 б») превышает 300 секунд;
- работа противодымной вентиляции существенно замедляет скорость распространения опасных факторов пожара по этажу, но не предотвращает полностью.

«Для определения вероятности эвакуации определялось время прохождения людскими потоками расчетных точек, размещенных на этаже пожара, и время выхода последнего человека с этажа пожара» [17].

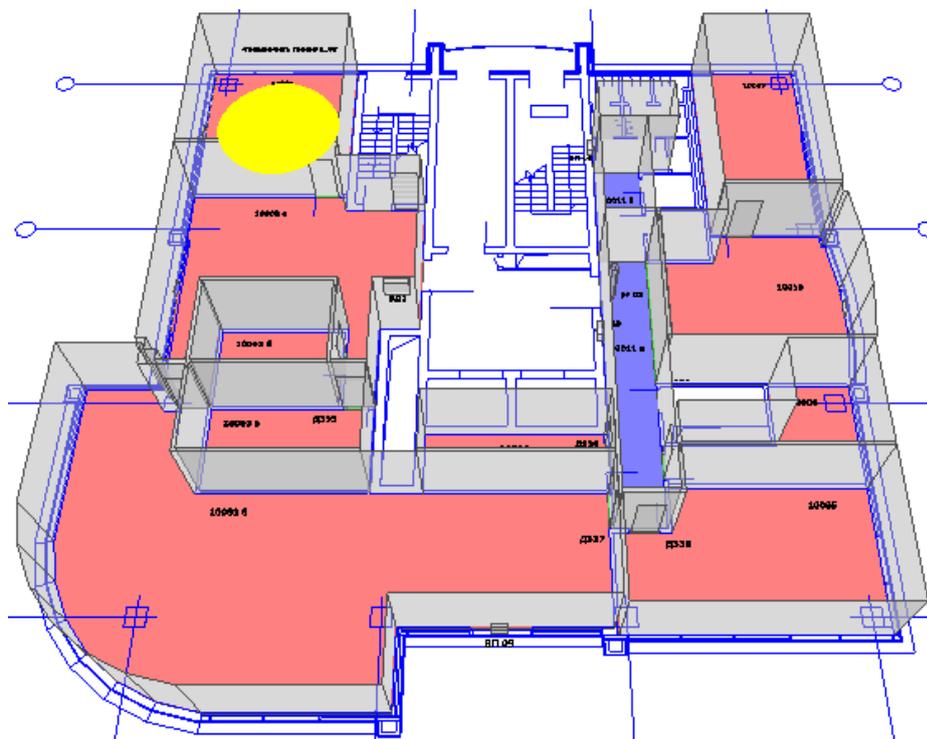


Рисунок 4 – Расчётная область моделирования

При моделировании приняты следующие условия:

- пожар происходит в части этажа в осях Г-Н/1'-1 – элемент топологии

«-01007 б», вблизи выхода в лестничную клетку в осях Ж-И/6'-7' (элемент топологии «Лестничная клетка 21»);

- пожар распространяется внутри помещения до площади 20 м² (площадь, равная сумме площадей двух легковых автомобилей);
- происходит распространение опасных факторов пожара по всей площади помещения;
- распространению пожара в другую часть этажа (в осях А-Н/1-10) препятствует заполнение проемов в противопожарной стене;
- принята типовая пожарная нагрузка «Автомобиль; 0,3×(резина, бензин)+0,15× (ППУ, искожа ПВХ)+0,1×эмаль» по данным [10];
- при моделировании эвакуации учитывается работы вытяжной противодымной вентиляции.

Максимальное количество людей, одновременно находящихся в здании, для оценки соответствия требованиям пожарной безопасности и расчета путей эвакуации, принималось в соответствии с положениями СП 1.13130.2009.

Общее количество людей в помещениях объекта защиты, принятое для расчета времени эвакуации, составило 5 166 человек. В том числе:

- этаж на отметке минус 6,600 (минус 2 этаж) – 86 человек;
- этаж на отметке минус 3,300 (минус 1 этаж) – 77 человек;
- 1-й этаж – 754 человек;
- 1-й «А» этаж (отметка 2,850) – 65 человек;
- 2-й этаж – 949 человек;
- 3-й этаж – 1127 человек;
- 4-й этаж – 926 человек;
- 5-й этаж – 200 человек;
- 6-й этаж – 46 человек;
- 7-й этаж – 50 человек;
- 8-й этаж – 50 человек;
- 9-й этаж – 51 человек;

- 10-й этаж – 50 человек;
- 11-й этаж – 50 человек;
- 12-й этаж – 54 человек;
- 13-й этаж – 49 человек;
- 14-й этаж – 50 человек;
- 15-й этаж – 49 человек;
- 16-й этаж (технический) – 0 человек;
- 17-й этаж – 50 человек;
- 18-й этаж – 50 человек;
- 19-й этаж – 50 человек;
- 20-й этаж – 50 человек;
- 21-й этаж – 50 человек;
- 22-й этаж – 55 человек;
- 23-й этаж – 44 человек;
- 24-й этаж – 50 человек;
- 25-й этаж – 49 человек;
- 26-й этаж – 57 человек;
- 27-й этаж (технический) – 0 человек.

«Размещение людей в помещениях объекта защиты одинаково во всех расчетных сценариях» [16].

«Средняя площадь горизонтальной проекции человека для всех людей, участвующих в расчете времени эвакуации, была принята как для взрослого человека» [16] в зимней одежде.

Обосновывать принятие такого типа проекции для посетителей нет необходимости. Принятие такой площади горизонтальной проекции для работников обусловлена отсутствием общего гардероба: несмотря на то, что работники находятся на своих местах без верхней одежды, хранится она, как в правило, в рабочих кабинетах или вблизи от рабочего места, и в зимнее время года работники будут эвакуироваться в верхней одежде.

При моделировании эвакуации в число эвакуационных выходов и путей эвакуации не включались:

- лестничные клетки, соединяющие подземные и надземные этажи (при эвакуации из подземных этажей);
- лифты и эскалаторы.

Сценарии эвакуации людей определяются выбранными и сформулированными в соответствующих разделах настоящего Отчета сценариями возникновения и развития пожаров.

При моделировании развития пожара (рисунок 4) приняты следующие условия:

- пожар происходит в кабинете – элемент топологии «10001», расположенном вблизи выхода в лестничную клетку в осях М-Н/8' (элемент топологии «Лестничная клетка 11»);
- пожар распространяется внутри помещения до площади 32 м² (площадь, превышающая в два раза площадь, защищаемую одним спринклером);
- происходит распространение опасных факторов пожара из помещения.

С учетом объемно-планировочных решений объекта защиты, в связи с тем, что эвакуационные потоки из различных частей здания (подземная автостоянка, надземная стилобатная часть, высотная часть) не сливаются и не пересекаются, моделирование процесса эвакуации следует проводить отдельно для каждой из трех частей здания.

Для определения времени выхода людей с 10-го этажа, а также времени прохождения эвакуационными потоками участков путей эвакуации, которые могут быть заблокированы опасными факторами пожара, в топологии, на 10-м этаже были расставлены 2 расчетные точки:

- рт 01 – в помещении (элемент топологии «10002 а»), соседнем с помещением очага пожара, перед выходом из него в следующее по пути эвакуации помещение (элемент топологии «10003 б»);

- рт 02 – в коридоре (элемент топологии «10011 в») перед выходом с этажа в лифтовой холл (элементы топологии «10012 а», «10012 б»).

Время полной эвакуации людей из здания до выходов наружу составило:

- через Выход 01 – 8,97 минуты;
- через Выход 05 – 12,83 минуты;
- через Выход 06 – 1,99 минуты;
- через Выход 09 – 10,84 минуты;
- через Выход 11 – 1,67 минуты;
- через Выход 15 – 5,41 минуты;
- через Выход 17 – 1,21 минуты;
- через Выход 18 – 2,98 минуты;
- через Выход 19 – 13,10 минуты;
- через Выход 21 – 3,57 минуты;
- через Выход 22 – 1,74 минуты;
- через Выход 27 – 11,06 минуты.

Время прохождения последнего эвакуирующегося человека через расчетные точки, размещенные перед выходами из 2-го этажа в лестничные клетки и в коридорах 2го этажа, составило:

- рт 03 (элемент топологии «02102») – 4,69 минуты;
- рт 04 (элемент топологии «02104») – 5,00 минут;
- рт 05 (элемент топологии «02106 а») – 5,01 минуты;
- рт 06 (элемент топологии «02103 с») – 4,69 минуты;
- рт 07 (элемент топологии «02103 г») – 2,31 минуты;
- рт 08 (элемент топологии «02103 п») – 1,46 минуты;
- рт 09 (элемент топологии «02103 г») – 1,38 мин;
- рт 10 (элемент топологии «02103 п») – 1,31 мин.

В ходе эвакуации образовывались участки с высокой плотностью людского потока (более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}$).

Время существования скоплений составило 11,01 минуты.

Результаты выполненных расчетов для удобства восприятия и сравнения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты выполненных расчетов эвакуации

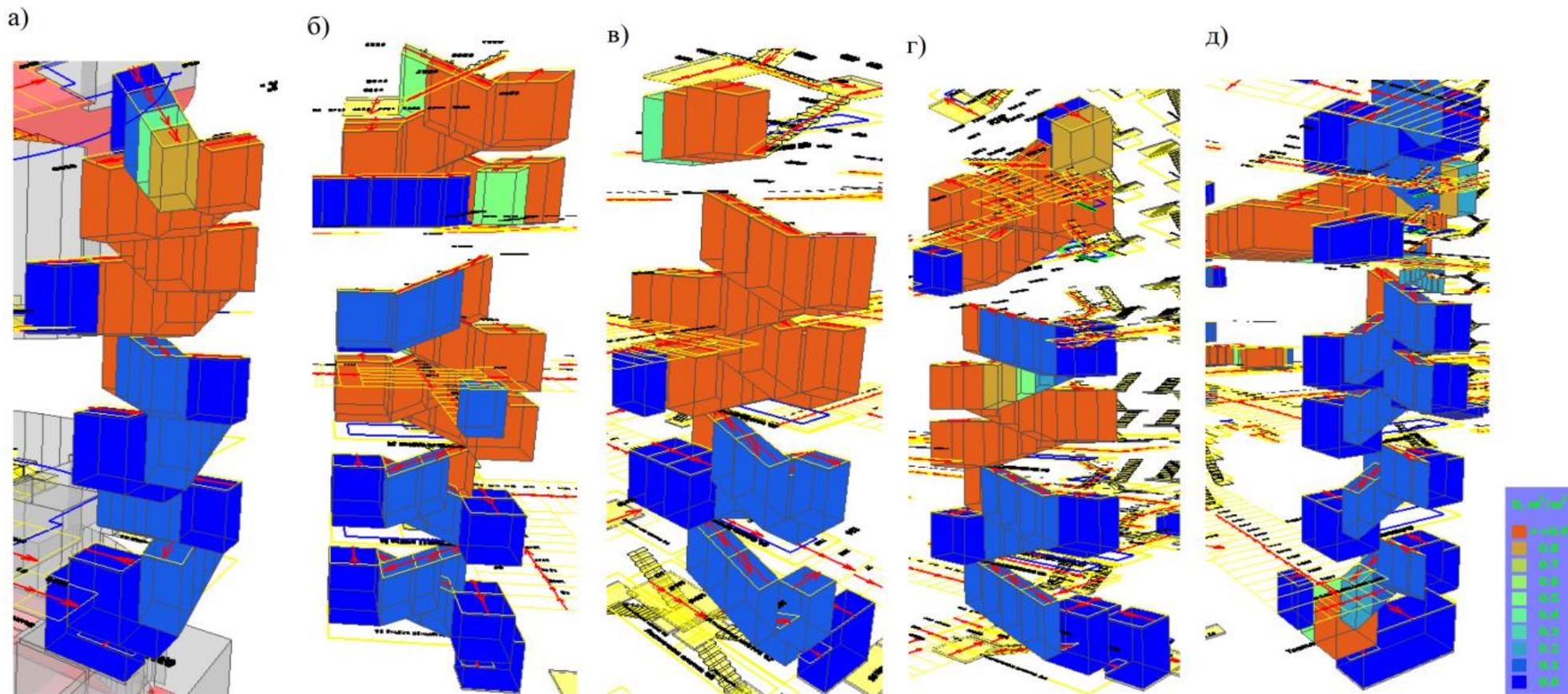
Расчетные точки	Время блокирования путей эвакуации, мин	Расчетное время эвакуации, мин	Время существования скопления, мин.
рт 03	более 6,66	4,69	11,01
рт 04	более 6,66	5,00	
рт 05	более 6,66	5,01	
рт 06	более 6,66	4,69	
рт 07	более 6,66	2,31	
рт 08	3,67	1,46	
рт 09	более 6,66	1,38	
рт 10	3,67	1,31	

Скопления, образуются во всех лестничных клетках (элементы топологии «Лестничная клетка 01», «Лестничная клетка 04», «Лестничная клетка 07», Лестничная клетка 10», «Лестничная клетка 14», «Лестничная клетка 20»), а также перед выходами в них со всех этажей.

Время, существования скоплений, полученное в результате моделирования параметров эвакуации людей превышает максимально допустимое 6 минут.

С целью определения продолжительности существований в каждой лестничной клетке, было проведено отдельное моделирование процесса эвакуации по каждому эвакуационному выходу, где их существование потенциально может быть длительным.

Скопления, образующиеся во всех лестничных клетках, а также перед выходами в них со всех этажей изображены на рисунке 5.



а) Лестничная клетка 01, б) Лестничная клетка 04, в) Лестничная клетка 07,
 г) Лестничная клетка 14, д) Лестничная клетка 20

Рисунок 5 – Иллюстрация процесса эвакуации в лестничных клетках

Были проведены расчеты еще по шести сценариям.

Получены следующие результаты:

- сценарий 1.3 – выход 01, лестничная клетка 01: количество людей, участвующих в расчете – 609 человек; время эвакуации до выхода наружу – 8,97 мин., время существования скоплений – 6,47 минуты;
- сценарий 1.4 – выход 05, лестничная клетка 04: количество людей, участвующих в расчете – 710 человек, время эвакуации до выхода наружу – 12,83 мин., время существования скоплений – 10,9 минуты;
- сценарий 1.5 – выход 09, лестничная клетка 07: количество людей, участвующих в расчете – 590 человек, время эвакуации до выхода наружу – 10,84 мин., время существования скоплений – 9,04 минуты;
- сценарий 1.6 – выход 15, лестничная клетка 10: количество людей, участвующих в расчете – 242 человека, время эвакуации до выхода наружу – 5,41 мин., время существования скоплений – 2,4 минуты;
- сценарий 1.7 – выход 19, лестничная клетка 14: количество людей, участвующих в расчете – 798 человек, время эвакуации до выхода наружу – 13,1 мин., время существования скоплений – 11,01 минуты;
- сценарий 1.8 – выход 27, лестничная клетка 20: количество людей, участвующих в расчете – 677 человек, время эвакуации до выхода наружу – 11,06 мин., время существования скоплений – 8,96 минуты.

Как видно, скопления недопустимой продолжительности образуются абсолютно во всех лестничных клетках стилобатной части здания торгового центра, за исключением «Лестничной клетки 10» (по ней эвакуируются люди только с 5-го и 4-го этажей, общее количество эвакуируемых составляет 242 человека). Это говорит о недостаточном количестве и (или) ширине лестничных клеток.

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что в ходе эвакуации образовывались участки с высокой плотностью людского потока (более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}$), при этом время существования скоплений составило 11,01 минуты.

Скопления, образуются во всех лестничных клетках (элементы топологии «Лестничная клетка 01», «Лестничная клетка 04», «Лестничная клетка 07», Лестничная клетка 10», «Лестничная клетка 14», «Лестничная клетка 20»), а также перед выходами в них со всех этажей.

Время, существования скоплений, полученное в результате расчета параметров эвакуации людей превышает максимально допустимое 6 минут.

Определено, что скопления недопустимой продолжительности образуются абсолютно во всех лестничных клетках стилобатной части здания, что говорит о недостаточном их количестве и (или) ширине.

3 Разработка мероприятий по повышению эффективности эвакуации

Применительно к конкретному зданию можно рассмотреть три варианта решений для снижения уровня его пожарной опасности:

- устройство дополнительных эвакуационных выходов и путей эвакуации из этажей стилобатной части объекта защиты, либо существенное расширение существующих выходов в лестничные клетки и маршей лестниц;
- организация поэтапной эвакуации людей при пожаре, то есть поочередное оповещение людей, находящихся на оставшихся выше этажах и завершающий этап – оповещение людей на оставшихся ниже этажах. Применительно в рассмотренному в ходе работы по сценарию с возникновением пожара на 2-м этаже очередность оповещения должна быть следующей: 2-й этаж – 3-й этаж – 1-й этаж – 4-й этаж – 5-й этаж. Интервалы времени между оповещением каждой зоны (этажа) необходимо определять моделированием эвакуации, чтобы избежать слияния в лестничных клетках эвакуационных потоков, движущихся с различных этажей;
- ограничение количества посетителей, которые могут одновременно находиться в торговой части здания в целом и на каждом из ее этажей до величины, позволяющей избежать существования скоплений в течение времени, превышающего допустимое (6 минут).

Российские и зарубежные «исследователи отмечают следующие ситуации, способствующие возникновению паники:

- ограниченное количество эвакуационных путей и выходов;
- неизбежность возникновения опасности, при которой единственным способом спасания является бегство;
- выход из строя или блокировка путей эвакуации;
- форсированное движение массы людей, не имеющих необходимой

информации, к закрытому пути эвакуации;

- неподготовленность и непродуманность организационных мер администрацией объектов на случай эвакуации при пожаре» [16].

Устройство дополнительных эвакуационных выходов и путей эвакуации из этажей стилобата торгово-офисного центра, а также существенное расширение существующих выходов в лестничные клетки и маршей лестниц представляется мало реализуемым, либо чрезмерно затратным.

В связи с этим, данное решение в дальнейшем рассматриваться и предлагаться для реализации не будет.

Что касается разделения этажей торговой части здания на отдельные зоны оповещения, то этажи в этой части здания соединены эскалаторами, то есть – открытыми проемами в перекрытиях.

Следовательно, возможно преждевременное обнаружение пожара людьми, находящимися на этажах, смежных с этажом пожара – до срабатывания зоны оповещения СОУЭ [13]. В этом случае возможен неконтролируемый ход процесса эвакуации, паника и увеличение тяжести ее последствий. В связи с изложенным выше, это (в другом случае – наиболее рациональное) решение в дальнейшем рассматриваться для реализации не будет.

Для определения величины, до которой необходимо ограничить количество посетителей (покупателей), одновременно находящихся в торговой части здания в целом и на каждом из ее этажей, была проведена еще одна серия вычислительных экспериментов по моделированию эвакуации. В ходе нее последовательно уменьшалось количество людей (покупателей), находящихся в торговых помещениях.

Первоначально количество покупателей было уменьшено на 40 %, то есть количество их определялось из расчета 1 человек не на 3 м², а на 4,2 м² торговой площади. Количество людей в офисных помещениях (кабинетах) и на других рабочих местах не менялось. Общее количество людей, учитываемых в сценарии эвакуации из торговой части здания (Сценарий 1.15)

составило 2768 человек. В том числе по каждому этажу:

- 1-й этаж – 505 человек;
- 1-й «А» этаж – 65 человек (без изменений);
- 2-й этаж – 657 человек;
- 3-й этаж – 738 человек;
- 4-й этаж – 557 человек;
- 5-й этаж – 200 человек (без изменений);
- 6-й этаж – 46 человек (без изменений).

В результате моделирования эвакуации было определено, что и общее время эвакуации, и время выхода людей с этажей здания, и время существования скоплений уменьшились в среднем на 30%. Время существования скоплений составило 7,49 минут, что также превышает максимально допустимое значение (6 минут).

А следовательно, такого уменьшения количества людей в торговой части здания не достаточно.

В связи с этим, для последующих вычислений количество покупателей было уменьшено на 50% от первоначального их числа. То есть количество их определялось из расчета 1 человек на 6 м² торговой площади. Численность людей в офисных помещениях (кабинетах) и на других рабочих местах не изменялась. Общее количество людей, учитываемых в сценарии эвакуации из торговой части здания (сценарий 1.16) составило 2 221 человек. В том числе по каждому этажу:

- 1-й этаж – 423 человека;
- 1-й «А» этаж – 65 человек (без изменений);
- 2-й этаж – 455 человек;
- 3-й этаж – 569 человек;
- 4-й этаж – 463 человека;
- 5-й этаж – 200 человек (без изменений);
- 6-й этаж – 46 человек (без изменений).

В результате моделирования эвакуации было определено, что и общее время эвакуации, и время выхода людей с этажей здания, и время существования скоплений уменьшились в среднем на 40 %. Время существования скоплений составило 5,63 минут, что не превышает максимально допустимое значение (6 минут).

Следовательно, такое уменьшение количества людей в торговой части здания, хотя и не предотвращает полностью существование скоплений, но достаточно для обеспечения безопасной эвакуации людей.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре из торговой части ТОО необходимо и достаточно ограничить количество посетителей (покупателей), которые могут одновременно находиться в торговой части здания в целом и на каждом из ее этажей таким образом, чтобы общее количество людей в этажах с 1-го по 6-й не превышало 2220 человек, но не более 570 человек на любом из этажей.

Для контроля за количеством посетителей (покупателей) в торговом центре, а также на каждом его этаже, рекомендуется оборудовать здание системой подсчёта посетителей, хотя как и в какое время при обнаружении превышении этого количества действовать – не определено и практически не осуществимо. При помощи организационных мероприятий не возможно закрыть вход в определённый этаж здания, так как это ещё больше может усугубить ситуацию со скоплением людей, во-первых – произойдёт закрытие дверей и скопление людей за закрытыми дверями, во-вторых, увеличится скопление людей на этажах выше или ниже. Возможно перераспределение людей во время эвакуации с более загруженных путей эвакуации со скоплениями людей на свободные пути эвакуации с учётом распространения опасных факторов пожара.

В организации должен быть разработан план действий при пожаре. Изучение и ознакомление с ним сотрудников должно быть оформлено под роспись в журнале регистрации инструктажа по пожарной безопасности. На рабочих местах на стендах и (или) пожарных щитах необходимо размещение

памятки «Действия при пожаре» с указанием номеров телефонов для вызова спецслужб и описанием действий для сотрудников, необходимых для ликвидации возгорания.

В качестве мер по снижению существования скоплений предлагается установить систему организации динамической эвакуации из помещений торговой части центра.

Системы организации динамической эвакуации из «помещений из зданий с массовым пребыванием людей большое развитие получили в западных странах» [18].

«За последнее десятилетие исследователи добились значительного прогресса в разработке технологий и инструментов для управления эвакуацией при пожаре» [18].

Шиану, Лу и Чан [21] предложили систему управления пожаром, которая интегрирует информационное моделирование зданий (BIM) с датчиками и мониторами. Когда датчик активируется, система может мгновенно отобразить план этажа и комнаты места возгорания в 3D-модели и подключиться к мониторам, назначенным для мониторинга предполагаемой зоны возгорания, чтобы определить подлинность пожарной тревоги.

Ван [22] предложил модуль управления предотвращением крупных скоплений на путях эвакуации на основе информационного моделирования зданий (BIM), который связывает модуль с программным обеспечением для моделирования пожаров (Fire Dynamic Simulator, или FDS) для создания маршрутов эвакуации с использованием трехмерных функций BIM и прогнозирования времени, необходимого для безопасной эвакуации персонала.

Вехбе и Шахрур [23] предложили интеллектуальную систему эвакуации при пожаре, которая объединяет информационное моделирование зданий (BIM) и интеллектуальные технологии для повышения безопасности жильцов во время эвакуации при пожаре. Система обеспечивает следующие возможности: раннее обнаружение пожара, оценку данных об окружающей

среде, определение наилучшего пути эвакуации и информирование жильцов о наилучших маршрутах эвакуации.

Фэн и Камат [18] предложили вычислительную структуру, называемую поиском пути в помещении, которая использует маркеры дополненной реальности в качестве пространственных индексов для связи физических местоположений с виртуальной информацией, относящейся к этим местоположениям. Это предлагает новую перспективу использования маркеров дополненной реальности и работает на мобильных устройствах. Эксперименты показали, что поиск пути в помещении эффективен, удобен и подходит для принятия решений, включающих набор дискретных пространственных местоположений.

Аджиски, Десподов и Серафимовски [16] предложили прототип системы, которая использует доступные технологии для интеграции информации об «оценке риска пожара, обнаружении пожара, осведомленности о ситуации безопасности и эффективной системе эвакуации, отображаемой на смартфоне, для создания интеллектуальной и двусторонней системы пожарной безопасности» [16].

Руппель и Шатц [20] предложили новый серьезный игровой подход, основанный на информационном моделировании зданий (BIM), для изучения влияния условий здания на поведение человека во время процесса эвакуации в экстремальных ситуациях.

Ченг [17] предложил использовать BIM для строительства зданий в трехмерных моделях масс, интегрируя информацию о противопожарном оборудовании, информацию с датчиков Bluetooth и информацию об оптимизации маршрутов для эвакуации и предотвращения пожаров.

Ченг [17] предложил инновационную интегрированную технологическую структуру для прототипирования экспериментальной версии BIM, IoT и AR/VR.

Хотя большинство исследований преследуют схожие цели, наблюдается недостаток исследований систем информационного моделирования зданий

(BIM) и дополненной реальности (AR), которые интегрируются с мобильным телефоном пользователя для предоставления информации в режиме реального времени по следующим темам:

- текущее местоположение;
- выход;
- рассчитать кратчайший маршрут эвакуации из текущего местоположения в пункт назначения;
- виртуальная зеленая линия, голос и стрелка направления эвакуации.

Информационные технологии, особенно технологии визуализации, были разработаны и широко используются в строительных проектах для повышения безопасности. Основная цель заключается в подготовке инструментов и руководств по эвакуации, которые помогут «людям эвакуироваться из опасных мест в случае пожара, а также в предоставлении достаточной информации и планирования для предотвращения пожара» [19]. Кроме того, передача информации по безопасности между участниками может быть улучшена с помощью инновационных технологий [19].

Технологии и инструменты визуализации, включая технологию информационного моделирования зданий (BIM) и 3D-технологии погружения, такие как дополненная реальность (AR), доступны для улучшения управления пожарной безопасностью. В последние годы растет интерес к использованию информационного моделирования зданий (BIM) в строительном секторе из-за его преимуществ и экономии ресурсов при проектировании, планировании и строительстве новых зданий.

Эффективная эвакуация при пожаре является одним из наиболее важных примитивных ответов на возможные загорания [21]. Однако окружающая среда здания постоянно меняется, загорания становятся труднопредсказуемыми, а маршруты эвакуации не могут идентифицировать местоположения людей. Таким образом, трудно предсказать потенциальные опасности, когда пожар происходит на объектах с массовым пребыванием людей.

Технология визуализации является эффективным средством коммуникации [22] для систем эвакуации при пожаре. Преимущества методов визуализации следующие: отображение сложных данных в понятном виде, визуальное определение опасной зоны, обеспечение принятия решений и взаимодействия между персоналом и инженерами для решения проблем.

Международные стандарты определяют информационное моделирование зданий (BIM) как общее цифровое представление физических и функциональных характеристик любого построенного объекта, которое формирует надежную основу для принятия решений. Информационное моделирование зданий (BIM) является одним из самых значительных последних достижений в архитектурной, инженерной и строительной отрасли и особенно полезно для высотных и сложных зданий. Оно помогает визуализировать и координировать работу, избегать ошибок, обнаруживать конфликты, улучшать управление безопасностью.

Информационное моделирование зданий (BIM) создает возможность для сообщества строить устойчивые здания и лучшие объекты с меньшими ресурсами и меньшим риском по сравнению с предыдущим опытом в этой области [19]. Кроме того, информационное моделирование зданий (BIM) является инструментом, который позволяет создавать и поддерживать виртуальную трехмерную координацию мероприятий, связанных с эвакуацией, отображая четкую планировку участка в трехмерной визуализации. Таким образом, информационное моделирование зданий (BIM) может сыграть важную роль в предоставлении актуальной и точной информации о здании в чрезвычайных ситуациях благодаря своему всеобъемлющему и стандартизированному формату данных и интегрированному процессу.

Дополненная реальность (AR) – это технология, которая позволяет накладывать виртуальную информацию, созданную компьютером, на вид пользователя реальной сцены на устройстве отображения. Эта технология позволяет визуализировать реальную среду с помощью применения

компьютерного цифрового дополнения, предоставляя высоконаглядный и интерактивный метод включения цифрового контента, такого как текст, изображения, 3D-модели и звук, в реальный мир. Таким образом, дополненная реальность (AR) может улучшить восприятие пользователя с помощью визуального открытия, которое, в свою очередь, определяется как технология, которая удовлетворяет любопытство пользователя относительно окружающего мира, предоставляя ему информацию и соответствующий контент при выборе объектов и изображений в поле зрения [18].

В настоящее время дополненную реальность (AR) можно разделить на следующие две категории:

- триггерные, которые представляют собой бумажные или объектные маркеры и местоположение GPS;
- динамические дополнения объектов и сложные дополнения.

Эта технология позволяет пользователям взаимодействовать с реальными и виртуальными объектами путем наложения цифровой информации и трехмерных объектов на реальные объекты, улучшая принятие решений и предоставляя доступ к информации в реальном времени.

Кроме того, некоторые исследователи предположили, что классификации, основанные на функциональных характеристиках типов дополненной реальности (AR), могут учитывать соответствующие проблемные области.

В целом, исследование продемонстрировало, что интеграция BIM и AR может быть применена и способствовать автоматическому обновлению цифровой модели, хранению данных в стандартном формате файла, отображению местоположения пользователя в виртуальной среде и представлению кратчайшего виртуального маршрута эвакуации при пожаре. Кроме того, это может быть использовано в качестве эффективного инструмента для поддержки принятия решений, позволяя пользователям ясно и легко воспринимать и понимать информацию.

Бесперебойный обмен информацией был важным направлением этого

исследования, поэтому были использованы формат файла Autodesk Naviswork (NWD) и IFC в качестве стандартного формата файла. Сначала модель IFC экспортируется в формат файла Autodesk Filmbox (FBX) и интегрируется в игровой движок Unity для создания виртуальной модели в виртуальной среде. Эта модель генерирует набор данных пожарных выходов и маркеров, которые используются для отображения местоположения пользователя в виртуальной среде. Затем скрипты используют созданные данные для расчета кратчайшего маршрута эвакуации. Наконец, предлагаемая система может визуализировать и обнаруживать маркеры, которые запускают отображение местоположения и представляют кратчайший маршрут эвакуации на реальной сцене в режиме реального времени.

Целью уровня приложений также является хранение, анализ, интеграция и визуализация данных на платформах и моделях с использованием технологий ИИ, машинного обучения и моделирования. Используя все доступные данные и ресурсы модели, созданные на виртуальном уровне, он может выполнять различные функции и способствовать принятию расширенных решений. Эти функции включают замену или ремонт оборудования на основе модели принятия решений.

Более того, он может предоставить решение модели эвакуации при пожаре, которое предлагает такие функции, как обнаружение пожара, планирование пути эвакуации, «управление предупреждением о пожаре и отслеживание людей. Этот уровень также обеспечивает оповещения о пожаре на основе датчиков IoT и анализа данных для активации чрезвычайных ситуаций при пожаре. Кроме того, система реализует действия для противопожарной защиты» [18], такие как закрытие дверей, выключение оборудования, запуск автоматического пожаротушения или управление системами дымоудаления. Проще говоря, система принимает эффективные меры в отношении блокировок дверей, освещения и управления критически важным оборудованием, чтобы ограничить распространение пожара и связанный с ним ущерб. Также предусмотрена световая и голосовая

сигнализация.

Уровень взаимодействия с пользователем представляет собой наивысший уровень реализации в рамках предлагаемой структуры динамической эвакуации, облегчая взаимодействие между людьми, такими как руководители объектов, пожарные подразделения, посетители, и цифровыми средами. Он помогает пожарным направлять людей по оптимальному безопасному пути эвакуации при пожаре к выходу.

Более того, он помогает менеджерам объектов визуализировать и проверять информацию, связанную с системами пожарной безопасности в здании, используя технологию AR. Основные интерфейсы для внедрения комплексного управления пожарной безопасностью и взаимодействия включают технологию AR, сокращая разрыв между физическими и виртуальными пространствами [18]. Это включает такие задачи, как поиск и прогнозирование оптимальных маршрутов эвакуации при пожаре, а также улучшение информации и коммуникации между заинтересованными сторонами. Эксперименты на основе AR использовались не только для изучения поведения при эвакуации, но и для улучшения систем управления в чрезвычайных ситуациях. В чрезвычайных ситуациях использование технологии дополненной реальности помогает спасателям лучше рассмотреть опасность и окружающую обстановку, что позволяет им принимать обоснованные решения и предпринимать необходимые действия [19].

Исследователи разработали систему навигации и экстренной эвакуации в помещениях на основе машинного обучения и дополненной реальности, которая направляет пользователей к оптимальным путям эвакуации. Эта система может повысить безопасность во время чрезвычайных ситуаций и улучшить навигацию в помещениях. Аналогичным образом, Чен [17] использовал дополненную реальность для внедрения алгоритма быстрого управления потоком в реальной системе эвакуации. Цай и Яу [20] использовали дополненную реальность, планирование маршрута и трехмерную графику для предоставления руководства по пути эвакуации в

случае радиоактивной аварии. Внедрение дополненной реальности в структуру является решающим фактором для повышения эффективности общения в реальном времени между заинтересованными сторонами. Технология дополненной реальности используется для улучшения процесса принятия решений путем предоставления визуального представления и интеграции решений в реальной среде. Он предлагает интерактивное взаимодействие и удаленное управление, например, в чрезвычайных ситуациях, таких как эвакуация при пожаре, для которых AR может направлять жильцов в безопасное место, отображая наиболее эффективный маршрут.

Система I-FireS инициирует процесс эвакуации, используя данные датчиков для оценки местоположения пожара.

В качестве указателя направления эвакуации предлагается динамический указатель «Молния-12 SMART», представленный на рисунке 6.

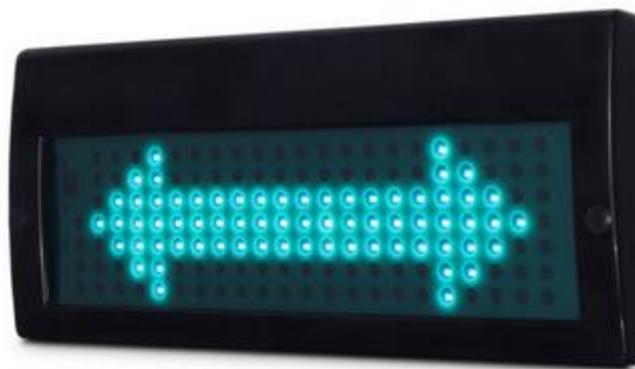


Рисунок 6 – Динамический указатель «Молния-12 SMART»

«Табло выполнено в виде светящейся динамической стрелки, которая может менять направление: влево, вправо, в обе стороны. В зависимости от пожарной обстановки, динамический указатель световая стрелка Молния-12 SMART позволяет реализовать различные варианты эвакуации из здания» [23].

Чтобы направить людей на то, чтобы быстро и безопасно покинуть место

пожара, крайне важно исследовать и создать интеллектуальную систему эвакуации, которая использует интеллектуальный алгоритм для организации плана эвакуации соответствующим образом в ответ на состояние пожара, проверяет конструкцию здания и получает информацию о месте пожара [18]. Разрабатывая искусственные технологии, модель динамического пути эвакуации при пожаре была применена для пожарной безопасности [18]. В соответствии с воспринимаемой значимостью атрибутов, сопоставленных с их статистической значимостью, определяется набор атрибутов. Алгоритмы, включающие машинное обучение, могут помочь в лучшем выборе важнейших атрибутов [19]. При возникновении пожара графическая информационная система (ГИС) объединяет данные о местоположении людей в реальном времени, предоставляет план эвакуационного пути с использованием алгоритма искусственного интеллекта для спасения жизней людей, а голосовая трансляция может использоваться для того, чтобы направить людей в безопасное место, чтобы покинуть опасную зону в случае возникновения пожара.

Лазерные проекторы на потолке проецируют путь эвакуации к правильному выходу с помощью стрелок на полу, направляя людей. Кроме того, эффективный процесс эвакуации осуществляется с помощью аудиоуказаний из динамиков, что обеспечивает четкую и эффективную стратегию выхода.

Динамическая поддержка принятия решений: непрерывно обрабатывая входящие данные, ИИ может адаптировать рекомендации по развертыванию ресурсов и маршрутам эвакуации в ответ на меняющиеся условия.

Среди отечественных производителей динамическую систему управления эвакуацией «Стрелец-ПРО» с использованием ИИ предлагает ЗАО «Аргус-Спектр» в составе комплексного прибора «Аврора-ДОР».

Улучшенная коммуникация: обмен данными в режиме реального времени между агентствами и спасателями обеспечивает скоординированные усилия, повышая общую эффективность управления пожарными

чрезвычайными ситуациями.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что уменьшение количества людей в торговой части здания, хотя и не предотвращает полностью существование скоплений, но достаточно для обеспечения безопасной эвакуации людей.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре из торговой части ТОО необходимо и достаточно ограничить количество посетителей (покупателей), которые могут одновременно находиться в торговой части здания в целом и на каждом из ее этажей таким образом, чтобы общее количество людей в этажах с 1-го по 6-й не превышало 2220 человек, но не более 570 человек на любом из этажей.

При помощи организационных мероприятий не возможно закрыть вход в определённый этаж здания, так как это ещё больше может усугубить ситуацию со скоплением людей, во-первых – произойдёт закрытие дверей и скопление людей за закрытыми дверями, во-вторых, увеличится скопление людей на этажах выше или ниже. Возможно перераспределение людей во время эвакуации с более загруженных путей эвакуации со скоплениями людей на свободные пути эвакуации с учётом распространения опасных факторов пожара. Данные в реальном времени могут использоваться для разработки стратегий эвакуации путем определения безопасных маршрутов.

Среди отечественных производителей динамическую систему управления эвакуацией «Стрелец-ПРО» с использованием ИИ предлагает ЗАО «Аргус-Спектр» в составе комплексного прибора «Аврора-ДОР».

4 Охрана труда

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [6] произведём оценку профессиональных рисков.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных инцидентов, потенциальных вредных факторов, которые допускаются в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна выявлять риски, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. «После сопоставления результатов обследования с реестром опасностей составляется перечень идентифицированных опасностей и оцененных рисков на рабочем месте» [6].

Реестр опасностей сборщика заказов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Реестр опасностей сборщика заказов

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
3	Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
6	Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
15	Высокая влажность окружающей среды, в рабочей зоне, в том числе, связанная с климатом (воздействие влажности в виде тумана, росы, атмосферных осадков, конденсата)	15.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма
22	Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме

Продолжение таблицы 2

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
23	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках

Реестр опасностей доставщика заказов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Реестр опасностей доставщика заказов

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
3	Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
		3.5	Падение с транспортного средства
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
15	Высокая влажность окружающей среды, в рабочей зоне, в том числе, связанная с климатом (воздействие влажности в виде тумана, росы, атмосферных осадков, конденсата)	15.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма
22	Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме

Продолжение таблицы 3

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
23	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках

Реестр опасностей грузчика в разгрузочной зоне представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр опасностей грузчика в разгрузочной зоне

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
2	Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов	2.1	Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ
3	Скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
22	Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме

Продолжение таблицы 4

Номер опасности	Опасность	ID	Опасное событие
23	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках

«Оценка риска, R:

- 1-8 (низкий);
- 9-17 (средний);
- 18-25 (высокий)» [7].

На каждом рабочем месте заполняется Анкета (таблица 5) в соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» [7].

Таблица 5 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, A	Коэффициент, A	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Сборщик заказов на складе	3	3.1	3	3	2	2	6	Низкий
		3.2	3	3	2	2	6	Низкий
	6	6.1	2	2	5	5	10	Средний
	15	15.1	3	3	3	3	9	Средний
	22	22.1	2	2	3	3	6	Низкий
Доставщик	3	3.1	3	3	2	2	6	Низкий
		3.2	3	3	2	2	6	Низкий
	7	7.2	2	2	5	5	10	Средний
	15	15.1	3	3	3	3	9	Средний

Продолжение таблицы 5

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Доставщик	22	22.1	2	2	3	3	6	Низкий
	27	27.6	2	2	5	5	10	Средний
Грузчики в разгрузочной зоне	2	2.1	3	3	3	3	9	Средний
	3	3.1	4	4	3	3	12	Средний
		3.4	4	4	2	2	8	Низкий
	7	7.1	3	3	4	4	12	Средний
	22	22.1	3	3	4	4	12	Средний
	23	23.1	4	4	3	3	12	Средний

Оценка вероятности воздействия опасностей на работников представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценка вероятности воздействия опасностей

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1
2	Маловероятно	Сложно представить, однако может произойти. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	2
3	Возможно	Иногда может произойти. Зависит от обучения (квалификации). Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая.	3
4	Вероятно	Зависит от случая, высокая степень возможности реализации. Часто слышим о подобных фактах. Периодически наблюдаемое событие.	4
5	Весьма вероятно	Обязательно произойдет. Практически несомненно. Регулярно наблюдаемое событие.	5

Оценка степени тяжести последствий воздействия опасностей представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 1.

$$R=A \cdot U, \quad (1)$$

где А – «коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий» [7].

«Необходимо использовать превентивные меры управления профессиональными рисками (наблюдение за состоянием здоровья работника, осведомление и консультирование об опасностях и профессиональных рисках на рабочих местах, инструктирование и обучение по вопросам системы управления профессиональными рисками» [7].

Меры управления рисками представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Меры управления рисками

Опасность	Источник опасности	Меры управления риском
Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам	Скользкие поверхности после проведения мытья полов или при таянии снега с обуви посетителей ТЦ	«Обеспечить зоны мытья полов специальными знаками (конусами) сигнализирующих о скользкой поверхности. В местах входа в здании установить напольные покрытия, впитывающие талый снег и воду» [6]
«Наезд транспорта на человека» [6]	Погрузчики	«Организация специальных зон перемещения погрузчиков (разделение потоков передвижения людей и транспортных средств)» [6]
Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме	Груз, находящийся в штабелях, стеллажах, вилах погрузчика	«Создание устройств (ограждений), которые не допускают падения складированного товара со стеллажей. Инструктирование по правилам работы погрузчика» [6]

Вывод по разделу.

В разделе определено, что основные профессиональные риски воздействуют на работников службы доставки и склада. Опасности связаны в основном при перемещении тяжелых грузов.

Определены мероприятия по снижению рисков.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки [4] многофункционального торгово-офисного центра на окружающую среду (таблица 9).

Таблица 9 – Антропогенная нагрузка объекта

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
Многофункциональный торгово-офисный центр	Здание ТОЦ	Газообразные	Сточные воды	ТКО
Количество в год		0,03821 т	0,03 т	100,102 т

Определим, соответствуют ли технологии наилучшим доступным. Результаты анализа технологии на производстве представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты соответствия технологий на производстве [9]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
номер	наименование		
1	Здание ТОЦ	Очистка выбросов	Соответствуют

Перечень загрязняющих веществ представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень загрязняющих веществ

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Азота диоксид
2	Азот (II) оксид
3	Углерод оксид

Результаты ПЭК представлены в таблицах 12-14.

Таблица 12 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Номер источника	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	номер	наименование	номер	наименование							
1	1	Здание ТОО	1	Вентиляция	Азота диоксид	0,0253	0,0189	–	25.02.2023	–	–
					Азот (II) оксид	0,00635	0,00251	–	25.02.2023	–	–
					Углерод оксид	0,0589	0,0168	–	25.02.2023	–	–
Итого						0,09055	0,03821	–	–	–	--

Таблица 13 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективность очистки сточных вод, %	
			Проектный	Допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	Фактический			Проектное	Допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	Фактическое	Проектная	Фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 14 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчётный 2023 год

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	«Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства» [8]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,002	0	0	0,002
2	Мусор и смет производственных помещений малоопасный	73321001724	4	0	0	60,000	0	60,000	0
3	Смет с территории предприятия малоопасный	7 33 390 01 71 4	4	0	0	40,000	0	40,000	0

Продолжение таблицы 14

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства	4 05 122 02 60 5	5	0	0	0,100	0	0,100	0

Продолжение таблицы 14

№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн					
	всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения
	11	12	13	14	15	16
1	0,002	–	–	–	–	0,002
2	60,000	–	–	–	–	60,000
3	40,000	–	–	–	–	40,000
4	0,100	–	–	–	–	0,100

Продолжение таблицы 14

№ стр ок и	Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
	всего	хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	захоронение на собственных ОРО	хранение на сторонних ОРО	захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление
	17	18	19	20	21	22	23
1	0,002	0	0	0	0,002	0	0
2	60,000	0	0	0	60,000	0	0
3	40,000	0	0	0	40,000	0	0
4	0,100	0	0	0	0,100	0	0

«Для снижения негативного воздействия на период эксплуатации образующихся отходов, предусмотрены следующие мероприятия:

- накопление отдельных видов отходов в зависимости от их класса опасности, агрегатного состояния для обеспечения их переработки, утилизации или размещения на полигоне ТКО по существующей схеме предприятия;
- своевременный вывоз всех образующихся отходов в соответствии с санитарными нормами и правилами по существующей схеме предприятия;
- разработка инструкций по сбору, временному накоплению, перевозке и мерам безопасности при обращении с отходами производства и потребления;
- ведение достоверного учета наличия, образования, утилизации и размещения всех видов отходов» [3].

«Накопление отходов, образующихся в период эксплуатации, должно производиться отдельно в контейнерах для строительных и коммунальных отходов, размещаемых на специально организуемых площадках, позволяющих распределить весь объем отходов. Устройство мест накопления отходов производится в границах землеотвода, с соблюдением действующих экологических и санитарных норм» [3].

Для накопления отходов должна быть предусмотрена организованная водонепроницаемая площадка с установкой на ней металлических контейнеров с крышками. Площадка накопления отходов должна иметь уклон для отведения талых и дождевых сточных вод. К площадке предусмотрен свободный проезд спецтехники.

Вывоз образующихся отходов осуществляется специализированным автотранспортом на договорных условиях.

«Нормы накопления всех видов отходов регламентируется санитарно-гигиеническими правилами. Предельный объем временного накопления отходов определяется наличием свободных площадей для их временного

накопления с соблюдением условий беспрепятственного подъезда транспорта для погрузки и вывоза отходов на объекты размещения общегородского назначения. Периодичность вывоза отходов определяется степенью их токсичности, емкостью тары для временного хранения, нормативами предельного накопления, правилами техники безопасности, а также грузоподъемностью транспортных средств, осуществляющих вывоз отходов» [3].

Периодичность вывоза отходов из мест их накопления предусматривается не реже 1 раза в 11 месяцев.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что ответственные лица объектов, где могут образовываться отходы должны осуществлять контроль за соблюдением требований по обращению с отходами производства и потребления.

Для выполнения мероприятий по охране окружающей среды от отходов производства и потребления на объекте, должен осуществляться контроль: за своевременным вывозом отходов, за размещением отходов, за состоянием мест накопления.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Основными аварийными ситуациями могут быть:

- пожары;
- аварии в системах водо-, тепло и электроснабжения, водоотведения (канализования) и вентиляции;
- чрезвычайно опасные природные явления и процессы (землетрясения, ураганные ветры, затопление при разливе рек);
- террористические акты.

В соответствии с п.3.1 ГОСТ Р 22.3.03-94 [1] «для защиты персонала предусматриваются:

- эвакуация из зоны ЧС;
- использование СИЗ;
- проведение мероприятий медицинской защиты;
- проведение АСДНР в зоне ЧС» [1].

Применение комплекса мероприятий по «защите персонала в ЧС обеспечивается своевременным доведением с помощью мобильных средств связи до персонала установленных сигналов и порядка действий в конкретно складывающейся обстановке (п.5 Правил поведения, обязательных для исполнения гражданами и организациями, при введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации, утвержденных постановлением Правительства РФ от 02.04.2020 № 417» [5].

На основании проектных решений единовременное количество в одном из помещений до 500 человек.

На основании вышеизложенных данных и таблицы 1 СП 132.13330.2011 [10] здание торгового центра оборудовано:

- системой контроля и управления доступом (установлены турникеты-триподы и арочные металлодетекторы);
- системой охранной телевизионной;
- системой охранной и тревожной сигнализации;

- системой экстренной связи.

Размещение данных систем выполняется специализированной организацией, имеющей лицензию на выполнение вышеуказанных работ.

Интерес для террористов представляют также источники поступления энергоресурсов, поскольку воздействие на них может вызвать нарушения в нормальном ходе технологического процесса, и, следовательно, повышается вероятность аварийной ситуации на объекте.

Объект оборудован комплексом технических средств охраны, в состав которых входят:

- система охранной сигнализации периметра;
- система охранная телевизионная.

Объект оборудован обеспечивающими системами, в том числе:

- система электропитания;
- система охранного освещения;
- систему кабельных коммуникаций [2].

В качестве мер предупредительного характера. С целью снижения вероятности теракта на объекте, необходимо:

- ужесточение пропускного режима при входе и въезде на территорию объекта, бесперебойная работа систем сигнализации, аудио- и видеозаписи;
- систематический ежедневный обход территории предприятия и осмотр всех мест на предмет своевременного выявления посторонних предметов, подозрительных на взрывные устройства;
- систематическая проверка помещений.

Предусмотрено наружное освещение территории прожекторами со светодиодными лампами, установленными на прожекторной мачте, внутреннее и наружное освещение блочных зданий. Управление освещением предусмотрено ручное и автоматическое от ящика управления освещением, установленного на площадке обслуживания КТП.

Паспорт безопасности представлен в приложении А.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что Интерес для террористов представляют также источники поступления энергоресурсов, поскольку воздействие на них может вызвать нарушения в нормальном ходе технологического процесса, и, следовательно, повышается вероятность аварийной ситуации на объекте.

Объект оборудован комплексом технических средств охраны. Размещение данных систем выполнено специализированной организацией, имеющей лицензию на выполнение вышеуказанных работ.

Предусмотрено наружное освещение территории прожекторами со светодиодными лампами, установленными на прожекторной мачте, внутреннее и наружное освещение блочных зданий. Управление освещением предусмотрено ручное и автоматическое от ящика управления освещением, установленного на площадке обслуживания КТП.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе предложена архитектура для системы эвакуации при пожаре представляет собой интегрированную структуру для хранения данных о местоположении в 3D-модели и кратчайшего маршрута эвакуации при пожаре для каждого пользователя в здании.

В работе установлено, что предлагаемая система предоставляет информацию в реальном времени, например, текущее местоположение эвакуируемого, которое используется для расчета расстояния от текущего местоположения до выхода. Если пользователь отходит далеко от выхода или не следует указаниям по эвакуации, предлагаемая система пересчитает расстояние от текущего местоположения и отобразит пользователю информацию в реальном времени в следующий раз.

План реализации данных мероприятий представлен в таблице 15.

Таблица 15 – План реализации предложенных мероприятий

Мероприятие	Цель	Срок	Исполнитель	Источник финансирования
Проектирование динамической системы эвакуации	Проведение эвакуации при пожаре в пределах нормированного времени	2025 год	Проектная организация	Бюджет ТЦ
Монтаж динамической системы эвакуации		2025 год	Монтажная организация	Бюджет ТЦ
Обучение персонала		2025 год		Бюджет ТЦ

Адаптивные планы эвакуации: данные в реальном времени могут использоваться для разработки стратегий эвакуации путем определения безопасных маршрутов и потенциальных опасностей, обеспечивая безопасность людей.

Распределение ресурсов: аварийно-спасательные службы могут корректировать свою тактику на основе оперативных данных, направляя

ресурсы в районы с наибольшим риском.

Стоимость затрат на реализацию мероприятий приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Стоимость затрат на реализацию мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование динамической системы эвакуации	50000
Монтаж динамической системы эвакуации	1000000
Обучение персонала	100000
Итого:	1150000

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
«Время локализации пожара» [12]	мин	t	30	10
«Удельная стоимость материальных ценностей» [12]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^{м.ц}$	70000	70000
«Удельная стоимость ремонтных работ» [12]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^p$	15000	15000
«Удельные издержки при восстановительных работах» [12]	руб.·м ⁻²	$I_{уд}$	10000	10000
«Удельные единовременные вложения в здание (сооружение)» [12]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^з$	15000	15000
«Удельные единовременные вложения в оборудование» [12]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^o$	15000	15000
«Прибыль объекта» [12]	руб.·дни ⁻¹	$П_{пр}$	50000000	50000000
«Продолжительность простоя объекта» [12]	дни	$T_{пр}$	120	10
«Линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки» [12]	м·с ⁻¹	I	1,5	1,5
«Вероятность возникновения пожара» [12]	год ⁻¹	$Q_{п}$	6×10^{-4}	6×10^{-4}

Рассчитаем площадь пожара по формуле 2.

$$F'_n = \pi \times (I \cdot t)^2, \quad (2)$$

где I – «линейная скорость распространения по поверхности материала

пожарной нагрузки, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$;

t – время локализации пожара, с» [12].

$$F'_{\text{п-1}}=3,14\times(1,5\cdot 20)^2=1256 \text{ м}^2,$$
$$F'_{\text{п-2}}=3,14\times(1,5\cdot 10)^2=706,5 \text{ м}^2,$$

Математическое ожидание экономических потерь от пожара ($M(\Pi)$) вычисляются по формуле 3.

$$M(\Pi)=M(\Pi_{\text{н.б}})+M(\Pi_{\text{о.р}})+M(\Pi_{\text{н.о}}) \quad (3)$$

где $M(\Pi_{\text{н.б}})$ – «математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства, $\text{руб}\cdot\text{год}^{-1}$;

$M(\Pi_{\text{о.р}})$ – математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара, $\text{руб}\cdot\text{год}^{-1}$;

$M(\Pi_{\text{н.о}})$ – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром, $\text{руб}\cdot\text{год}^{-1}$ » [12].

Математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства ($M(\Pi_{\text{н.б}})$) вычисляются по формуле 4.

$$M(\Pi_{\text{н.б}})=F_{\text{п}}(C_{\text{уд}}^{\text{м.ц}}\cdot R_{\text{у}}+C_{\text{уд}}^{\text{р}}\cdot R_{\text{п}})\cdot Q_{\text{п}} \quad (4)$$

где $F_{\text{п}}$ – «площадь возможного пожара на объекте, м^2 ;

$C_{\text{уд}}^{\text{м.ц}}$ – удельная стоимость материальных ценностей, $\text{руб}\cdot\text{м}^{-2}$;

$R_{\text{у}}$ – доля уничтоженных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$C_{\text{уд}}^{\text{р}}$ – удельная стоимость ремонтных работ, $\text{руб}\cdot\text{м}^{-2}$;

$R_{\text{п}}$ – доля поврежденных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$Q_{\text{п}}$ – вероятность возникновения пожара в объекте, год^{-1} » [12].

$$M(\Pi_{н.б})_1 = 1256 \cdot (70000 \cdot 1 + 15000 \cdot 1) \cdot 0,0006 = 64005,6 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{н.б})_1 = 706,5 \cdot (70000 \cdot 1 + 15000 \cdot 1) \cdot 0,0006 = 27553,5 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара ($M(\Pi_{о.р})$) вычисляют по формуле 5.

$$M(\Pi_{о.р}) = F_n \cdot [I_{уд} + E_n \cdot (K_{уд}^3 + K_{уд}^o)] \cdot Q_n \quad (5)$$

где $I_{уд}$ – «удельные издержки при восстановительных работах, руб.·м⁻²;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_{уд}^3$ – удельные единовременные вложения в здание (сооружение), руб.·м⁻²,

$K_{уд}^o$ – удельные единовременные вложения в оборудование, руб.·м⁻²»

[12].

$$M_{(\Pi_{о.р})}^1 = 1256 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 12509,76 \text{ руб.}$$

$$M_{(\Pi_{о.р})}^2 = 706,5 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 7036,74 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь от обусловленного пожаром простоя объекта (недополученная прибыль) ($M(\Pi_{п.о})$) вычисляют по формуле 6.

$$M(\Pi_{п.о}) = \Pi_{пр} \cdot T_{пр} \cdot Q_{п} \quad (6)$$

где $\Pi_{пр}$ – «прибыль объекта, руб.·дни⁻¹;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [12].

$$M(\Pi_{п.о})_1 = 50000000 \cdot 120 \cdot 0,0006 = 3600000 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{п.о})_1 = 50000000 \cdot 10 \cdot 0,0006 = 300000 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi)_1=64005,6+125509,76+36000000=3789515,36 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi)_2=27553,5+7036,74+300000=334590,24 \text{ руб.}$$

Экономический эффект рассчитывается по формуле 7.

$$P_{\text{прТ}}=M(\Pi)_1-M(\Pi)_2, \text{ руб.} \quad (7)$$

$$P_{\text{прТ}}=3789515,36-334590,24=3454925,12 \text{ руб.}$$

Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности в первый год рассчитывают по формуле 8.

$$\mathcal{E}_T = P_{\text{прТ}} - Z_T \quad (8)$$

где \mathcal{E}_T – экономический эффект реализации мероприятия;

Z_T – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия» [12].

$$\mathcal{E}_T=3454925,12-2000000=1454925,12 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт окупаемости предложенных мероприятий по формуле 9:

$$T_{\text{ед}} = \frac{Z_T}{P_{\text{прТ}}}, \text{ лет} \quad (9)$$

$$T_{\text{ед}} = \frac{2000000}{3454925,12} = 0,58 \text{ года}$$

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что благодаря системе динамической эвакуации исследуемый торговый центр экономит на потерях от пожаров на сумму 3454925,12 руб., окупаемость затрат при этом составит 0,58 года.

Заключение

В первом разделе в качестве объекта исследования выбран многофункциональный торгово-офисный центр со встроенной двухэтажной подземной автостоянкой.

В первом разделе определено, что этажи здания соединяются посредством лестничных клеток, в том числе – незадымляемых типов Н1 и Н2, а также грузовых и пассажирских лифтов. В торговой части здания выполнены эскалаторы.

Во втором разделе установлено, что в ходе эвакуации образовывались участки с высокой плотностью людского потока (более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}$), при этом время существования скоплений составило 11,01 минуты.

Скопления, образуются во всех лестничных клетках (элементы топологии «Лестничная клетка 01», «Лестничная клетка 04», «Лестничная клетка 07», Лестничная клетка 10», «Лестничная клетка 14», «Лестничная клетка 20»), а также перед выходами в них со всех этажей.

Время, существования скоплений, полученное в результате расчета параметров эвакуации людей превышает максимально допустимое 6 минут.

Определено, что скопления недопустимой продолжительности образуются абсолютно во всех лестничных клетках стилобатной части здания, что говорит о недостаточном их количестве и (или) ширине.

В третьем разделе определено, что уменьшение количества людей в торговой части здания, хотя и не предотвращает полностью существование скоплений, но достаточно для обеспечения безопасной эвакуации людей.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре из торговой части ТОЦ необходимо и достаточно ограничить количество посетителей (покупателей), которые могут одновременно находиться в торговой части здания в целом и на каждом из ее этажей таким образом, чтобы общее количество людей в этажах с 1-го по 6-й не превышало 2220 человек, но не более 570 человек на любом из этажей.

При помощи организационных мероприятий не возможно закрыть вход в определённый этаж здания, так как это ещё больше может усугубить ситуацию со скоплением людей, во-первых – произойдёт закрытие дверей и скопление людей за закрытыми дверями, во-вторых, увеличится скопление людей на этажах выше или ниже.

Возможно перераспределение людей во время эвакуации с более загруженных путей эвакуации со скоплениями людей на свободные пути эвакуации с учётом распространения опасных факторов пожара. Данные в реальном времени могут использоваться для разработки стратегий эвакуации путем определения безопасных маршрутов.

Среди отечественных производителей динамическую систему управления эвакуацией «Стрелец-ПРО» с использованием ИИ предлагает ЗАО «Аргус-Спектр» в составе комплексного прибора «Аврора-ДОР».

В четвёртом разделе определено, что основные профессиональные риски воздействуют на работников службы доставки и склада. Опасности связаны в основном при перемещении тяжелых грузов.

Определены мероприятия по снижению рисков

В пятом разделе определено, что ответственные лица объектов, где могут образовываться отходы должны осуществлять контроль за соблюдением требований по обращению с отходами производства и потребления.

Отходы при эксплуатации объекта не оказывают влияния на подземные, поверхностные воды, грунты.

Для выполнения мероприятий по охране окружающей среды от отходов производства и потребления на объекте, должен осуществляться контроль: за своевременным вывозом отходов, за размещением отходов, за состоянием мест накопления.

В шестом разделе определено, что Интерес для террористов представляют также источники поступления энергоресурсов, поскольку воздействие на них может вызвать нарушения в нормальном ходе

технологического процесса, и, следовательно, повышается вероятность аварийной ситуации на объекте.

Объект оборудован комплексом технических средств охраны. Размещение данных систем выполнено специализированной организацией, имеющей лицензию на выполнение вышеуказанных работ.

Предусмотрено наружное освещение территории прожекторами со светодиодными лампами, установленными на прожекторной мачте, внутреннее и наружное освещение блочных зданий. Управление освещением предусмотрено ручное и автоматическое от ящика управления освещением, установленного на площадке обслуживания КТП.

В седьмом разделе установлено, что благодаря системе динамической эвакуации исследуемый торговый центр экономит на потерях от пожаров на сумму 3454925,12 руб., окупаемость затрат при этом составит 0,58 года.

Список используемых источников

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 22.3.03-94. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9646/?ysclid=m7hqwfiajg3762978> (дата обращения: 08.09.2024).
2. О противодействии терроризму [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 06.03.2006 г. № 35-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=486088> (дата обращения: 27.11.2024).
3. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 №89-ФЗ (ред. от 04.08.2023). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444859&ysclid=h21gljcon369593919> (дата обращения: 27.11.2024).
4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 27.11.2024).
5. Об утверждении Правил поведения, обязательных для исполнения гражданами и организациями, при введении режима повышенной готовности или чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 02.04.2020 № 417. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=358723&ysclid=m7hqxiaqjo741186284> (дата обращения: 08.09.2024).
6. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=d8jр94kat939272210> (дата обращения: 27.10.2024).
7. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков

[Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwc8100411018> (дата обращения: 05.10.2024).

8. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 27.10.2024).

9. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 15.03.2024 № 173. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=472325> (дата обращения: 15.10.2024).

10. Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования [Электронный ресурс]: СП 132.13330.2011. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/1959/> (дата обращения: 27.11.2024).

11. Пожарная безопасность торговых центров. Методические рекомендации [Электронный ресурс]. URL: <https://70.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/sufps8/novosti/3550010?ysclid=lgs5sprkmn853621360> (дата обращения: 12.10.2024).

12. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 12.11.2024).

13. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 12.09.2024).

14. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы

[Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 17.11.2024).

15. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219> (дата обращения: 12.12.2024).

16. Algiski A., Despodov S., Serafimovski K. Integration of information on fire risk assessment, fire detection // Technol. 2023. V. 10. P. 121-133.

17. Ceng U. BIM for building construction // Construction. 2024. V. 11. P. 125-143.

18. Fen M., Camat F. Computational structure of the evacuation system // Denver Institute. 2023. V. 2. P. 15-23.

19. Kaplan J., Cruik, M. Dynamic evacuation system // Safety. 2024. V. 1. P. 41-53.

20. Ruppel U., Schatc M. Evacuation in extreme situations // Dynamic. 2021. V. 1. P. 10-25.

21. Shiau C., Lu J., Chan M. The influence of building conditions on human behavior // Technologies. 2023. V. 1. P. 10-23.

22. Van H. Module for managing the prevention of large accumulations on evacuation routes based on building information modeling // Fire safety. 2022. V. 2. P. 50-63.

23. Vehbe N., Schahrur A. Intelligent fire evacuation system // Technol. 2024. V. 7. P. 23-33.

Приложение А
Паспорт безопасности

ТОЦ «Перворечинский»
(наименование объекта (территории))

город Владивосток
(наименование населенного пункта)

2025 г.

I. Общие сведения об объекте (территории)

Торговый центр со множеством собственников

(наименование органа (организации), в ведении которого находится объект (территория), адрес, телефон, факс, адрес электронной почты)

690002, г. Владивосток, пр. Острякова, 13

+7 (423) 240-27-35, +7 (902) 524-2158

(адрес объекта (территории), телефон, факс, адрес, электронной почты)

Аренда и продажа торговых помещений

(основной вид деятельности органа (организации), в ведении которого находится объект (территория))

Первая категория

(категория объекта (территории))

100000 м²

(общая площадь объекта (территории), кв. метров, протяженность периметра, метров)

-

(сведения о государственной регистрации права на объект недвижимого имущества)

Иванова Юлия Викторовна, +79289565462, selhozrinok@ya.ru

(ф.и.о. должностного лица, осуществляющего непосредственное руководство деятельностью работников на объекте (территории), служебный и (или) мобильный телефоны, факс, адрес электронной почты)

-

(ф.и.о. руководителя органа (организации), в ведении которого находится объект (территория), служебный и (или) мобильный телефоны, факс, адрес электронной почты)

II. Сведения о работниках (сотрудниках) объекта (территории) и иных лицах, находящихся на объекте (территории)

1. Режим работы объекта (территории)

ежедневно с 08:00 до 22:00

(продолжительность, начало и окончание рабочего дня)

2. Общее количество работников (сотрудников) объекта (территории) 100. (человек)

Продолжение Приложения А

3. Среднее количество находящихся на объекте (территории) в течение рабочего дня работников (сотрудников) объекта (территории), работников (сотрудников), осуществляющих охрану объекта (территории), арендаторов и иных лиц, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории), 2000. (человек)

4. Среднее количество находящихся на объекте (территории) в нерабочее время, ночью, в выходные и праздничные дни работников (сотрудников) объекта (территории), работников (сотрудников), осуществляющих охрану объекта (территории), арендаторов и иных лиц, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории), 8. (человек)

5. Сведения об арендаторах и иных лицах, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории)

Арендаторов более 500

(полное и сокращенное наименование организации, основной вид деятельности, общее количество работников (сотрудников), расположение рабочих мест на объекте (территории), занимаемая площадь (кв. метров), режим работы, ф.и.о., номера телефонов (служебного, мобильного) руководителя организации, срок действия аренды и (или) иные условия нахождения (размещения) на объекте (территории))

III. Сведения о потенциально опасных участках и (или) критических элементах объекта (территории)

1. Потенциально опасные участки объекта (территории) (при наличии)

Наименование	Количество человек, находящихся на участке, человек	Общая площадь, кв. метров	Характер террористической угрозы	Характер возможных последствий
Торговые помещения	1000	50000	Захват заложников	Гибель, ранения заложников

2. Критические элементы объекта (территории) (при наличии)

Наименование	Количество человек, находящихся на участке, человек	Общая площадь, кв. метров	Характер террористической угрозы	Характер возможных последствий
Несущие конструкции здания	1000	100000	Теракт	Обрушение здания

Продолжение Приложения А

3. Возможные места и способы проникновения на объект (территорию)

Входные двери

4. Наиболее вероятные средства поражения, которые могут применяться при совершении террористического акта

Взрывные устройства

IV. Прогноз последствий совершения террористического акта на объекте (территории)

1. Предполагаемые модели действий нарушителей

Взятие заложников

(краткое описание основных угроз совершения террористического акта на объекте (территории), возможность размещения на объекте (территории) взрывных устройств, захват заложников из числа работников и иных лиц, находящихся на объекте (территории), наличие рисков химического, биологического и радиационного заражения (загрязнения)

2. Возможные последствия совершения террористического акта на объекте (территории)

Площадь возможной зоны разрушения (заражения) в случае совершения террористического акта составит 100000 м²

(площадь возможной зоны разрушения (заражения) в случае совершения террористического акта, кв. метров, иные ситуации в результате совершения террористического акта)

3. Оценка социально-экономических последствий совершения террористического акта на объекте (территории)

Возможные людские потери, человек	Возможные нарушения инфраструктуры	Возможный экономический ущерб, рублей
До 1000 человек	Разрушение зданий, разрушение систем жизнеобеспечения	До 500 млн. рублей

V. Силы и средства, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

1. Силы, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

Физическая охрана объекта осуществляется сотрудниками ЧОП в количестве 25 чел.

Продолжение Приложения А

2. Средства, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

Специальные средства и вооружение (гражданское и служебное оружие)

VI. Меры по инженерно-технической, физической защите и пожарной безопасности объекта (территории)

1. Меры по инженерно-технической защите объекта (территории):

а) объектовые и локальные системы оповещения

Носимые радиостанции Motorola

(наличие, марка, характеристика)

б) резервные источники электро-, тепло-, газо- и водоснабжения, систем связи

ДЭС – 2 шт.

(наличие, количество, характеристика)

в) технические системы обнаружения несанкционированного проникновения на объект (территорию), оповещения о несанкционированном проникновении на объект (территорию) или системы физической защиты

Система охранной сигнализации

(наличие, марка, количество)

г) стационарные и ручные металлоискатели

Стационарные аличные металлоискатели – 3 шт.

Ручные металлоискатели – 3 шт.

(наличие, марка, количество)

д) телевизионные системы охраны

TCH-012 Bolid

(наличие, марка, количество)

е) системы охранного освещения

Видеонаблюдение при помощи 14 видеокамер.

(наличие, марка, количество)

2. Меры по физической защите объекта (территории):

а) количество контрольно-пропускных пунктов (для прохода людей и проезда транспортных средств)

Количество постов – 2; проходные – 1

Продолжение Приложения А

б) количество эвакуационных выходов (для выхода людей и выезда транспортных средств)

2 эвакуационных выхода

в) электронная система пропуска

СКУД

(наличие, тип установленного оборудования)

г) укомплектованность личным составом нештатных аварийно-спасательных формирований (по видам подразделений)

Нет

(человек, процентов)

3. Меры по обеспечению пожарной безопасности объекта (территории):

а) наружное противопожарное водоснабжение

Система противопожарного наружного водоснабжения (кольцевая) диаметром 250 мм

(наличие, тип, характеристика)

б) внутреннее противопожарное водоснабжение

Внутренний пожарный водопровод, совмещенный с хозяйственно-питьевым водопроводом.

(наличие, тип, характеристика)

в) автоматическая установка пожарной сигнализации

Адресная АПС «Сигнал-20» – обнаружение пожара

(наличие, тип, характеристика)

г) автоматическая установка пожаротушения

Отсутствует

(наличие, тип, характеристика)

д) система противодымной защиты

Отсутствует

(наличие, тип, характеристика)

е) система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

СОУЭ третьего типа (речевое оповещение)

(наличие, тип, характеристика)

Продолжение Приложения А

ж) противопожарное состояние путей эвакуации и эвакуационных выходов

Эвакуационные пути и выходы не соответствуют требованиям согласно расчёта
(количество, параметры)

4. План взаимодействия с территориальными органами безопасности, территориальными органами МВД России и территориальными органами Росгвардии по защите объекта (территории) от террористических угроз

Отсутствует

(наличие, реквизиты документа)

VII. Выводы и рекомендации

-

VIII. Дополнительная информация с учетом особенностей объекта (территории)

-

(наличие на объекте (территории) режимно-секретного органа, его численность (штатная и фактическая), количество сотрудников объекта (территории), допущенных к работе со сведениями, составляющими государственную тайну, меры по обеспечению режима секретности и сохранности секретных сведений)

-

(наличие на объекте (территории) локальных зон безопасности)

-

(другие сведения)
