

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)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Обоснование требований пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений

Студент

А.А. Степанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, И.И. Рашоян

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	5
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Анализ характеристики исследуемого объекта	8
1.1 Характеристика объекта исследования.....	8
1.2 Анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта.....	22
2 Анализ системы обеспечения пожарной безопасности	31
2.1 Анализ времени эвакуации из производственных помещений объекта.....	31
2.2 Анализ основных показателей обстановки с пожарами и их последствиями	43
3 Обоснование требований пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений	56
3.1 Предложения по повышению эффективности эвакуации из производственных помещений объекта.....	56
3.2 Разработка мероприятий по повышению эффективности эвакуации из производственных помещений объекта.....	58
3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	69
Заключение	76
Список используемых источников.....	79

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается тем, что, эффективность системы управления эвакуацией людей при пожаре имеет важное значение для безопасности любого здания.

Условия блокировки во время экстренной эвакуации создают большую проблему для любой системы управления эвакуацией.

Отсутствие информации, особенно относящаяся к скоплениям людей, такая как местоположение, серьезность воздействия ОФП и безопасность эвакуационных путей, может усугубить ситуацию, связанную с пожаром, что затруднит безопасную эвакуацию людей из помещений здания большой площади.

В настоящее время большой объем исследований сосредоточен на инструментах моделирования поведения толпы, которые внедряются, чтобы обеспечить смягчение последствий пожара путем определения критических мест, где могут возникнуть возможные заторы при эвакуации. Очень важно спрогнозировать места, где может возникнуть скопление людей во время любого эвакуационного мероприятия с целью обеспечения мер безопасности

Объект исследования: безопасность эвакуации из производственных помещений.

Предмет исследования: пути эвакуации из производственных помещений.

Цель исследования – повышение безопасности при эвакуации людей из производственных помещений при пожаре путём разработки требований к путям эвакуации.

Гипотеза исследования состоит в том, что повысить безопасность эвакуации можно, если обеспечить распределение потока эвакуирующихся из производственных помещений при пожаре людей по наиболее безопасным маршрутам.

В соответствии с поставленной в работе целью, определены следующие задачи:

- рассмотреть характеристику исследуемого объекта;
- провести расчёт эвакуации из помещений исследуемого объекта;
- проанализировать безопасность путей эвакуации объекта;
- проанализировать основные показатели обстановки с пожарами;
- обосновать требования пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений;
- разработать мероприятия по повышению эффективности эвакуации из производственных помещений объекта;
- проанализировать эффективность обеспечения безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: инновационные зарубежные разработки в области интеллектуальных эвакуационных систем.

Базовыми для настоящего исследования явились также: требования к обеспечению эвакуацией людей при пожаре из производственных помещений.

Методы исследования: анализ статистических показателей обстановки с пожарами и их последствиями на объектах Нижегородской области, расчёты времени эвакуации из производственных помещений исследуемого объекта.

Опытно-экспериментальная база исследования: Гипермаркет «О`КЕЙ» г. Нижний Новгород, Советская площадь.

Научная новизна исследования заключается в создании рекомендации по применению инновационных систем управления эвакуацией людей при пожаре из производственных помещений.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке мероприятий, повышающих эффективность систем безопасной эвакуации.

Практическая значимость исследования заключается во внедрении на предприятии мероприятий, направленных на обеспечение безопасности при эвакуации людей из производственных помещений при пожаре.

Достоверность и обоснованность результатов: выполнен анализ статистических показателей обстановки с пожарами и их последствиями на объектах Нижегородской области.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в проведении анализа проекта – Гипермаркет «О`КЕЙ».

Апробация результатов исследования представлена в следующих публикациях:

Степанов А.А. Анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений // Международный научный журнал «Вестник науки» № 2 (47) т. 1, г. Тольятти, 2022. С. 213-220. URL: <https://www.вестник-науки.рф/article/5280>

На защиту выносятся:

- результаты расчёта эвакуации из помещений исследуемого объекта;
- результаты анализа основных показателей обстановки с пожарами;
- результаты анализа эффективности обеспечения безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта;
- обоснование требований безопасности к эвакуации из производственных помещений объекта.

Структура магистерской диссертации работа обусловлена целью и задачами исследования, состоит из трёх разделов и содержит 24 рисунка, 5 таблиц, список используемых источников (35 источников). Основной текст работы изложен на 86 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [25].

Пожарная сигнализация – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд [25].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [25].

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него [28].

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете применяются следующие сокращения:

АППГ – аналогичный период прошлого года.

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации.

АУПТ – автоматическая установка пенного тушения.

ГАТС – городская автоматическая телефонная станция.

ГРЩ – главный распределительный щит.

ИТР – инженерно-технические работники.

КСОО – комплексная система охраны объекта.

КЧС – комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

МТК – многофункциональный торговый комплекс.

НПА – нормативный правовой акт.

ОФП – опасные факторы пожара.

ПГТ – посёлок городского типа.

ПОУ – потенциально-опасный участок.

РП – распределительный пункт.

СОУЭ – оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре.

СПЗ – система противопожарной защиты.

СТУ – специальные технические условия.

ТД – технический документ.

ТП – тепловый пункт.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ШКП – шкаф контрольно-пусковой.

1 Анализ характеристики исследуемого объекта

1.1 Характеристика объекта исследования

Гипермаркет «О`КЕЙ» (далее – гипермаркет) рассматривается в составе «Многофункционального торгово-административного и спортивно-развлекательного комплекса с подземной автопарковкой, РП с ТП, газовой котельной и другими объектами инженерной инфраструктуры в границах улиц Ванеева, Генерала Ивлиева, Богородского, в Советском районе г. Нижнего Новгорода.

Участок ограничен:

- с запада – ул. Ванеева и далее жилой застройкой;
- с севера и северо-востока – ул. Адмирала Васюнина и далее жилой застройкой;
- с юга – ул. Богородского и далее жилой застройкой;
- с востока – ул. Генерала Ивлиева.

Архитектурно-планировочное решение генерального плана разработано в соответствии с требованиями Градостроительного плана, заданием заказчика, с учетом сложившейся планировочной структуры прилегающей территории.

Здание проектируемого торгового комплекса расположено по адресу: г. Нижний Новгород, Советская площадь.

Общая площадь здания – 11043 м², в том числе:

- площадь торгового зала – 7427 м²;
- площадь производственно-складских помещений – 2586 м²;
- площадь административно-бытовых помещений – 1030 м².

Торговый комплекс представляет собой совокупность торгово-сервисных предприятий, реализующих универсальный ассортимент товаров и оказывающих набор сопутствующих услуг покупателям.

План торгового комплекса представлен на рисунке 1.

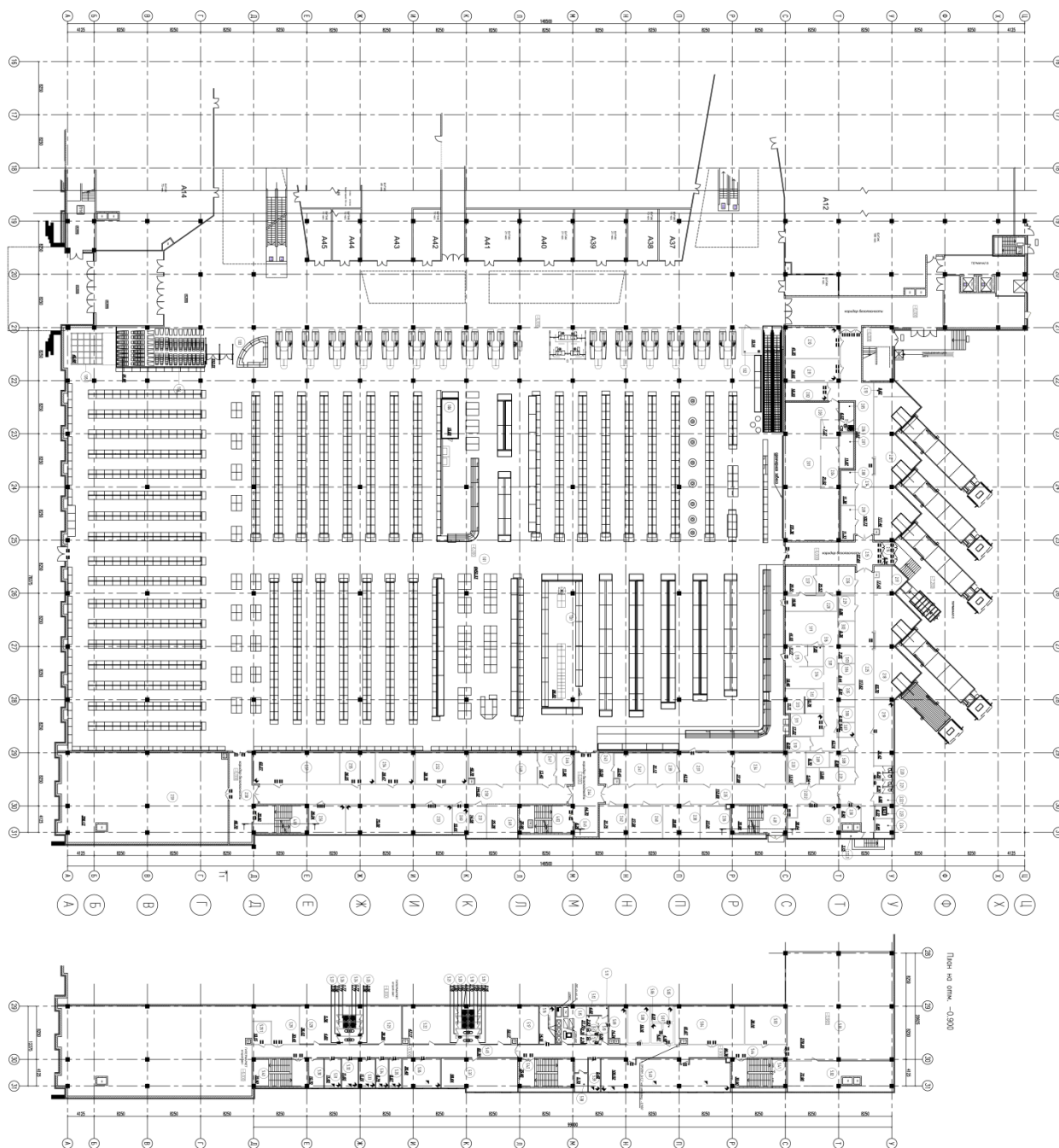


Рисунок 1 – План торгового комплекса

Пространственная, планировочная и функциональная организация здания основываются на санитарно-гигиенических, противопожарных нормах и требованиях других действующих нормативно-технических документов.

Планировочно-технологическая схема комплекса выполнены на основе разделения здания на самостоятельные зоны с учетом функционального

назначения, а также требований нормативных документов, действующих на территории РФ.

В зоне разграничения торговли промышленными и продовольственными товарами предусмотрена продажа нейтральных (с гигиенической точки зрения) и упакованных товаров.

В зоне расположения продовольственных товаров (отдел мясных полуфабрикатов, рыбный, хлебобулочный и др.) совместное хранение упакованных сырых продуктов и готовых пищевых продуктов не осуществляется. Хранение продукции в указанных отделах производится в разных витринах по видам продукции. Расстояния между витринами для продажи сырых и готовых пищевых продуктов составляет 3.25 м и 3.50 м.

В торговом зале гипермаркета основная группа товаров, не требующая охлаждения и специализированного хранения (бакалея, вино-водочные изделия), в упакованном и маркированном виде выложена в открытых островных и пристенных горках или непосредственно на паллетах. Особо скоропортящиеся, замороженные и скоропортящиеся продукты хранятся в холодильных витринах и морозильных стеллажах.

Колбасные изделия и сыры, поступающие от поставщиков, хранятся в холодильных камерах для данного вида продуктов и, по мере необходимости, поступают на прилавок в торговый зал.

В отделах предусмотрены моечные ванны для мытья ножей и разделочных досок, а также раковины для мытья рук с подводом горячей и холодной воды. Торговые отделы оснащены слайсерами, термоупаковочными машинами и электронными весами с чекопечатающим устройством.

Рыбные товары продаются через прилавки-витрины, обслуживаемые продавцами. В отделе также предусмотрены моечные ванны для мытья ножей и разделочных досок с подводом горячей и холодной воды.

Охлажденная рыба хранится в отведенном холодильном помещении и выложена для продажи на специализированных охлаждаемых прилавках.

Замороженная рыба хранится в морозильной камере. Для копченой рыбы предусмотрена отдельная холодильная камера. Продажа замороженной и копченой рыбы производится из разных охлаждаемых прилавков среднетемпературного и низкотемпературного режимов.

Рыбный отдел рассчитан на хранение суточного запаса рыбы и морепродуктов. Пополнение запаса предусматривается 1 раз в сутки в нерабочее время.

Для продажи свежих овощей и фруктов устанавливаются специальные горки. Все товары покупатель отбирает сам. Далее товар взвешивается и оплачивается на кассовом блоке.

В целях улучшения обслуживания покупателей предусматривается продажа мясных полуфабрикатов и свежеспеченного хлеба. Производственные цеха (мясной цех, кулинария, пекарня) примыкают непосредственно к торговому залу в заприлавочную зону.

Разрубочная (пом.130) общей площадью 72,63 м² предназначена для приготовления полуфабрикатов в 2 смены/сутки.

Помещение разрубочной имеет окно в торговый зал и располагается смежно с мясным отделом. Около помещения разрубочной расположены холодильные камеры для мяса.

Отдел кулинарии рассчитан на производство 460кг/смену салатов и другой готовой продукции. Количество смен – 2.

В состав помещений кулинарии входят следующие помещения:

- рыбный цех;
- мясной цех;
- горячий цех;
- холодный цех;
- мойка яйца;
- цех подготовки овощей;
- овощной цех;
- доготовочный цех;

- моечная кухонного инвентаря;
- подсобные помещения;
- кабинет шеф-повара,
- охлаждаемые средне и низкотемпературные камеры для кулинарии.

В холодном цехе установлены: машина для чистки овощей, овощерезки и холодильные шкафы. Для мытья и дезобработки кухонного инвентаря предусмотрено помещение моечной, где установлены моечные ванны и машина котломоечная, а также душ со смесителем.

С целью расширения комплексного обслуживания покупателей в гипермаркете запроектирован кондитерский цех (пекарня) с площадью основного цеха 212,67 м².

Предусмотрены следующие помещения и зоны:

- горячий цех;
- доготовочная;
- кладовая пекарни;
- охлаждаемые низко и среднетемпературные камеры;
- моечная инвентаря.

Пекарня рассчитана на производство хлебобулочных и кондитерских изделий производительностью 2180 кг в смену, количество смен – 2.

Общая производительность пекарни в сутки – 4360 кг.

Реализация хлебобулочной продукции собственного производства осуществляется только в торговом зале гипермаркета без вывоза в другую торговую сеть.

Готовое собственного приготовления или замороженное, «предварительно размороженное тесто поступает на разделку и формование на тестоделительной и формовочной машинах, далее тестовые заготовки передаются на раскройку в раскроечные шкафы. После раскройки заготовки помещают в ротационные печи на подовых листах, установленных на технологических тележках (шпильках)» [14].

«Готовые изделия после выпечки остывают на тележках (шпильках), фасуются в термоусадочную пленку, этикетируются и подаются в торговый зал» [14].

Над зоной жарки и остывания готовых изделий предусмотрена вытяжная вентиляция.

В пекарном зале для производства пончиков установлена пончиковая автоматическая линия вместимостью 60 пончиков.

Так как основной объем покупателей составляют владельцы автотранспорта, проектом предусмотрена организация открытой гостевой автомобильной стоянки.

Планировка помещений торгового комплекса выполнена в соответствии с санитарными и противопожарными нормами.

«Состав и площади помещений обеспечивают необходимые условия для выполнения санитарно-эпидемиологических требований к организации торговли и обороту в них непродовольственных товаров, продовольственного сырья и пищевых продуктов, оказания сервисных услуг, создания необходимых условий для работы персонала:

- изолированы пути движения автотранспорта, грузопотоков, персонала и покупателей;
- загрузка товаров организована через загрузочное помещение;
- обеспечены минимальные пути товародвижения от загрузочного помещения в подсобные помещения, производственные цеха и торговый зал;
- предусмотрено функциональное зонирование: торговая, сервисная, производственная, подсобная, бытовая и административная» [12].

Помещения сетевого гипермаркета «О'КЕЙ» в составе МТК размещены в двух уровнях:

- на отметке 6.000 – торговый зал гипермаркета площадью – 7196,65 м², разгрузочное помещение, производственные, складские,

подсобные помещения, зона универсально-сервисных помещений с общей площадью – 9809,51 м².

– административно-бытовой блок – 3 этажа.

Общая площадь помещений – 1280,53 м².

Общая площадь гипермаркета – 11090,04 м².

В здании для посетителей предусмотрены 2 входных группы:

– входная группа №1;

– входная группа №2;

Во входной группе № 2 вертикальная связь между этажами осуществляется через траволаторы из парковки в предкассовую зону. В каждой группе размещены по 2 траволатора, обеспечивающие перемещение посетителей вверх и вниз.

Доставка продуктов осуществляется автотранспортом по проектируемым проездам на территорию хозяйственного двора. Для приема и разгрузки товаров запроектировано разгрузочное помещение площадью 185,33 м².

Разгрузочное помещение примыкает к зоне складских и производственных помещений. Предусмотрено размещение блока вспомогательных помещений (для временного хранения отходов, переработки картонной тары).

Разгрузочное помещение примыкает к зоне складских и производственных помещений. Предусмотрено размещение блока вспомогательных помещений (для временного хранения отходов, переработки картонной тары).

Основным направлением деятельности гипермаркета является обеспечение населения продовольственными, непродовольственными и сопутствующими товарами.

Пространственная, планировочная и функциональная организация здания основываются на санитарно-гигиенических, противопожарных

нормах и требованиях других действующих нормативно-технических документов.

Планировочно-технологическая схема комплекса выполнены на основе разделения здания на самостоятельные зоны с учетом функционального назначения, а также требований нормативных документов, действующих на территории РФ.

В здании гипермаркета не хранятся и не продаются «легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, вещества 1÷3 классов опасности, взрывоопасные вещества и другая продукция, требующая специальных условий хранения и продажи» [14].

«Предприятию в соответствии с законодательством в процессе осуществления своей деятельности предоставлено право самостоятельно определять общую численность работающих, их профессиональный и квалификационный состав и утверждать штаты» [14].

Численность ИТР и производственных рабочих предприятия определяется в соответствии с установленным режимом работы и группой производственных процессов по профессиям. Штатное расписание уточняется при эксплуатации.

Численность работающего персонала гипермаркета, принята согласно штатного расписания, выданного заказчиком, и составляет – 420 человек, из них 249 человека, работающих в 1 смену и 171 человека, работающих во 2 смену. Максимальное количество людей, которые могут прибывать на объекте составляет 1718 человек.

Проектом предусмотрено 3 основные функциональные зоны:

- функциональная зона 1 – зона размещения торгового комплекса, характеризуется центральным расположением на участке;
- функциональная зона 2 – зона размещения гостевой автостоянки, характеризуется как компактный участок, расположенный у въездов на территорию торгового комплекса;

- функциональная зона 3 – зона размещения грузового двора, инженерно-технических сооружений и служебной автостоянки, расположена между проектируемым зданием торгового комплекса и восточными границами участка застройки.

Автостоянка покрывает нужды комплекса частично. Для обеспечения комплекса необходимым количеством машино-мест запроектирована встроенная подземная автостоянка.

Служебная автостоянка размещена под загрузочной эстакадой.

Функционально и планировочно здание разделено на 5 частей:

- административная;
- технологическая и складская зона;
- торговый зал гипермаркета;
- торговая галерея с атриумом;
- технические помещения;
- автостоянка.

Перечень всех потенциально-опасных участков (ПОУ) объекта, с определением базовых угроз и прогнозируемых последствий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень потенциально-опасных участков объекта

Наименование ПОУ	Наименование технологического процесса	Количество работающих, чел.	Конструктивные и технологические элементы	Характер возможной аварии, угроза ЧС
Подземная автостоянка	Прием и хранение автотранспорта	3	Основная автостоянка на 570 машино-мест с открытыми проемами в вертикальных ограждающих конструкциях с четырех сторон.	1.Поджог 2.Повреждение оборудования 3.Взрыв автотранспорта

Продолжение таблицы 1

Наименование ПОУ	Наименование технологического процесса	Количество работающих, чел.	Конструктивные и технологические элементы	Характер возможной аварии, угроза ЧС
			Служебная парковка на 48 машино-мест, отделенная от основной автостоянки противопожарной преградой	
Торговый зал гипермаркета	Реализация товара	179	Камеры временного хранения продуктов, различные отделы реализации продовольственной и кулинарной продукции, линия размещения касс, пункт обслуживания покупателей и детская игровая площадка. В торговом зале размещено оборудование: стеллажи, открытые островные и пристенные горки, прилавки-витрины, обслуживаемые продавцами	1.Поджог 2.Взрыв
Офисные помещения	Управление функционирование объекта	12	Административные помещения, офисы	1.Поджог 2.Взрыв
Складские и технологические помещения	Прием, хранение и реализация товаров	3	Отдельные блоки, емкости, паллеты	1. Поджог
Грузовой двор	Выгрузка товара	2	Выгрузка товаров осуществляется на рампу. На рампе предусмотрено 6 разгрузочных мест для большегрузных автомашин и 2 разгрузочных места для малометражного транспорта.	1. Взрыв грузового автотранспорта

Продолжение таблицы 1

Наименование ПОУ	Наименование технологического процесса	Количество работающих, чел.	Конструктивные и технологические элементы	Характер возможной аварии, угроза ЧС
Грузовой двор	Выгрузка товара	2	Процесс погрузочно-разгрузочных работ механизирован - проектом предусмотрены ручные гидравлические тележки.	1. Взрыв грузового автотранспорта

Для предотвращения несанкционированного проникновения на объект, исключения возможности проведения террористических актов на проектируемом объекте создана комплексная система охраны объекта (КСОО).

Охрана проектируемого объекта осуществляется в общем комплексе мер по предотвращению постороннего вмешательства в деятельность предприятия, включающем: ограждение общей территории предприятия, наличие КПП, средств контроля и управления доступом.

Система видеонаблюдения должна обеспечивать передачу информации о состоянии охраняемых зон, помещений, периметра и территории объекта в помещение охраны.

Сигналы оповещения о создавшейся ЧС должны отличаться от сигналов другого назначения. Количество оповещателей и их мощность должны обеспечивать слышимость во всех местах постоянного или временного пребывания людей, они не должны иметь регуляторов громкости и разъемных соединений. На охраняемой территории следует применять рупорные громкоговорители.

Управление системой оповещения должно осуществляться из помещения охраны, диспетчерской или другого специального помещения объекта.

Эвакуация людей по сигналам оповещения должна сопровождаться:

- включением аварийного освещения;
- передачей специально разработанных текстов (на русском и английском языках), а также громкой и ритмичной музыки, направленных на предотвращение паники и других явлений, усложняющих процесс эвакуации;
- включением световых указателей направления и путей эвакуации;
- дистанционным открыванием дверей эвакуационных выходов (при наличии электрозамков) [6].

Объект оборудуется системой противопожарной защиты (СПЗ), включающей в себя:

- противодымную защиту;
- внутренний противопожарный водопровод;
- автоматические установки пожаротушения (АУПТ);
- автоматические установки пожарной сигнализации (АУПС);
- оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ).

На объекте предусматриваются следующие системы:

- автоматическая установка газового пожаротушения;
- автоматическая система пожарной сигнализации;
- автоматика противопожарного водопровода;
- автоматика противодымной защиты.

«В здании торгового комплекса для оповещения предусмотрено: динамики громкоговорящей связи, имеется подключение к городской системе оповещения. Также средства оповещения включают проводную телефонную связь и телефоны сотовой связи» [14].

Укрытий для персонала и посетителей не предусмотрено.

Собственного и привлеченного на договорной основе автотранспорта для прибытия администрации и эвакуации нет.

Для оказания первой медицинской помощи медпункта нет. «На объекте имеется две индивидуальных аптечки и два медицинских комплекта для

оказания помощи пострадавшим. Имеется подготовленный персонал для квалифицированного оказания медицинской помощи – санитарный пост (2 человек)» [14].

«На каждом этаже предусмотрены первичные средства пожаротушения (огнетушители) и пожарные краны» [14].

В соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 помещения здания Торгового Комплекса подлежат оборудованию системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3 типа. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре включает в себя:

- световое оповещение людей с использованием световых табло «Выход» и указателей направления движения, устанавливаемых в защищаемых помещениях на путях эвакуации;
- речевое оповещение людей о пожаре [18].

В качестве световых оповещателей в обычных помещениях используются светоуказатели «Выход» и направления движения с различными знаками направления эвакуации типа «БЛИК-С-24» [13].

Электропитание оповещателей осуществляется от блоков резервированного питания, с напряжением 24В.

Для контроля исправности цепей питания световых оповещателей проектом предусматривается установка устройств контроля линий связи и пуска «Гефест УКЛСиП».

Передача информации о состоянии линий оповещения передается в систему пожарной сигнализации для информирования диспетчера посредством блока контрольно-пускового «С2000-КПБ».

Установка речевого оповещения выполнена на основе 19-дюймового стоечного оборудования Inter-M в составе:

- блок программного обмена PG-604;
- цифровой магнитофон PV-632A;
- недельный программируемый таймер PW-642A;
- контроллер системы ECS-616;

- усилители мощности РА-612, РА-624, РА-636;
- автоматический вентилятор PF-602;
- блок расширения распределения питания PD-658;
- микрофонная консоль RM-616;
- блок распределения питания PD-659;
- блок контроля линий оповещения SC-624;

Стойка устанавливается в помещении охраны.

Для речевого оповещения о пожаре проектом предусматриваются:

- настенные громкоговорители SWS-10А, SWS-03А, потолочные громкоговорители CS-6, CS-3, АРТ-01А для внутренней установки;
- всепогодные настенные громкоговорители СН-530 для установки в автостоянке.

Для речевого оповещения на прилегающей территории проектом предусматривается установка рупорных громкоговорителей HS-20.

В соответствии с СП 3.13130 громкоговорители проектируемой системы речевого оповещения обеспечивают общий уровень звука не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя.

В соответствии с СП 59.13330.2012 во всех общественных помещениях предусматривается одновременный световой и звуковой способы оповещения в помещениях с возможным присутствием маломобильных групп населения. Для этого предусмотрено:

- установка в торговом зале световых оповещателей «строб-вспышка» «Астра-10»;
- уровень звукового оповещения не менее 75 дБА.

Взаимодействие сил и средств в торговом комплексе осуществляется согласно паспорту антитеррористической защищенности.

Пожарная часть, прибыв на место аварии, взаимодействует с ответственным руководителем, способствуют обеспечению противопожарной безопасности (с учетом безопасности личного состава). При возникновении пожара (при взрыве, поджоге) старшее оперативное

должностное лицо пожарной части принимает на себя руководство тушением пожара. При этом к нему в подчинение поступают все силы и средства, задействованные при тушении пожара.

1.2 Анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта

Проведён анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений объекта

Перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований к путям эвакуации	Реквизиты НПА, их структурные единицы	Оценка выполнения
Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ		
Для обеспечения безопасной эвакуации людей должны быть:		
установлены необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и эвакуационных выходов	п. 2 ст. 53	Выполняется
организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (в том числе с использованием световых указателей, звукового и речевого оповещения)	п. 2 ст. 53	Выполняется
Безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.	п. 3 ст. 53	Выполняется
Системы обнаружения пожара (установки и системы пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта	п. 1 ст. 54	Выполняется

Продолжение таблицы 2

Перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований к путям эвакуации	Реквизиты НПА, их структурные единицы	Оценка выполнения
обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы	п. 2 ст. 53	Выполняется
Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей. Перечень объектов, подлежащих оснащению указанными системами, устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности.	п. 2 ст. 54	Выполняется
Системы коллективной защиты и средства индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени воздействия на них опасных факторов пожара	п. 1 ст. 55	Выполняется
Системы коллективной защиты людей должны обеспечивать их безопасность в течение всего времени развития и тушения пожара или времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону. Безопасность людей в этом случае должна достигаться посредством объемно-планировочных и конструктивных решений безопасных зон в зданиях и сооружениях (в том числе посредством устройства незадымляемых лестничных клеток), а также посредством использования технических средств защиты людей на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара (в том числе средств противодымной защиты)	п. 2 ст. 55	Выполняется
СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы		
«Эвакуационные выходы из подвальных этажей, а также из цокольных этажей, заглубленных более чем на 0,5 м, как правило, следует предусматривать непосредственно наружу обособленными от общих лестничных клеток здания» [19].	п. 4.2.2	Выполняется
«эвакуационные выходы из фойе, гардеробных, курительных и санитарных узлов, размещенных на указанных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4, предусматривать в вестибюль 1-го этажа по отдельным лестницам 2-го типа» [19].	п. 4.2.2	Выполняется
«Количество и ширина эвакуационных выходов из помещений, с этажей и из зданий следует определять в зависимости от максимально возможного числа эвакуирующихся через них людей и предельно допустимого расстояния от наиболее удаленного места возможного пребывания людей (рабочего места) до ближайшего эвакуационного выхода» [19].	п. 4.2.5	Выполняется

Продолжение таблицы 2

Перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований к путям эвакуации	Реквизиты НПА, их структурные единицы	Оценка выполнения
«Части здания различной функциональной пожарной опасности, разделенные противопожарными преградами, должны быть обеспечены самостоятельными эвакуационными выходами, за исключением специально оговоренных случаев» [19].	п. 4.2.6	Выполняется
«Не менее двух эвакуационных выходов, как правило, должны иметь этажи зданий класса Ф1.1, Ф1.2, Ф2.1, Ф2.2, Ф3, Ф4» [19].	п. 4.2.9	Выполняется
«Не менее двух эвакуационных выходов должны иметь этажи зданий с численностью 50 и более человек на этаже» [19].	п. 4.2.9	Выполняется
«Высота эвакуационных выходов в свету должна быть, как правило, не менее 1,9 м» [19].	п. 4.2.18	Выполняется
«Ширина эвакуационных выходов должна быть, как правило, не менее 0,8 м. Из технических помещений и кладовых площадью не более 20 м без постоянных рабочих мест, туалетных и душевых кабин, санузлов, а также из помещений с одиночными рабочими местами, допускается предусматривать эвакуационные выходы шириной не менее 0,6 м» [19].	п. 4.2.19	Выполняется
«Минимальная ширина эвакуационных выходов из помещений и зданий, при числе эвакуирующихся через указанные выходы более 50 человек, должна быть не менее 1,2 м» [19].	п. 4.2.19	Выполняется
«Перед наружной дверью (эвакуационным выходом) должна быть предусмотрена горизонтальная входная площадка с шириной не менее 1,5 ширины полотна наружной двери» [19].	п. 4.2.21	Выполняется
«Двери эвакуационных выходов и двери, расположенные на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания» [19].	п. 4.2.22	Выполняется
«Двери эвакуационных выходов из помещений и коридоров, защищаемых противодымной вентиляцией, а также двери, установленные в перегородках, разделяющих коридоры здания, должны быть оборудованы приспособлениями для самозакрывания и уплотнением в притворах» [19].	п. 4.2.24	Выполняется
«Высота горизонтальных участков путей эвакуации в свету, как правило, должна быть не менее 2 м. Допускается уменьшать указанную высоту до 1,8 м для горизонтальных участков путей эвакуации, по которым могут эвакуироваться не более 5 человек» [19].	п. 4.3.2	Выполняется

Продолжение таблицы 2

Перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований к путям эвакуации	Реквизиты НПА, их структурные единицы	Оценка выполнения
«В полу на путях эвакуации, как правило, не допускаются перепады высот менее 0,45 м и выступы, за исключением порогов в дверных проемах высотой не более 50 мм и иной высоты для специально оговоренных случаев. При наличии таких перепадов и выступов, в местах перепада высот следует предусматривать лестницы с числом ступеней не менее трех или пандусы с уклоном не более 1:6» [19].	п. 4.3.5	Выполняется
«В эвакуационных коридорах, как правило, не допускается размещать оборудование, выступающее из плоскости стен на высоте менее 2 м» [19].	п. 4.3.7	Выполняется
«В многофункциональных зданиях при наличии общих путей эвакуации для частей здания различной функциональной пожарной опасности геометрические параметры путей эвакуации (длина и ширина) должны быть подтверждены расчетом пожарного риска» [19].	п. 4.3.10	Выполняется
«Ширину тамбуров и тамбур-шлюзов, расположенных на путях эвакуации, следует принимать больше ширины дверных проемов не менее чем на 0,5 м, а глубину - более ширины дверного полотна не менее чем на 0,5 м, но не менее 1,5 м» [19].	п. 4.3.11	Выполняется
«В зданиях высотой не более 28 м I и II степеней огнестойкости и конструктивной пожарной опасности С0 допускается для функциональной связи применять лестницы 2-го типа, соединяющие более двух этажей, при наличии эвакуационных лестничных клеток, требуемых нормативными документами по пожарной безопасности, и при условии, что помещение, в котором расположена лестница 2-го типа, отделяется от примыкающих к нему коридоров и других помещений противопожарными перегородками 1 типа» [19].	п. 7.1.9	Выполняется
СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.		
«СОУЭ должна проектироваться в целях обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре» [13].	п. 3.1	Не выполняется
«Кабели, провода СОУЭ и способы их прокладки должны обеспечивать работоспособность соединительных линий в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону» [13].	п. 3.4	Выполняется

Продолжение таблицы 2

Перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований к путям эвакуации	Реквизиты НПА, их структурные единицы	Оценка выполнения
«Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения» [13].	п. 4.1	Выполняется
«Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола» [13].	п. 4.2	Выполняется
«Настенные звуковые и речевые оповещатели должны располагаться таким образом, чтобы их верхняя часть была на расстоянии не менее 2,3 м от уровня пола, но расстояние от потолка до верхней части оповещателя должно быть не менее 150 мм» [13].	п. 4.4	Выполняется
«Эвакуационные знаки пожарной безопасности, принцип действия которых основан на работе от электрической сети, должны включаться одновременно с основными осветительными приборами рабочего освещения» [13].	п. 5.1	Выполняется
«Эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения, следует устанавливать на высоте не менее 2 м» [13].	п. 5.5	Выполняется

Запроектированная на объекте СОУЭ не учитывает возможность блокирования кратчайших путей эвакуации людей из производственных помещений торгового центра.

«Для прохода на объект торгово-развлекательного комплекса установлен специальный пропускной режим в отдельные группы помещений» [17].

«Свободные площади, расположенные на первом этаже, прилегающие к рассматриваемому объекту, предназначены для сдачи в аренду с целью предоставления дополнительных торговых и сервисных услуг посетителям» [17].

«Каждое здание или сооружение должно иметь объемно-планировочное решение и конструктивное исполнение эвакуационных путей, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре. При невозможности безопасной эвакуации людей должна быть обеспечена их защита посредством применения систем коллективной защиты» [17].

«Защита помещений от пожара осуществляется дымовыми и тепловыми пожарными извещателями. В помещениях, где установлены дымовые пожарные извещатели не допускается создавать дым и пыль в воздухе, это ухудшает надёжность работы извещателей и может привести к ложным срабаткам. Сигнал тревоги о пожаре можно подать вручную, открыв крышку и нажав кнопку ручного пожарного извещателя. При пожаре персоналу необходимо действовать согласно внутренних инструкций на случай пожара» [17].

«В системе для всех точек доступа предусмотрены кнопки аварийного открывания дверей в случае чрезвычайных ситуаций. Кнопки включены в цепь питания электромагнитных защелок и при нажатии на них двери разблокируются. Для запуска системы противодымной защиты проектом предусматривается система автоматики противодымной защиты» [17].

«В состав оборудования противодымной защиты входят:

- вентиляторы дымоудаления;
- люки дымоудаления на кровле;
- огнезадерживающие клапаны;
- клапаны дымоудаления» [17].

«Для управления оборудованием противодымной защиты настоящей проектной документацией предусматривается:

- установка шкафов контрольно-пусковых «ШКП» различной мощности в венткамерах для управления вентиляторами дымоудаления ВД1-ВД7 и приточных систем ПД1-ПД3 (шкафы «ШКП» устанавливаются в венткамерах на стене на высоте 1,5м от

- пола, один шкаф предназначен для управления одним вентилятором);
- установка шкафов управления ШУФД1-ШУФД8 люками дымоудаления «БУОК-4» в венткамерах на стене на высоте 1,5 м от уровня пола;
 - установка и подключение к интерфейсу системы автоматике дымоудаления в помещениях венткамер приборов приемно-контрольных охранно-пожарных «С2000-4» для диспетчеризации и управления шкафов «ШКП» и вентиляторов (запуск, сигналы режима, отключения автоматике, неисправности, отсутствия питания) и шкафов управления ШУФД1-ШУФД8 люками дымоудаления «БУОК-4» (устанавливаются на стене на высоте 2,2 м от уровня пола, в непосредственной близости от управляемого шкафа «ШКП»);
 - установка в непосредственной близости от клапанов дымоудаления блоков управления «БУОК» для управления однофазно-реверсивными приводами клапанов и контроля их состояния (приборы устанавливаются на стене на высоте не менее 2,2 м от уровня пола);
 - установка и подключение к интерфейсу системы автоматике дымоудаления в помещении охраны и в автостоянке контроллеров двухпроводной адресной линии для диспетчеризации, огнезадерживающих клапанов и клапанов дымоудаления;
 - установка и включение в адресную линию диспетчеризации огнезадерживающих клапанов адресных расширителей «С2000-АР8» и «С2000-АР1 исп.03» (неадресные шлейфы подключаются к контактам состояния клапанов и позволяют выводить на АРМ диспетчера информацию о состоянии клапанов (открыт/закрыт, неисправность));

- установка в помещениях ГРЩ, и электрощитовой, серверной и в непосредственной близости от электрических щитов арендуемых помещений релейных блоков УК/ВК для подачи управляющего сигнала отключения на независимые расцепители автоматических выключателей в щитах электропитания систем общеобменной вентиляции, воздушно-отопительных агрегатов, фанкойлов и тепловых завес, предусмотренных в разделе «Электрическое освещение, электрооборудование» (УК/ВК включены в линию пуска с контролем целостности);
- установка и подключение к интерфейсу системы автоматики противопожарного оборудования в помещении охраны блоков контрольно-пусковых «С2000-КПБ» для контроля исправности и запуска «УК/ВК» (обеспечивается управление противопожарным оборудованием по сигналам АУПС и передача на АРМ оператора информации о состоянии и исправности устройств и цепей управления);
- для установки оборудования управления и контроля противопожарным оборудованием («С2000-КДЛ», «С2000-СП1») в неотапливаемой автостоянке предусматривается установка климатического шкафа, обеспечивающего необходимые климатические условия работы приборов в соответствии с ТД на оборудование» [17].

Выводы по разделу.

В разделе рассматривалась характеристика объекта исследования и проведён анализ пожарной безопасности путей эвакуации из производственных помещений торгового комплекса.

В ходе выполнения задач, представленных в первом разделе было выяснено, что:

- в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 и СТУ помещения здания Торгового Комплекса подлежат оборудованию системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3 типа;
- в качестве световых оповещателей в обычных помещениях используются светоуказатели «Выход» и направления движения с различными знаками направления эвакуации типа «БЛИК-С-24»;
- передача информации о состоянии линий оповещения передается в систему пожарной сигнализации для информирования диспетчера;
- в соответствии с СП 3.13130.2009 громкоговорители проектируемой системы речевого оповещения обеспечивают необходимый уровень звука;
- пути эвакуации на объекте исследования запроектированы с нарушениями требований нормативных правовых актов в области пожарной безопасности.

2 Анализ системы обеспечения пожарной безопасности

2.1 Анализ времени эвакуации из производственных помещений объекта

Произведём анализ времени эвакуации из наиболее удалённого от эвакуационного выхода производственного помещения – цеха кулинарии (на рисунке 2 обозначено красной штриховкой).

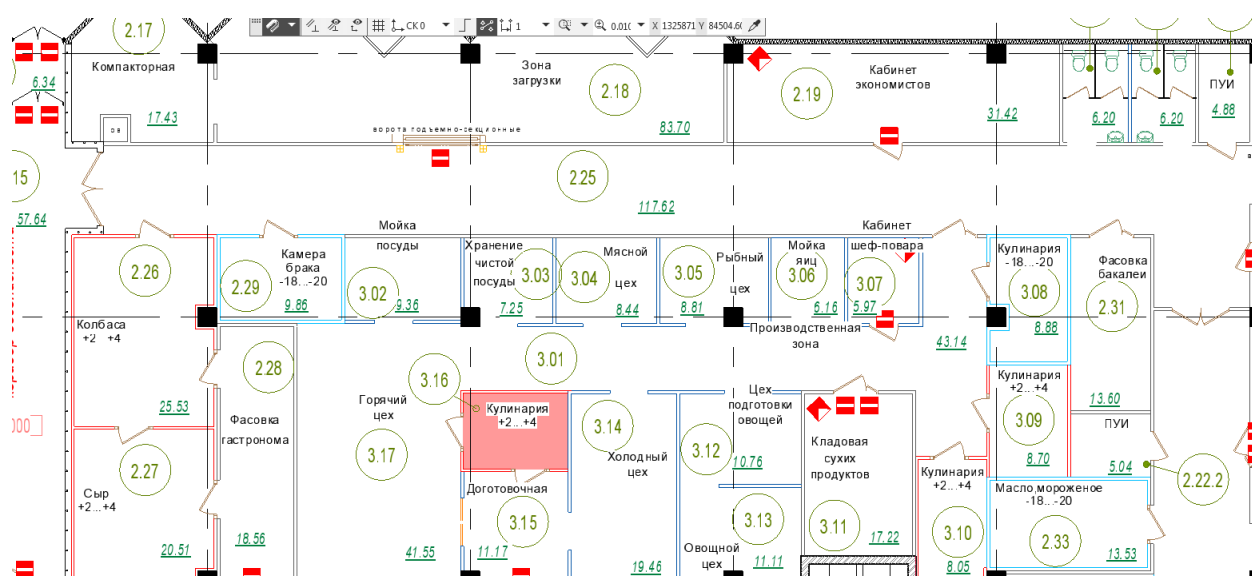


Рисунок 2 – Помещение цеха кулинарии на плане этажа

Эвакуационными выходами являются, если они ведут:

- из помещений первого этажа наружу:
 - непосредственно;
 - через коридор;
 - через вестибюль;
 - через лестничную клетку;
 - через коридор и вестибюль;
 - через коридор и лестничную клетку [1].
- из помещений любого этажа, кроме первого:

- непосредственно в л/к;
 - в коридор, ведущий непосредственно в л/к;
 - в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в л/к.
- в) в соседнее помещение на том же этаже обеспеченное выходами [24].

Для расчёта времени эвакуации разобьём путь эвакуации на участки, которые представлены на рисунке 3.

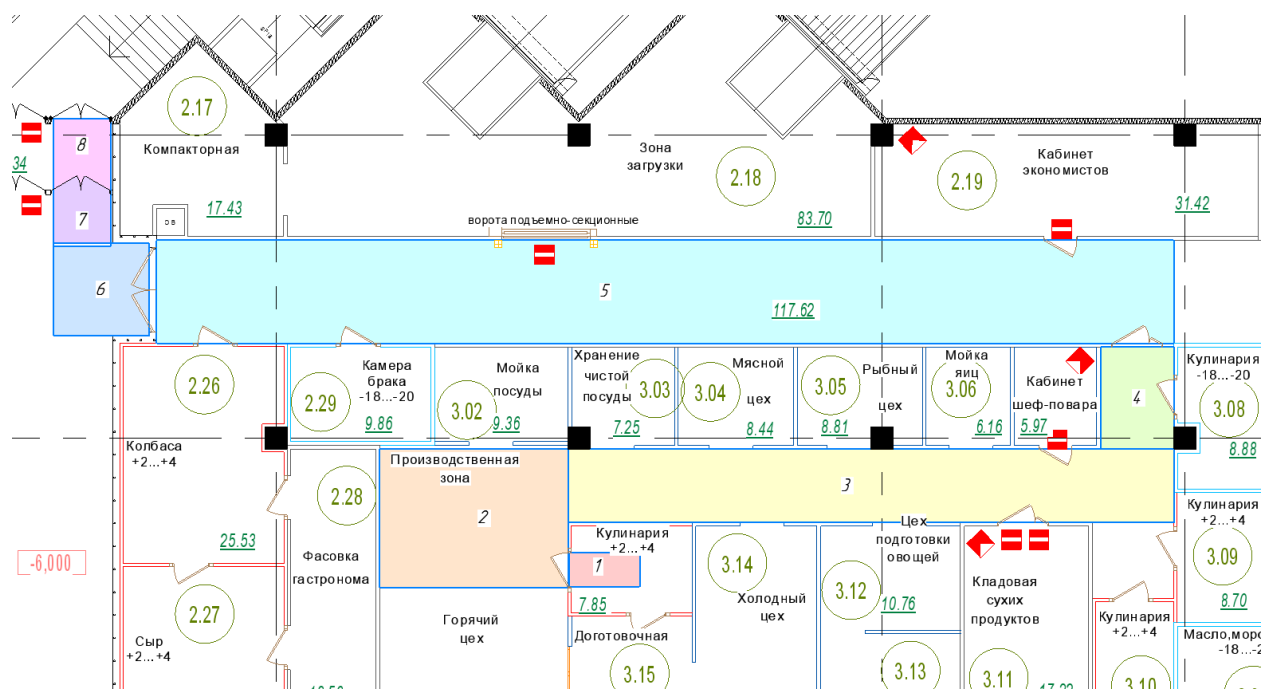


Рисунок 3 – Участки пути эвакуации из помещений цеха кулинарии

Как видно из рисунка 3 путь эвакуации из цеха кулинарии до ближайшего эвакуационного выхода разбит на 8 участков.

Методика расчета времени эвакуации приведена в ГОСТ 12.1.004-91.

Для оценки наиболее продолжительного времени эвакуации при расчете принимается, что на протяжении всего пути происходит слияние людских потоков из помещений этажа.

Исходные данные для расчета эвакуации из помещения цеха кулинарии в помещение горячего цеха (1 участок):

- количество людей в помещении – 4 чел.,
- длина первого участка – 3 м,
- ширина первого участка – 2 м.

Плотность людского потока составляет:

$$D_i = \frac{N_i \times f}{l_i \times \delta_i}, \quad (1)$$

где N_i – количество людей;

l_i – длина участка;

δ_i – ширина участка;

f – площадь горизонтальной проекции человека ($f=0,125$ м – площадь горизонтальной проекции взрослого человека в зимней одежде).

$$D_1 = \frac{4 \times 0,125}{3 \times 2} \approx 0,083,$$

По рассчитанной плотности людского потока из таблицы 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_1=5$ м/мин и скорости движения $V_1=100$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку определяется по формуле 2:

$$t_i = \frac{L_i}{V_i}, \quad (2)$$

где L_i – длина i -го участка пути, м;

V_i – значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на i -ом участке, определяется в зависимости от относительной плотности D , м²/м².

$$t_1 = \frac{3}{100} \approx 0,03 \text{ мин}$$

Интенсивность движения через проем в коридор вычисляется по формуле 3:

$$q_i = \frac{q_{dLi} \times \delta_i}{\delta_{dL}}, \text{ м/мин}, \quad (3)$$

где $\delta_{dL} = 0,8 \text{ м}$ – ширина проема.

$$q_1 = \frac{5 \times 3}{0,8} = 18,75 \text{ м/мин},$$

Время движения в проеме определяется по формуле 4:

$$t_{dL} = \frac{N \cdot f}{q \cdot b_i} \quad (4)$$

где N_i – количество людей;

f – площадь горизонтальной проекции человека, м^2 ;

δ_i – ширина участка;

q – интенсивность движения, м/мин .

$$t_{dL} = \frac{4 \cdot 0,1}{18,75 \cdot 0,8} = 0,026 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации из помещения горячего цеха до коридора (2 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 7 чел.,
- длина второго участка – 5 м,
- ширина второго участка – 6 м.

Плотность людского потока по формуле 1 составляет:

$$D_2 = \frac{7 \times 0,125}{5 \times 6} \approx 0,029$$

По рассчитанной плотности людского потока из таблицы 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_1=5$ м/мин и скорости движения $V_1=100$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2:

$$t_2 = \frac{5}{100} \approx 0,05 \text{ мин}$$

Между 2 и 3 участком эвакуационного пути дверей нет.

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (3 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 19 чел.,
- длина третьего участка – 16 м,
- ширина третьего участка – 2,5 м.

Плотность людского потока по формуле 1 составляет:

$$D_3 = \frac{19 \times 0,125}{16 \times 2,5} \approx 0,06$$

По рассчитанной плотности людского потока из табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_1=6$ м/мин и скорости движения $V_1=90$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_3 = \frac{16}{90} \approx 0,18 \text{ мин}$$

Между 3 и 4 участком эвакуационного пути дверей нет.

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (4 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 21 чел.,
- длина четвёртого участка – 3 м,
- ширина четвертого участка – 2,5 м.

Плотность людского потока по формуле 1 составляет:

$$D_4 = \frac{21 \times 0,125}{3 \times 2,5} \approx 0,35$$

По рассчитанной плотности людского потока из табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_4 = 16,5$ м/мин и скорости движения $V_4 = 43$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_4 = \frac{3}{43} \approx 0,07 \text{ мин}$$

Интенсивность движения через проем в коридор 5 участка пути по формуле 5 составляет:

$$q_5 = \frac{q_4 \times \delta_4}{\delta_{dL}}, \text{ м/мин}, \quad (5)$$

где $\delta_{dL} = 1,2$ м – ширина проема.

$$q_5 = \frac{16,5 \times 2,5}{1,2} = 34,38 \text{ м/мин},$$

Время движения в проеме определяется по формуле 4:

$$t_{dLS} = \frac{21 \cdot 0,1}{34,38 \cdot 1,2} = 0,05 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (5 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 46 чел.,
- длина пятого участка – 27 м,
- ширина пятого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет:

$$D_5 = \frac{46 \times 0,125}{27 \times 3} \approx 0,07$$

По рассчитанной плотности людского потока из таблицы 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_5 = 6$ м/мин и скорости движения $V_5 = 90$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_5 = \frac{27}{90} \approx 0,3 \text{ мин}$$

Но, по наиболее худшему сценарию развития пожара коридор шестого участка пути оказался заблокированным опасным фактором пожара в виде дыма высокой плотности. Соответственно открыв двери из пятого участка пути эвакуирующиеся должны эвакуироваться по запасному пути эвакуации.

Составим схему участков с учётом изменившихся условий (рисунок 4).

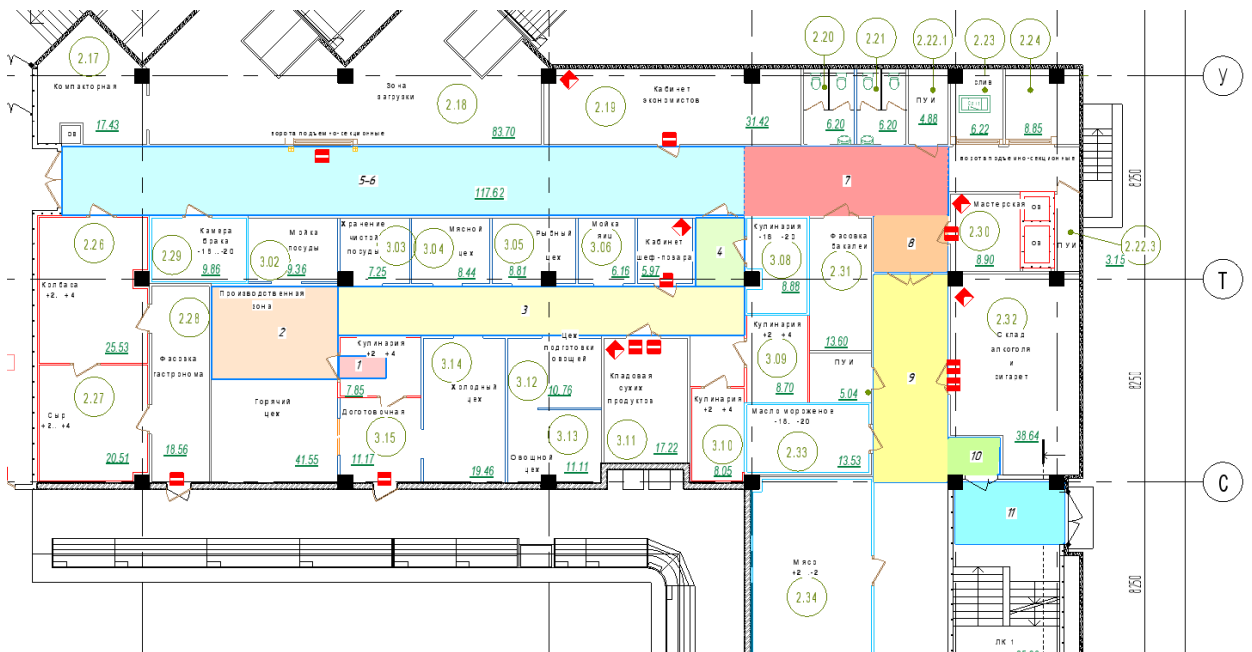


Рисунок 4 – Схему участков эвакуационного пути с учётом изменившихся условий

После того как открыв двери из пятого участка пути эвакуирующиеся должны опять преодолеть 5 участок в обратном направлении, на схеме это будет 6 участок, соответственно время на данном участке по формуле 2 составляет:

$$t_6 = \frac{27}{90} \approx 0,3 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (7 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 50 чел.,
- длина седьмого участка – 8 м,
- ширина седьмого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет по формуле 1 составляет:

$$D_7 = \frac{50 \times 0,125}{8 \times 3} \approx 0,26$$

По рассчитанной плотности людского потока из таблицы 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_7 = 13$ м/мин и скорости движения $V_7 = 55$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_7 = \frac{8}{55} \approx 0,15 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (8 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 50 чел.,
- длина восьмого участка – 3 м,
- ширина восьмого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет по формуле 1 составляет:

$$D_8 = \frac{50 \times 0,125}{3 \times 3} \approx 0,69$$

По рассчитанной плотности людского потока из табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_8 = 16,1$ м/мин и скорости движения $V_8 = 23$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_8 = \frac{3}{23} \approx 0,13 \text{ мин}$$

Интенсивность движения через проем в коридор 9 участка пути по формуле 6 составляет:

$$q_9 = \frac{q_8 \times \delta_8}{\delta_{dL}}, \text{ м/мин}, \quad (6)$$

где $\delta_{dL} = 1,6 \text{ м}$ – ширина проема.

$$q_9 = \frac{16,1 \times 3}{1,6} = 30,19 \text{ м/мин},$$

Время движения в проеме по формуле 4 составляет:

$$t_{dL9} = \frac{50 \cdot 0,1}{30,19 \cdot 1,6} = 0,10 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (9 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 57 чел.,
- длина девятого участка – 8 м,
- ширина девятого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет по формуле 1 составляет:

$$D_9 = \frac{57 \times 0,125}{8 \times 3} \approx 0,3$$

По рассчитанной плотности людского потока из табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_9 = 14,1 \text{ м/мин}$ и скорости движения $V_9 = 47 \text{ м/мин}$ людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_9 = \frac{8}{47} \approx 0,17 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (10 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 57 чел.,
- длина десятого участка – 2 м,
- ширина десятого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет по формуле 1 составляет:

$$D_{10} = \frac{57 \times 0,125}{2 \times 3} \approx 1,19$$

По рассчитанной плотности людского потока из таблицы 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_{10} = 13,5$ м/мин и скорости движения $V_{10} = 15$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_{10} = \frac{2}{15} \approx 0,13 \text{ мин}$$

Интенсивность движения через проем в тамбур лестничной клетки 11 участка пути по формуле 7:

$$q_{11} = \frac{q_{10} \times \delta_{10}}{\delta_{dL}}, \text{ м / мин}, \quad (7)$$

где $\delta_{dL} = 1,2$ м – ширина проема.

$$q_{11} = \frac{13,5 \times 3}{1,2} = 33,75 \text{ м / мин},$$

Время движения в проеме по формуле 4 составляет:

$$t_{dL10} = \frac{57 \cdot 0,1}{33,75 \cdot 1,2} = 0,14 \text{ мин}$$

Исходные данные для расчета эвакуации по коридору (11 участок):

- количество людей в помещении с учётом всех людей, которые эвакуируются по этому участку – 157 чел.,
- длина одиннадцатого участка – 5 м,
- ширина одиннадцатого участка – 3 м.

Плотность людского потока составляет по формуле 1 составляет:

$$D_{11} = \frac{157 \times 0,125}{5 \times 3} \approx 1,3$$

По рассчитанной плотности людского потока из табл. 2 ГОСТ 12.1.004-91 получаем значение интенсивности $q_{11} = 13,5$ м/мин и скорости движения $V_{11} = 15$ м/мин людского потока и вычисляем время движения по помещению.

Время движения по данному участку по формуле 2 составляет:

$$t_{11} = \frac{5}{15} \approx 0,33 \text{ мин}$$

Интенсивность движения через проем в тамбуре лестничной клетки на улицу:

$$q_{12} = \frac{q_{11} \times \delta_{11}}{\delta_{dL}}, \text{ м / мин,} \quad (8)$$

где $\delta_{dL} = 1,6$ м – ширина проема.

$$q_{12} = \frac{13,5 \times 3}{1,6} = 33,75 \text{ м / мин,}$$

Время движения в проеме по формуле 4 составляет:

$$t_{dL1} = \frac{157 \cdot 0,1}{33,75 \cdot 1,6} = 0,29 \text{ мин}$$

Расчетное время эвакуации:

$$t_p = t_1 + t_{dL} + t_2 + t_{dL2} + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{dL9} + t_{10} + t_{dL10} + t_{11} + t_{dL11} +$$

$$t_p = 0,03 + 0,026 + 0,05 + 0,18 + 0,07 + 0,05 + 0,3 + 0,3 + 0,15 + 0,13 + 0,1 + 0,17 + 0,13 + 0,14 +$$

$$+ 0,33 + 0,29 \approx 2,45 \text{ мин.}$$

Вывод: таким образом, расчетное время эвакуации из производственных помещений торгового центра равно 2,45 минутам, что соответствует допустимым значениям (допустимую продолжительность эвакуации согласно ГОСТ 12.1.004-91 рекомендуется принимать 3 мин – в зданиях II степени огнестойкости). Но при возникновении ситуации, что участки основного пути эвакуации оказались заблокированы, произошла ситуация, которая является опасной, то есть два потока двигались навстречу друг другу (один поток двигался в обратном направлении так как достиг заблокированных путей эвакуации и возвращался по коридору (5-6 на схеме), а другой поток двигался по основному пути эвакуации, так как не знал о заблокированных путях. То есть организованным процесс эвакуации назвать нельзя. При этом могла у людей начаться паника, что повлекло бы возможные травмы и жертвы.

Действие при получении сигнала об эвакуации.

Если персонал объекта находится на своих рабочих местах необходимо последовательно выполнить следующие действия:

- без спешки, истерик и паники убрать служебные документы в сейф или в закрывающиеся на ключ ящики стола;
- взять с собой личные вещи, документы, деньги, ценности;
- закрыть окна, выключить оргтехнику, электроприборы, освещение;

- взять с собой и при необходимости использовать индивидуальные средства защиты (противогаз, респиратор);
- закрыть дверь на ключ, ключ оставить в замке;
- покинуть помещение, двигаясь маршрутами, обозначенными в схемах эвакуации;
- отойти от здания и выполнять команды эвакуаторов;
- возвращаться в покинутое помещение только после разрешения ответственных лиц [26].

2.2 Анализ основных показателей обстановки с пожарами и их последствиями

Ежедневно в Нижегородской области в среднем происходило 34 пожара.

При пожарах огнем уничтожено: 1043 строения (-5% к АППГ, 2019 – 1102), 68 жилых квартир (1,5% к АППГ, 2019 – 67), 123 единицы автотранспортной и другой техники (-21% к АППГ, 2019 – 156), уничтожено сена в частных хозяйствах граждан 4027 тонн (+6,6р. к АППГ, 2019 – 611).

«По итогам 2020 года обстановка с пожарами в Нижегородской области по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (АППГ) характеризовалась следующими основными показателями:

- зарегистрирован 12431 пожар (-0,5% к АППГ, 2019 – 12495 пожаров);
- погибло при пожарах 189 человек, в т.ч. 8 детей (-16% к АППГ, 2019-224 человек, в том числе 9 детей);
- получили травмы на пожарах 207 человек, в т.ч. 15 детей (-10% к АППГ, 2019-229, в том числе 26 детей);
- прямой материальный ущерб причинен в размере 35,6 млн. рублей (-5,5р. к АППГ, 2019-197 млн. рублей)» [23].

Количество пожаров и их последствий в Нижегородской области за 2020 год представлено на рисунке 5.

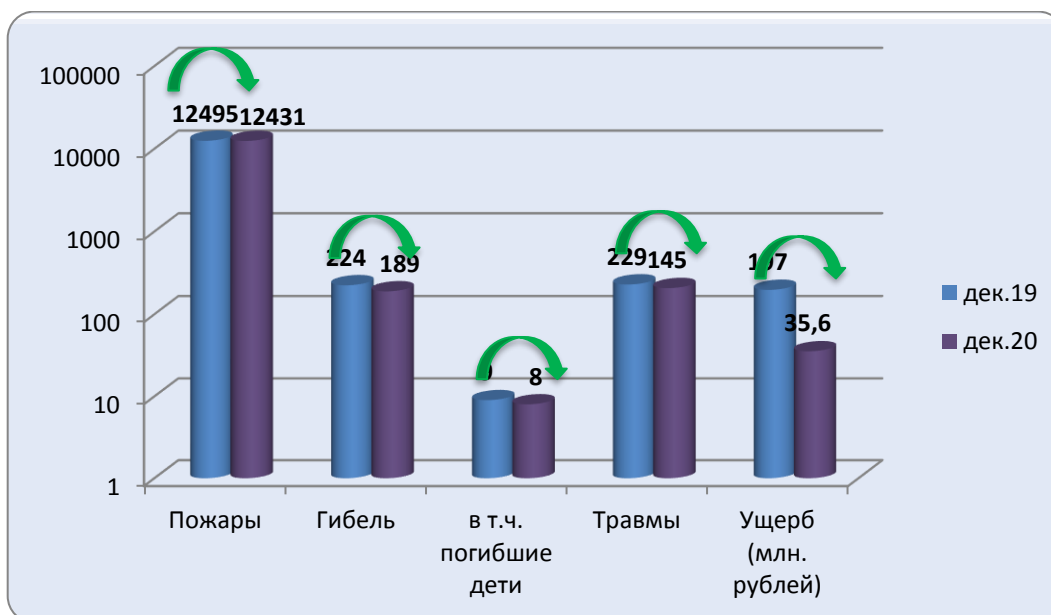


Рисунок 5 – Количество пожаров и их последствий в Нижегородской области за 2020 год

Распределение пожаров по городам и сельской местности за 2020 год представлено на рисунке 6.

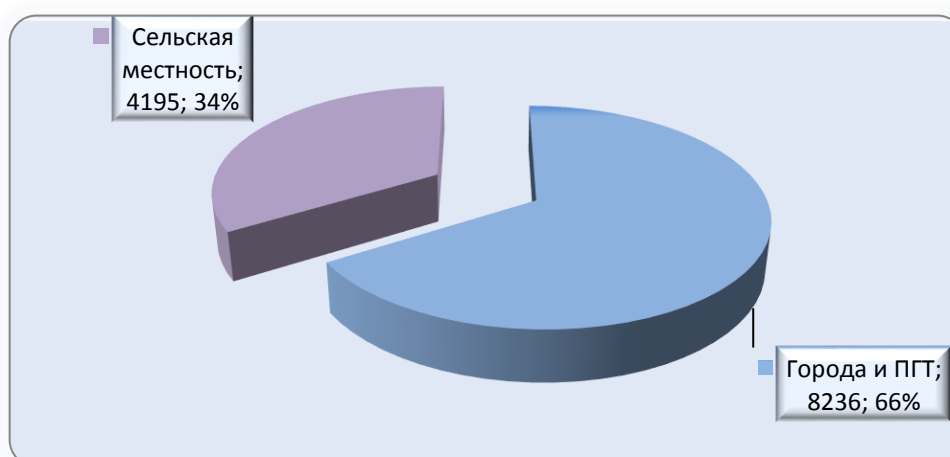


Рисунок 6 – Распределение пожаров по городам и сельской местности за 2020 год

Распределение погибших по городам и сельской местности за 2020 год представлено на рисунке 7.

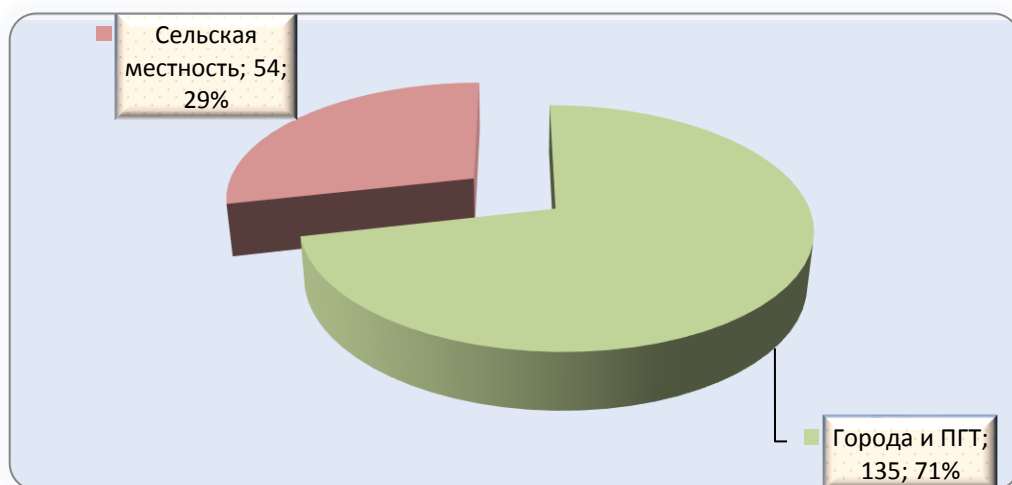


Рисунок 7 – Распределение погибших по городам и сельской местности за 2020 год

В городах и поселках городского типа произошло 8236 пожаров, в сельской местности произошло 4195 пожаров.

Распределение травмированных по городам и сельской местности за 2020 год представлено на рисунке 8.

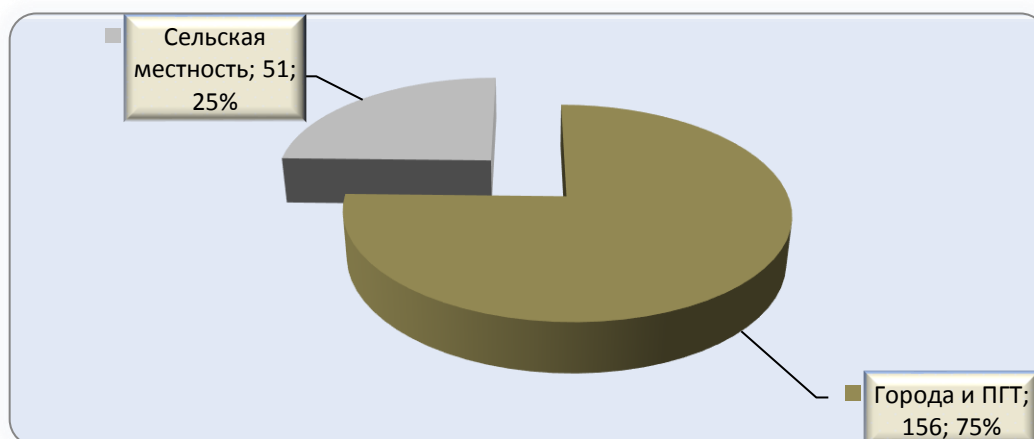


Рисунок 8 – Распределение травмированных по городам и сельской местности за 2020 год

«Работниками пожарной охраны спасено 680 человек и материальных ценностей на сумму более 2785 млн. рублей» [6].

При пожарах в хозяйствах и личных подворьях граждан погибло скота в количестве 368 голов (+12% к АППГ, 2019 – 330).

В городах и поселках городского типа при пожарах погибло 135 человек, в сельской местности при пожарах погибло 54.

В городах и ПГТ травмировано при пожарах –156 человек, в сельской местности травмирован при пожарах – 51 человек.

Распределение количества пожаров по месяцам 2020 года (в сравнении с 2019 годом) представлено на рисунке 9.

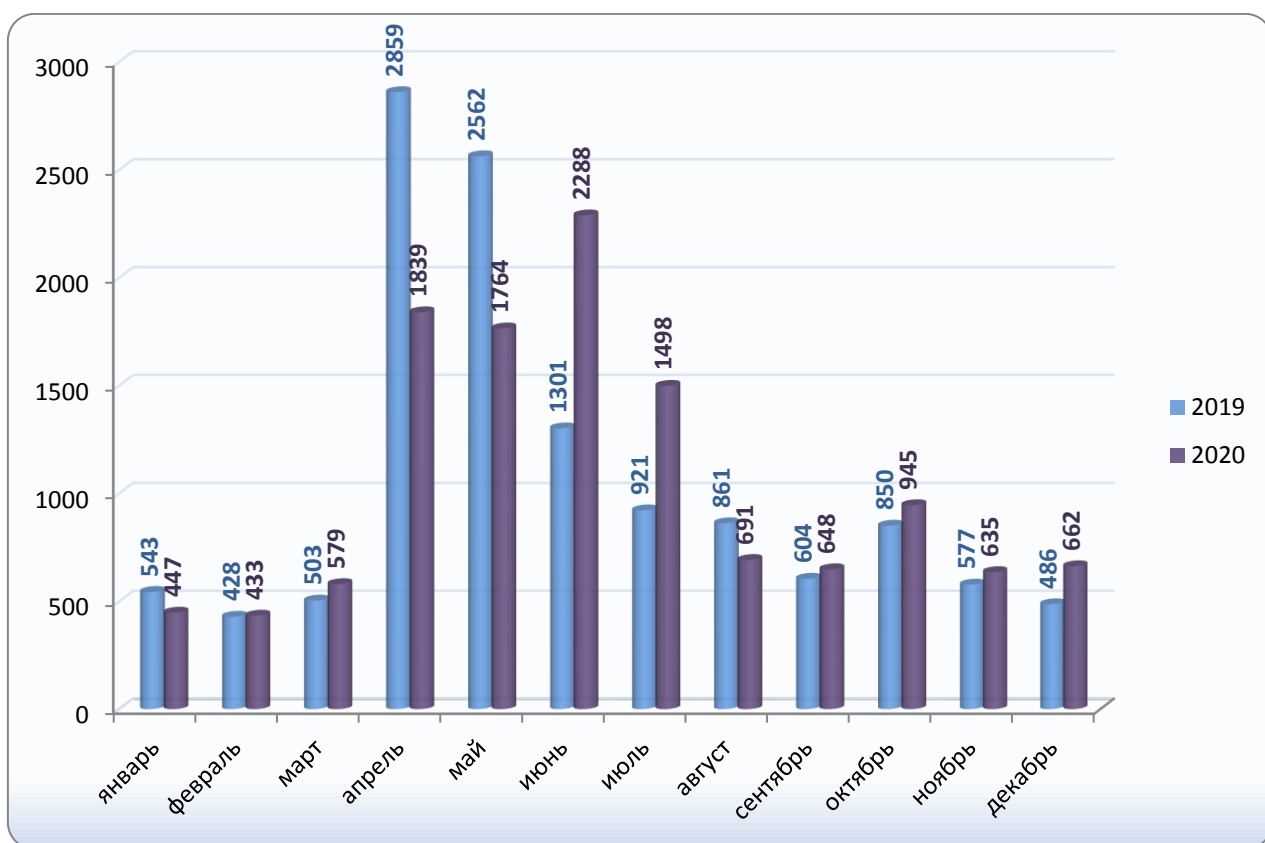


Рисунок 9 – Распределение количества пожаров по месяцам 2020 года (в сравнении с 2019 годом)

Распределение количества пожаров в 2020 году по основным объектам представлено на рисунке 10.

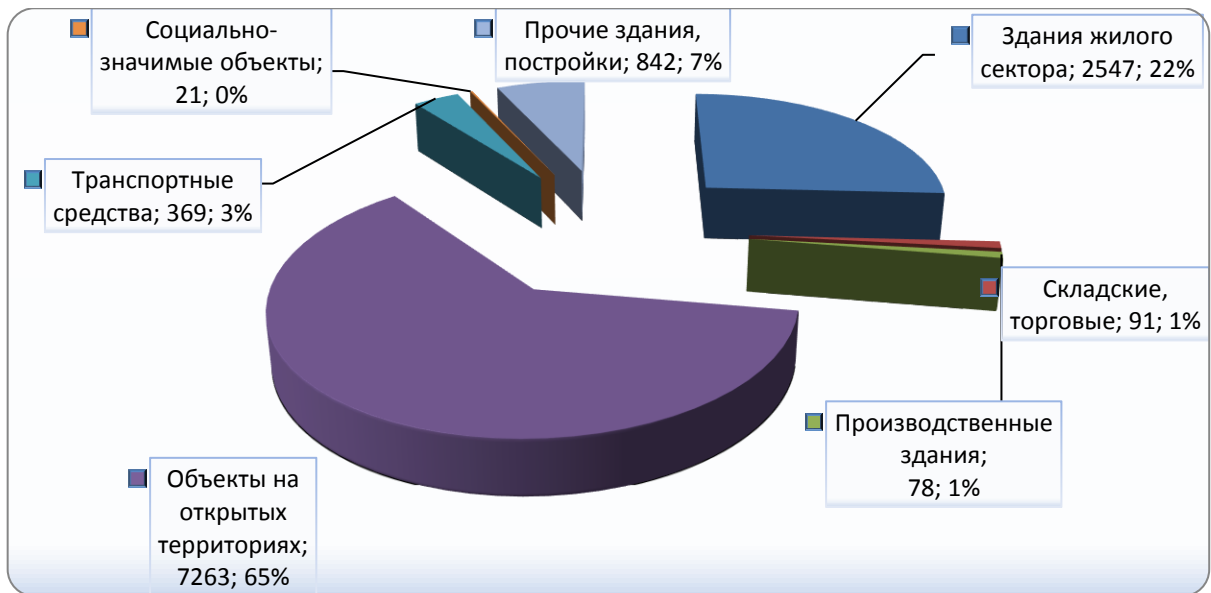


Рисунок 10 – Распределение количества пожаров в 2020 году по основным объектам

Распределение числа погибших при пожарах людей по месяцам 2020 года представлено на рисунке 11.

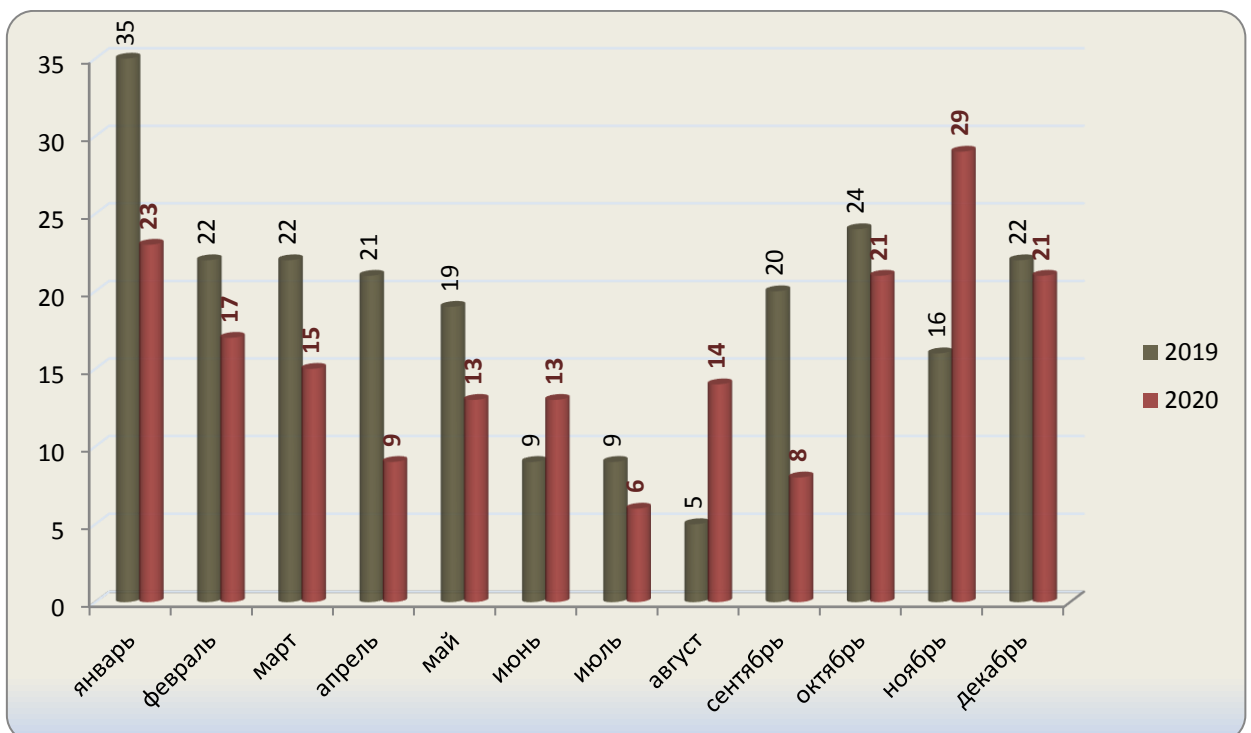


Рисунок 11 – Распределение числа погибших при пожарах людей по месяцам 2020 года

Наибольшее количество пожаров: 7672 – зарегистрировано на объектах открытых территорий (сено, трава, мусор), что от общего числа пожаров, происшедших по Нижегородской области составляет 62% (-4% к АППГ, в 2019 – 7962 пожара).

Наибольшее количество погибших при пожарах – в жилом секторе (здания жилого назначения и надворные постройки), погибло при пожарах 162 человека, в том числе 7 детей, что «составляет 86% от всего числа погибших в Нижегородской области при пожарах людей. В жилом секторе травмировано при пожарах 154 человека, что составляет 74 % от всего числа травмированных при пожарах людей» [20].

Снижение количества пожаров за анализируемый период по сравнению с АППГ зарегистрировано на следующих видах объектов:

- объекты на открытых территориях (сено, мусор, трава и т.д.) – 7672 пожара (-4% к АППГ, 2019 – 7962 пожара);
- складские здания, сооружения: 32 пожара (-14% к АППГ, 2019 – 37 пожаров).

Увеличение количества пожаров за анализируемый период по сравнению с АППГ зарегистрировано на следующих объектах:

- в зданиях производственного назначения: 103 пожара (+20% к АППГ, в 2019 – 86 пожаров);
- в зданиях складов и помещениях торговли: 81 пожар (2,5% к АППГ, в 2019 – 79 пожаров).
- в зданиях жилого сектора: 3196 пожаров (3% к АППГ, в 2019 - 3100 пожаров);
- на транспортных средствах: 435 пожаров (+9 % к АППГ, в 2019 – 400 пожаров).

По причинам за анализируемый период наибольшее количество пожаров произошло:

- от неосторожного обращения с огнем зарегистрировано 9548 пожаров (77% от всего количества пожаров);

- от нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования зарегистрировано 1526 пожаров (12% от общего количества пожаров);
- от нарушения правил устройства и эксплуатации отопительных печей зарегистрировано 755 пожаров (6% от общего количества пожаров);
- от нарушения правил устройства и эксплуатации транспортных средств зарегистрировано 260 пожаров (2% от общего количества пожаров);
- прочие причины 268 пожаров (2% от общего количества пожаров);
- поджог 74 пожара (0,5 % от общего количества пожаров).

Распределение количества пожаров по основным причинам в 2020 году представлено на рисунке 12.

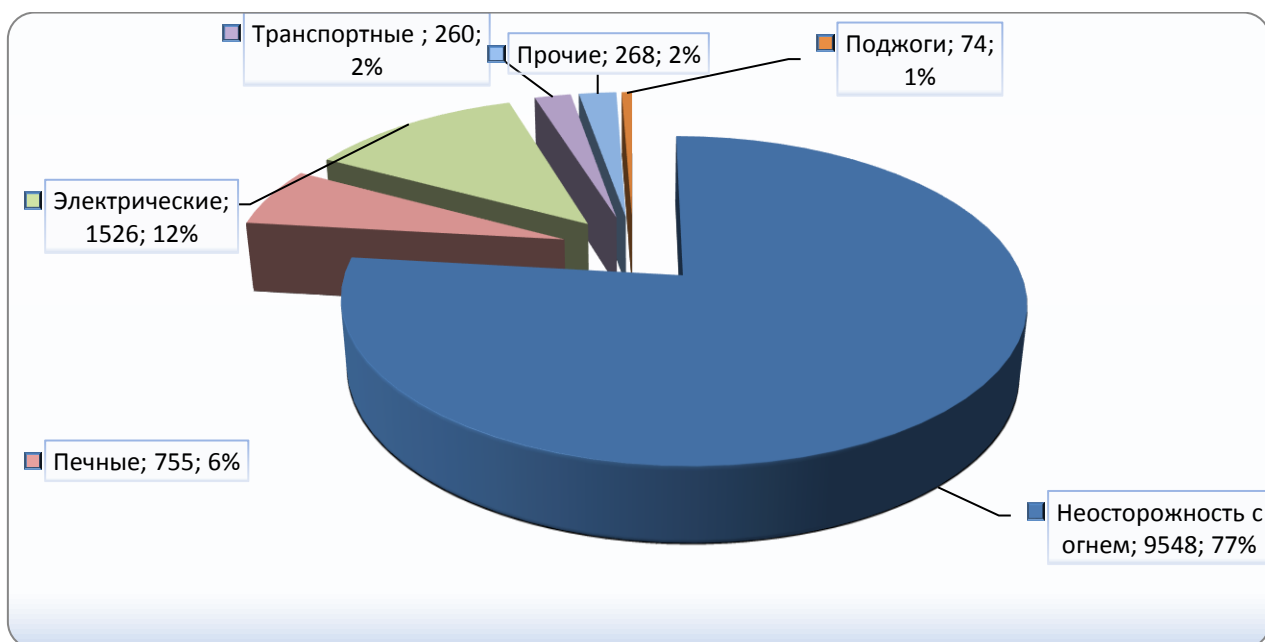


Рисунок 12 – Распределение количества пожаров по основным причинам в 2020 году

«За 2020 год зарегистрировано снижение количества пожаров по основным причинам их возникновения:

- неосторожное обращение с огнем: 9548 пожаров (-3% к АППГ, в 2019 – 9817 пожаров);
- поджог: 74 пожара (-28 % к АППГ, 2019-102 пожара)» [23].

«Увеличение количества пожаров по основным причинам их возникновения:

- НПУиЭ транспортных средств: 260 пожаров (+7% к АППГ, 2019 – 243, пожара);
- нарушение правил устройства и эксплуатации отопительных печей: 755 пожаров (+8 % к АППГ, в 2019 – 698 пожаров);
- НПУиЭ эл. оборудования: 1526 пожаров (+8 % к АППГ, в 2019 – 1420 пожаров)» [21].

Наиболее частыми причинами пожаров, при которых, зарегистрирована гибель людей за 2020 год послужили:

- неосторожное обращение с огнем – 115 человек (-18% к АППГ, в 2019 – 140 человек), что составило 60% от общего количества погибших при пожарах людей;
- НПУиЭ электрооборудования: 34 человека (-42% к АППГ, в 2019 – 59 человек), что составило 18% от общего количества погибших при пожарах людей;
- нарушение правил устройства и эксплуатации отопительных печей: 19 человек (+86% к АППГ, 2019 – 8 человек), что составило 10% от общего количества погибших при пожарах людей.

«По дням недели:

- наибольшее количество пожаров происходило в воскресенье (2067 случаев), наименьшее – в среду (1509 случаев);
- наибольшее количество людей погибло в четверг – 33 человека и во вторник 31 человек, меньше всего – в воскресенье 18 человек» [23].

Распределение количества пожаров и погибших людей по дням недели в 2020 году представлено на рисунке 13.

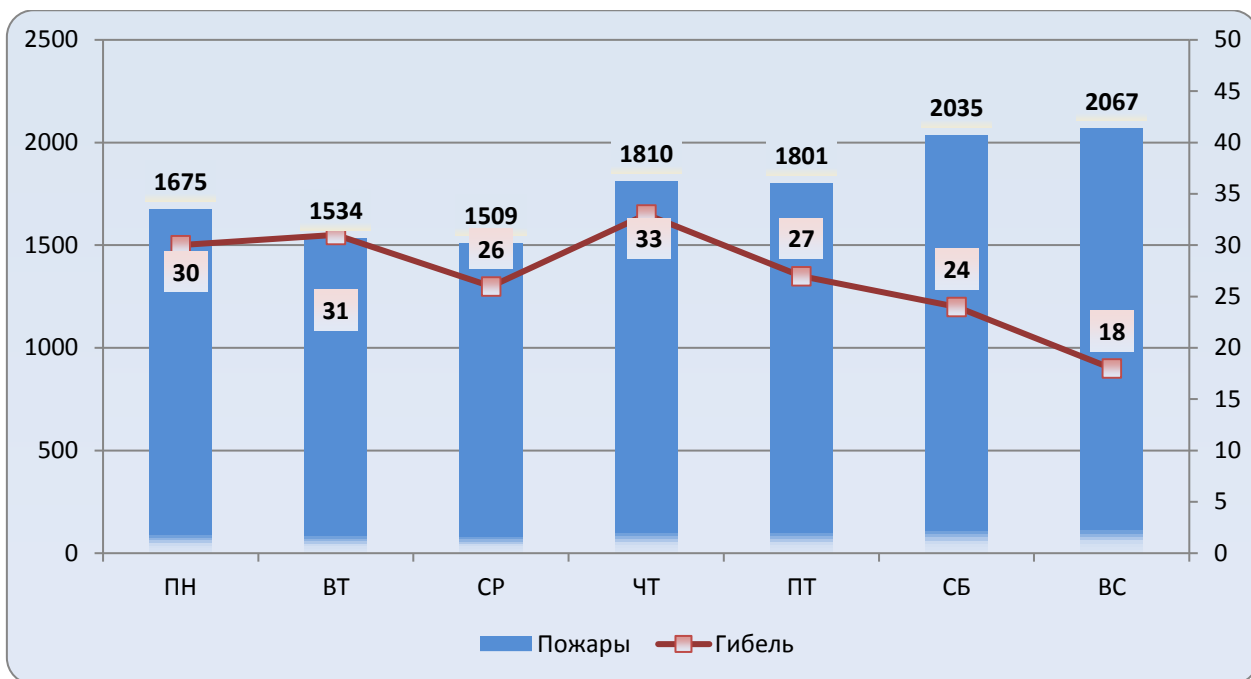


Рисунок 13 – Распределение количества пожаров и погибших людей по дням недели в 2020 году

Распределение числа погибших по времени суток в 2020 году представлено на рисунке 14.

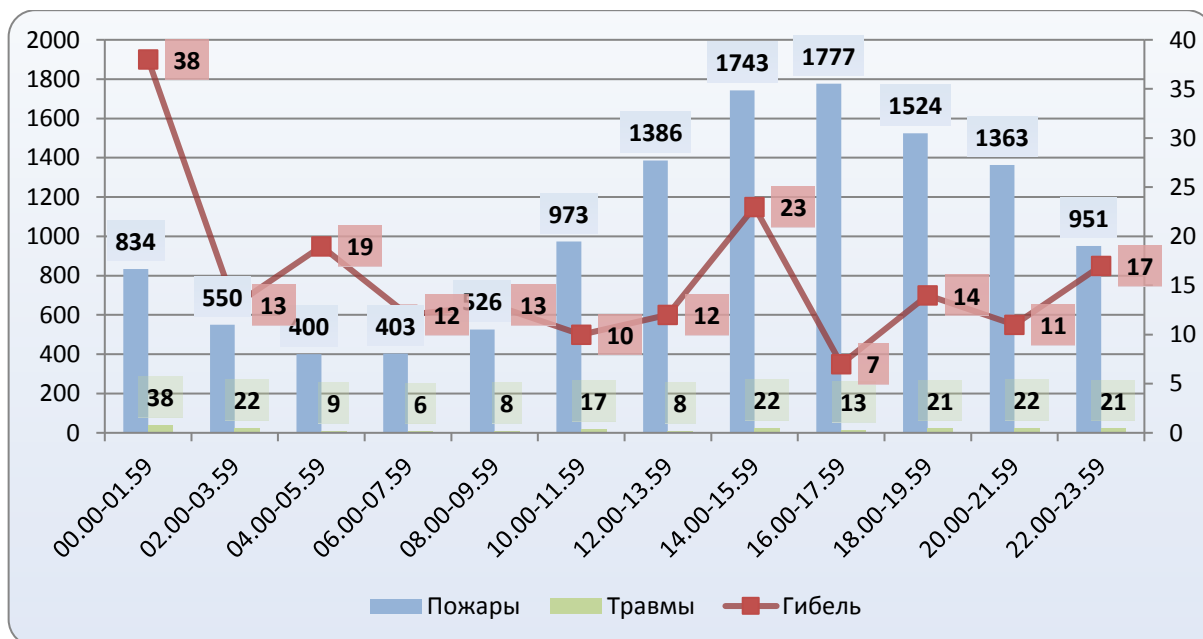


Рисунок 14 – Распределение числа погибших по времени суток в 2020 году

«За 2020 году гибель людей на пожарах:

- в ночное время с 22-00 до 06-00 часов составила 87 человек (46 % от общего количества);
- в утреннее время с 06-00 до 10-00 часов составила 25 человек (13% от общего количества);
- в дневное время с 10-00 до 16-00 часов составила 45 человек (24% от общего количества);
- в вечернее время с 16-00 до 22-00 часов составила 32 человека (17% от общего количества)» [23].

«Основная доля погибших приходится на ночное время с 22.00 до 06.00 часов утра, что составляет 46 % погибших от общего количества» [22].

Распределение гибели людей по социальному положению в 2020 году представлено на рисунке 15.

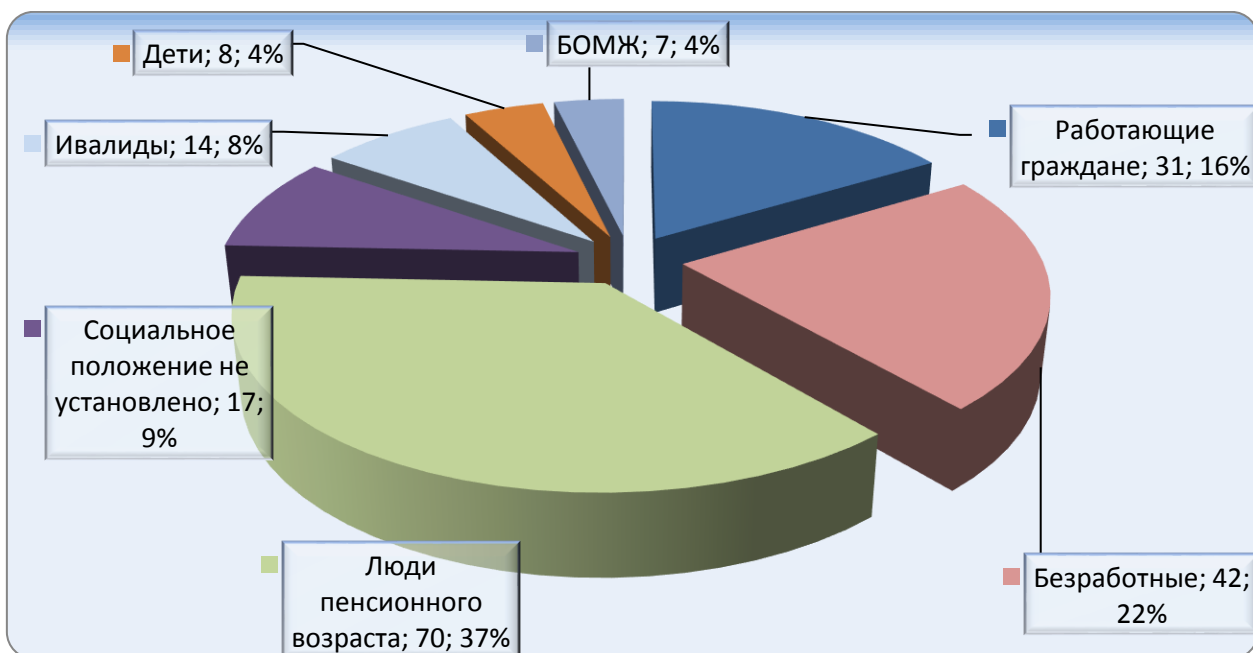


Рисунок 15 – Распределение гибели людей по социальному положению в 2020 году

Анализ статистических данных показывает, что наибольшее число погибших в 2020 году это:

- люди пенсионного возраста – 70 человек (37 % от общего количества),
- безработные граждане – 42 человека (22% от общего количества),
- работающие граждане – 31 человек (16% от общего количества),
- инвалиды – 14 человек (8% от общего количества),
- социальное положение устанавливается – 17 человек (9% от общего количества),
- дети – 8 человек (4% от общего количества),
- БОМЖ – 7 человек (4% от общего количества).

За истекший период 2020 года из 189 погибших при пожарах мужчин – 131, женщин – 58.

Таким образом, «на основе вышеуказанных данных можно сделать вывод о существовании социальной проблемы в обществе – 68% погибших от общего количества при пожарах людей относятся к социально незащищенным слоям населения, а именно пенсионеры, безработные, инвалиды» [23].

Значительный рост числа пожаров во 2-ом квартале 2021 года произошёл с наступлением весеннего пожароопасного периода, связанного с многочисленным возгоранием сухой прошлогодней травы, мусора, тополиного пуха. Усугубляла ситуацию сухая, безветренная погода, с отсутствием осадков и продолжительными аномально высокими температурами, длящимися более месяца.

Рост пожаров и травмированных людей в 2021 году также связан с тем, что весной 2020 года в связи с неблагоприятной эпидобстановкой в России был введён режим самоизоляции, это способствовало не только сдерживанию темпов распространения новой коронавирусной инфекции, но и способствовало значительному снижению количеств пожаров и их последствий.

Во исполнение поручения Губернатора области Главами муниципальных образований активизирована профилактическая работа, направленная на стабилизацию обстановки с пожарами и последствий о них.

В соответствии с планом проведения профилактических мероприятий по предупреждению пожаров и последствий от них на территории области на 2021 год, утверждённого решением КЧС спланирована и проводится работа по профилактике пожаров и гибели людей.

В текущем году проведено 60 заседаний КЧС муниципальных образований с рассмотрением вопросов о складывающейся обстановке с пожарами и принятии мер, направленных на стабилизацию, что в свою очередь позволило не допустить дальнейшего роста гибели людей на пожарах.

Вывод по разделу.

В разделе проведён расчёт времени эвакуации из производственных помещений торгового центра.

Расчетное время эвакуации из производственных помещений торгового центра равно 2,45 минутам, что соответствует допустимым значениям (допустимую продолжительность эвакуации рекомендуется принимать 3 мин – в зданиях II степени огнестойкости).

При возникновении ситуации, что участки основного пути эвакуации оказались заблокированы, произошла ситуация, которая является опасной, то есть два потока двигались навстречу друг другу (один поток двигался в обратном направлении так как достиг заблокированных путей эвакуации и возвращался по коридору (5-6 на схеме), а другой поток двигался по основному пути эвакуации, так как не знал о заблокированных путях. При этом могла у людей начаться паника, что повлекло бы возможные травмы и жертвы.

В ходе проведения анализа обстановки с пожарами в Нижегородской области за 2020 год и 6 месяцев 2021 года было выяснено, что:

– существует социальная проблема в обществе – 68% погибших от

общего количества при пожарах людей относятся к социально незащищенным слоям населения;

- значительный рост числа пожаров во 2-ом квартале 2021 года произошёл с наступлением весеннего пожароопасного периода, связанного с многочисленным возгоранием сухой прошлогодней травы, мусора, тополиного пуха.

Из анализа обстановки с пожарами в Нижегородской области видно, что торговые центры, как объекты торговли, вошли в статистику пожаров Нижегородской области за 2020 год в качестве наиболее безопасных объектов (меньше 1% от всех случаев загораний). При этом в случае загораний наиболее уязвимым звеном в эвакуации из помещений торговых центров будут являться пенсионеры и инвалиды.

Если в производственных помещениях рассматриваемого торгового центра окажутся пенсионеры или инвалиды, то при ситуации, когда участки основного пути эвакуации окажутся заблокированы, тогда данный тип эвакуирующихся окажется в зоне высокого риска.

3 Обоснование требований пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений

3.1 Предложения по повышению эффективности эвакуации из производственных помещений объекта

Принцип планирования эвакуации заключается в обеспечении безопасного маршрута эвакуации из любой точки здания в безопасную зону за пределами здания [1].

Перед эвакуацией требуется идентификация пожарной опасности и оповещение об опасности заинтересованных лиц (например, с помощью автоматической системы пожарной сигнализации). Меры, которые помогают людям безопасно эвакуироваться, составляют лишь часть мер по эвакуации.

Спектр рисков, из которого вытекают требования к проектированию зданий, широк. Следовательно, существует целый ряд факторов, влияющих на эвакуацию из здания. Все люди, находящиеся в здании в чрезвычайной ситуации, должны покинуть здание невредимыми и иметь возможность безопасно выйти наружу или спастись в безопасную зону без посторонней помощи.

Технические меры не сводятся только к противопожарной защите. Они предлагают потенциал оптимизации для достижения целевого уровня безопасности и помогают повысить этот уровень.

В настоящее время устройства акустической сигнализации, системы голосовой сигнализации, устройства визуальной сигнализации или оборудование пожарной сигнализации служат не для направления эвакуации, а для оповещения в случае пожара [11].

Разметка путей эвакуации указывает на пути эвакуации в их первоначальном виде в виде знаков. В первоначальном виде они используются до сих пор. Они отмечают пути эвакуации, однако они не реагируют на изменение окружающей среды или на опасное событие. Они не

меняют свою маркировку и интегрированы как пассивные или статические продукты в концепции системы эвакуации [14].

Рядом с разметкой используется маркировка путей эвакуации с подсветкой в дежурном режиме или в нерабочем режиме. Они питаются от автоматически запускающегося источника питания, чтобы поддерживать функциональность постоянно, или они могут быть активированы в случае отключения электроэнергии от независимого источника питания [14].

Безопасный маршрут эвакуации – это тот маршрут, который:

- готов к эвакуации в любое время,
- устойчив к воздействию огня и дыма,
- не стеснен никакими препятствиями.

Маршрут эвакуации должен иметь достаточную пропускную способность для обеспечения беспрепятственной эвакуации [15].

Система с использованием пассивных элементов указания маршрута эвакуации (рисунок 16) была реализована уже несколько десятков лет назад для безопасной эвакуации в случае пожара.

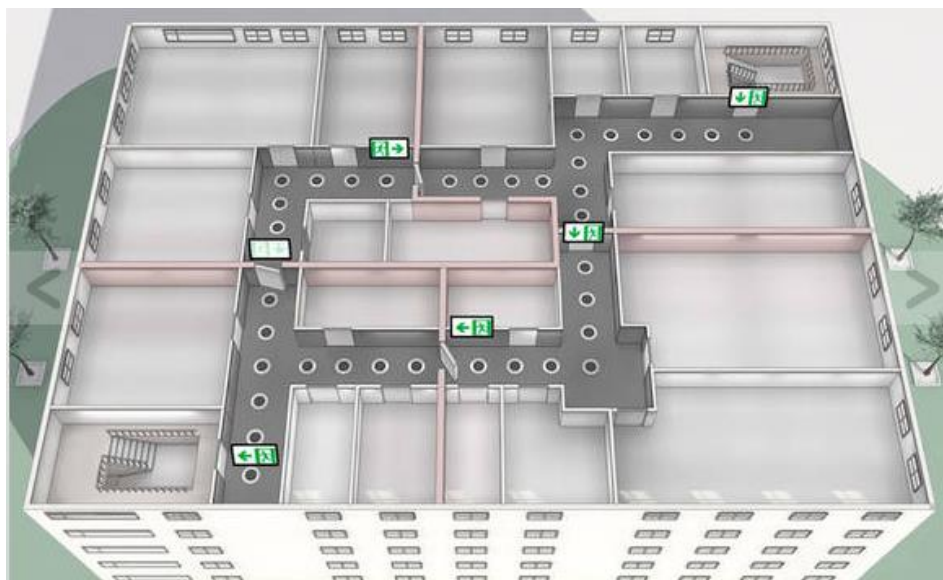


Рисунок 16 – Система с использованием пассивных элементов указания маршрута эвакуации

Поэтому обычно используются светильники, расположенные над эвакуационным выходом, а также знаки с указателями эвакуации, которые могут указывать различные направления эвакуации.

Статические или пассивные элементы маршрута эвакуации всегда находятся в одинаковом состоянии независимо от события опасности. Примерами могут служить специальная эвакуационная разметка или подсветкой путей эвакуации. При активной маршрутизации эвакуации элементы для маршрутизации эвакуации включаются в случае необходимости. Отображение направления не является переменным [16].

Динамическая маршрутизация эвакуации реагирует на опасную ситуацию в начале эвакуации и соответственно по-разному устанавливает сигналы направления движения.

Статические или пассивные элементы направления движения не адаптируются к развитию опасности, и не имеют функций наблюдения за путями эвакуации.

Необходимо спланировать комбинацию мер конструктивной, системной и организационной противопожарной защиты, чтобы обеспечить цель защиты: все люди, которые находятся внутри здания в случае пожара и могут спастись, должны иметь возможность покинуть здание, не пострадав.

Система пожарной сигнализации может быть использована в качестве управляющего устройства для адаптивной маршрутизации эвакуации.

3.2 Разработка мероприятий по повышению эффективности эвакуации из производственных помещений объекта

Существуют различные типы маршрутов эвакуации в зависимости от используемых концепций и элементов. Прежде всего, существует статическая/пассивная сигнализация или маркировка, которые устанавливаются внутри здания и указывают на пути эвакуации и аварийные маршруты [27].

Являются ли системы адаптивными или динамическими, как правило, зависит от концептуальной интеграции ее элементов, включая контроль доступности путей эвакуации, и не зависит от отдельных составляющих и самих систем. Знаки для обозначения путей эвакуации являются пассивными, тогда как маркировка с подсветкой и общие объявления об эвакуации системы речевой сигнализации, которые включаются в случае опасности, классифицируются как активные. В случае одноразовой адаптации направления эвакуации к опасной ситуации (например, вправо/влево, вверх/вниз, разрешение/закрытие) оно классифицируется как динамическое. Если сигнализация путей эвакуации постоянно адаптируется к условиям окружающей среды в соответствии с развитием опасности, она определяется как адаптивная. Это относится как к оптическим системам оповещения о пожаре и управления эвакуацией, так и к громкоговорителям речевого оповещения или тактильным системам [2].

Для поддержки эвакуации используются оптические и акустические продукты, которые выходят за рамки статических сигнализация или маркировка. Они используются таким образом, что становятся активными или включаются только в случае необходимости, как, например, безопасное освещение (с подсветкой или подсветкой), системы обеспечения безопасности при блокировке дверей эвакуационных выходов или воспроизведение записанного объявления с помощью системы речевой сигнализации. Такие продукты позволяют реагировать на опасные ситуации, в то время как они не допускают изменения в отношении отображения их статуса. Динамическая маршрутизация эвакуации основывается на этом, но также выходит за рамки системы. Это позволяет использовать указателей с переменным направлением эвакуации (например, маркировка указывает вверх/вниз, вправо/налево или маршруты открыты/закрыты) [29].

Имеющиеся пожарные извещатели, обычно используемые для быстрой идентификации загорания, не подходят для наблюдения за путями эвакуации. Пожарные извещатели обычно устанавливаются на потолке, так как именно

здесь они могут наиболее быстро идентифицировать дым или температуру. Наблюдение за путями эвакуации в отношении доступности должно быть ниже 2,2 м там, где находятся эвакуирующиеся люди [31].

Доступность путей эвакуации может быть ограничена самой опасностью, например, в случае пожара из-за дыма или токсичных газов. Кроме того, безопасность путей эвакуации зависит также от пропускной способности. Например, заторы могут возникать в результате большого количеством спасающихся лиц, а также из-за раненых или паникующих людей [30].

Для оценки доступности путей эвакуации различные технологии и продукты могут быть объединены в целостную концепцию (например, пожарный извещатель, устройство путей эвакуации, видеокамеры, (оптические, акустические, тактильные) устройства сигнализации, лифты, стационарные и мобильные телефоны, мессенджеры и системы управления зданием. С помощью определенной информации о доступности путей эвакуации могут быть адресованы сигналы, указывающие путь, и может быть отображен наиболее безопасный маршрут эвакуации. Таким образом, возможно блокирование и закрытие путей эвакуации [32].

Современные технологические разработки, такие как системы позиционирования внутренних помещений, моделирование маршрутов эвакуации, а также интеграция подходящих лифтов, эскалаторов, беговых дорожек или системы контроля доступа, могут поддерживать адаптивную маршрутизацию эвакуации. Кроме того, информация об окружающей среде может быть использована в качестве входных переменных для маршрута эвакуации [3].

При адаптивной маршрутизации эвакуации маршруты эвакуации постоянно контролируются, чтобы доказать их доступность и безопасность. Адаптивная система распознает, если путь эвакуации больше недоступен (например, дым, газы, препятствия), и автоматически перенаправляет

систему наведения безопасности с помощью оптического и акустического отображения безопасных путей эвакуации [33].

Пример работы адаптивной системы эвакуации – указатель над эвакуационным выходом указывает, что дальше эвакуационные пути заблокированы ОФП изображен на рисунке 17.

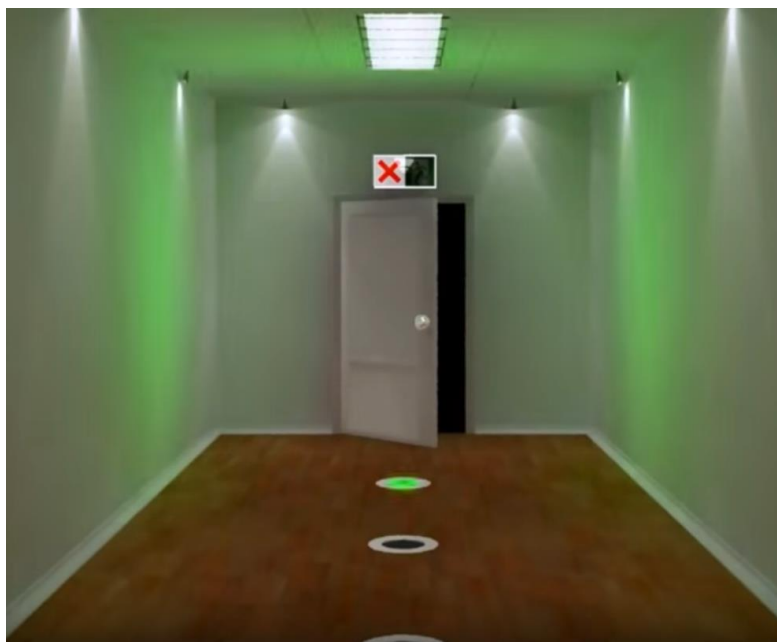


Рисунок 17 – Пример работы адаптивной системы эвакуации

Взаимодействие оптической и акустической сигнализации. Ядром адаптивного маршрута эвакуации является контроль сигнализации маршрута эвакуации посредством постоянной оценки опасной ситуации. Поступающая информация об опасностях (например, пожарные извещатели) непрерывно оценивается центральной системой пожарной сигнализации и передается в устройства СОУЭ, при необходимости, для принятия дальнейших мер. В то же время информация о доступности путей эвакуации и эвакуации (например, детекторы путей эвакуации) анализируется и включается в оценку [4].

На рисунке 18 показан схематический эскиз здания. Показанный этаж пространственно разделен на четыре сегмента.

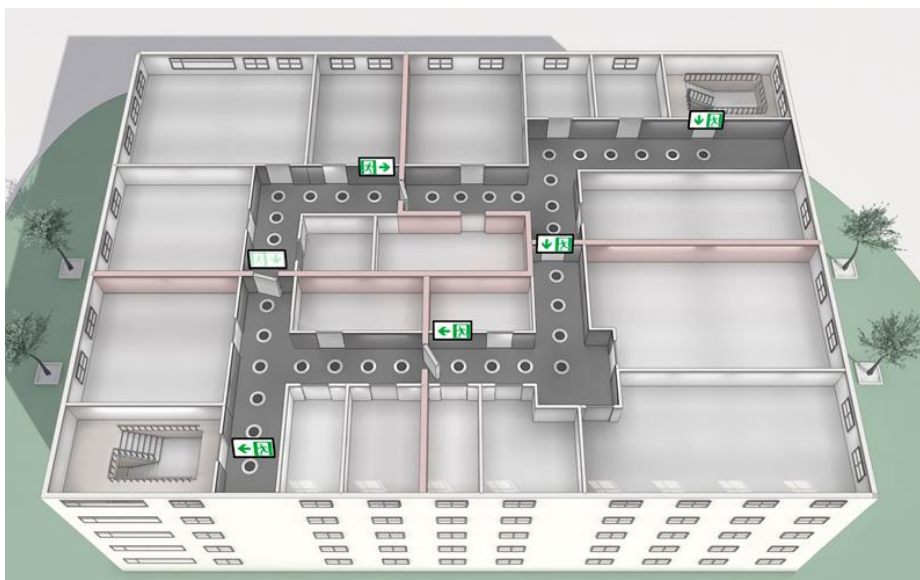


Рисунок 18 – Направления эвакуации осуществляется пассивными элементами

Направления эвакуации осуществляется пассивными элементами.

Как показано на рисунке 18, пассивные элементы не реагируют на опасность. Кроме того, может быть включена система управления эвакуацией вблизи пола, которая показана на рисунок 19 в качестве разметки пола [34].

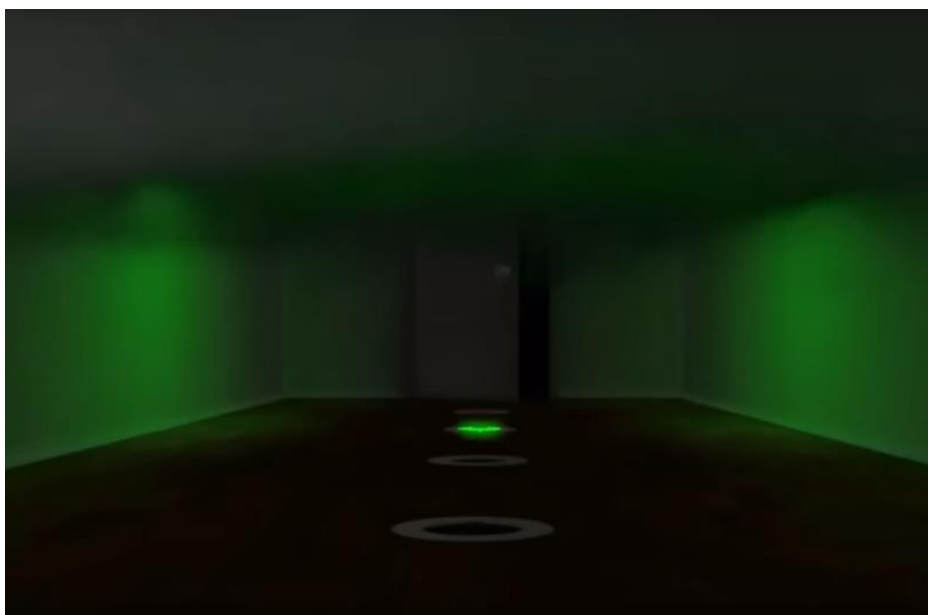


Рисунок 19 – Система управления эвакуацией вблизи пола

На рисунке 19 показано, что при использовании неактивного маршрута эвакуации сигнальные устройства, указывающие путь эвакуации, включаются независимо от опасной ситуации в случае наличия на путях эвакуации опасных факторов пожара. Сюда входят, например, разметка путей эвакуации в нерабочем режиме и записанные объявления системы речевой сигнализации [35].

Динамическая маршрутизация эвакуации дает возможность давать указания по изменению направления эвакуации (рисунок 20).

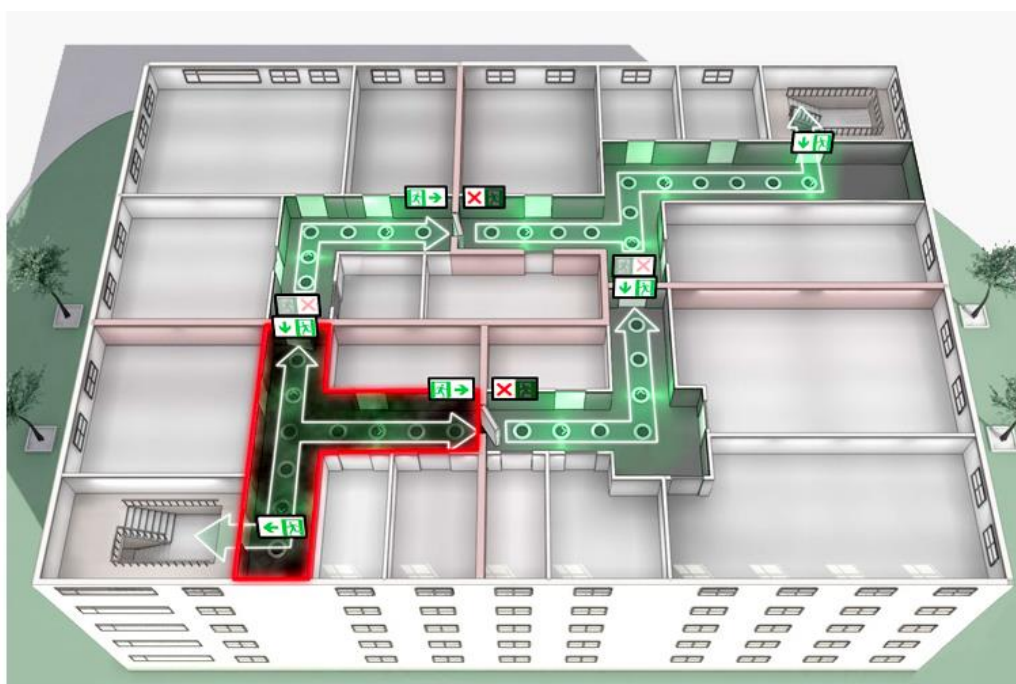


Рисунок 20 – Пример с блокированием путей эвакуации на этаже

Как показано на рисунке 20, система указания маршрута эвакуации изменяет отображение направления в сопоставимой опасной ситуации, как показано на рисунках 18 и 19. Динамический маршрут эвакуации способен реагировать на опасность, изменяя отображение направлений эвакуации. В зависимости от опасной ситуации он может указать кратчайший путь из опасной зоны и направить людей по оставшимся путям эвакуации, например,

наружу. Опасная зона будет оптически заблокирована с помощью значков блокировки снаружи [7].

Кроме того, объявления об эвакуации с речевым оповещением инициируются в зависимости от опасной ситуации. Все сигнальные устройства, указывающие пути эвакуации, способны адаптироваться к опасной ситуации до окончания опасности на путях эвакуации [5].

Использование динамического маршрута эвакуации имеет смысл, если рассматриваемое помещение здания является закрытой зоной, например, пожарным отсеком, и распространение опасности за пределы этой зоны может быть исключено по крайней мере на определенный период времени, например, на 60 минут.

Рисунок 21 иллюстрирует начало опасной ситуации.

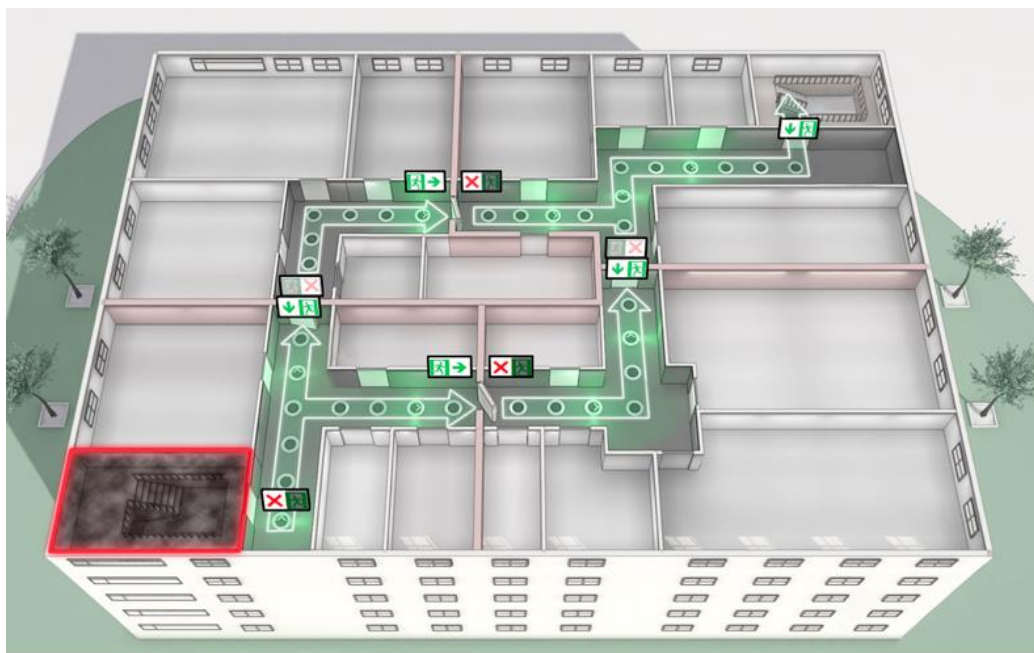


Рисунок 21 – Начало опасной ситуации

Адаптивная маршрутизация эвакуации дает возможность перенаправлять эвакуирующихся людей на основе непрерывного наблюдения за путями эвакуации и с учетом возможного изменения опасной ситуации, т.е. постоянно отслеживает развитие опасности. Как обнаружение опасности,

так и сигналы маршрута эвакуации в такой системе должны реагировать на временные изменения и реагирование в зависимости от опасной ситуации.

Оптические и акустические сигнальные устройства закрывают зону поражения. На рисунке 19 показано, что опасность распространилась на другой сегмент здания (нижний этаж). Как речевое оповещение, так и оптические элементы адаптивного маршрута эвакуации реагируют на эту опасную ситуацию.

Предусмотрены два уровня эвакуации, по которым спасающиеся люди могут быть безопасно эвакуированы наружу с помощью комплексной системы управления маршрутами эвакуации (состоящей из динамического светильника с указателем безопасности и встроенных напольных светильников с функцией преследования). В случае если один из двух уровней эвакуации заполнен дымом, люди направляются соответственно на другой уровень, свободный от табачного дыма, с помощью динамической системы управления маршрутами эвакуации. Автоматизация и управление запускаются (комплексной) системой пожарной сигнализации [10].

Таким образом, разметка путей эвакуации может иллюстрировать закрытые пути эвакуации, например, с помощью красных крестов. В случае происшествия включаются сигнальные устройства, например, с помощью системы пожарной сигнализации. Анализируется информация о существующей опасности. Часто на основе этих данных определяются пути эвакуации, а сигнальные устройства показывают направления эвакуации.

В случае пожара внутри здания светильники для аварийных знаков классической системы освещения могут включаться автоматически и при этом становиться активными. Если светильники аварийного знака показывают неизменное направление, как правило, первый маршрут эвакуации отображается независимо от опасной ситуации.

С левой стороны на рисунке 22 показана ситуация в клинике, где путь к отступлению проходит через лестницу. Вход на лестницу оптически закрыт красным крестом с функцией мигания. На правом рисунке видны напольные

светильники с указателями направления и функцией преследования, а также светильники с динамическими указателями эвакуации по ходу коридора.



Рисунок 22 – Пример блокирования выхода на лестничную клетку

Если светильники имеют переменную индикацию направления, альтернативный маршрут эвакуации (второй маршрут эвакуации) может быть отображаем в зависимости от начальной ситуации опасности и зоны задымления (например, пожарный отсек) может быть оптически закрыт значками блокировки.

Адаптивная маршрутизация эвакуации реагирует на дальнейшие сообщения, например, панели управления пожарной сигнализацией и наблюдения за маршрутами эвакуации, и постоянно корректирует направление эвакуации в зависимости от развития опасности – например, распространения дыма.

Во-первых, дым и газы собираются под потолками по тепловым причинам и оттуда распространяются по всему помещению. Видимость ограничена дымом. Газы содержат токсичные вещества (например, монооксид углерода, синильную кислоту) и вещества, которые раздражают

слизистые оболочки (например, двуокись углерода) и которые вредны для людей и влияют на их восприятие. Таким образом, затрудняется ориентация эвакуирующихся лиц.

Рисунок 23 иллюстрирует предлагаемый пример размещения динамической маршрутизации путей эвакуации.

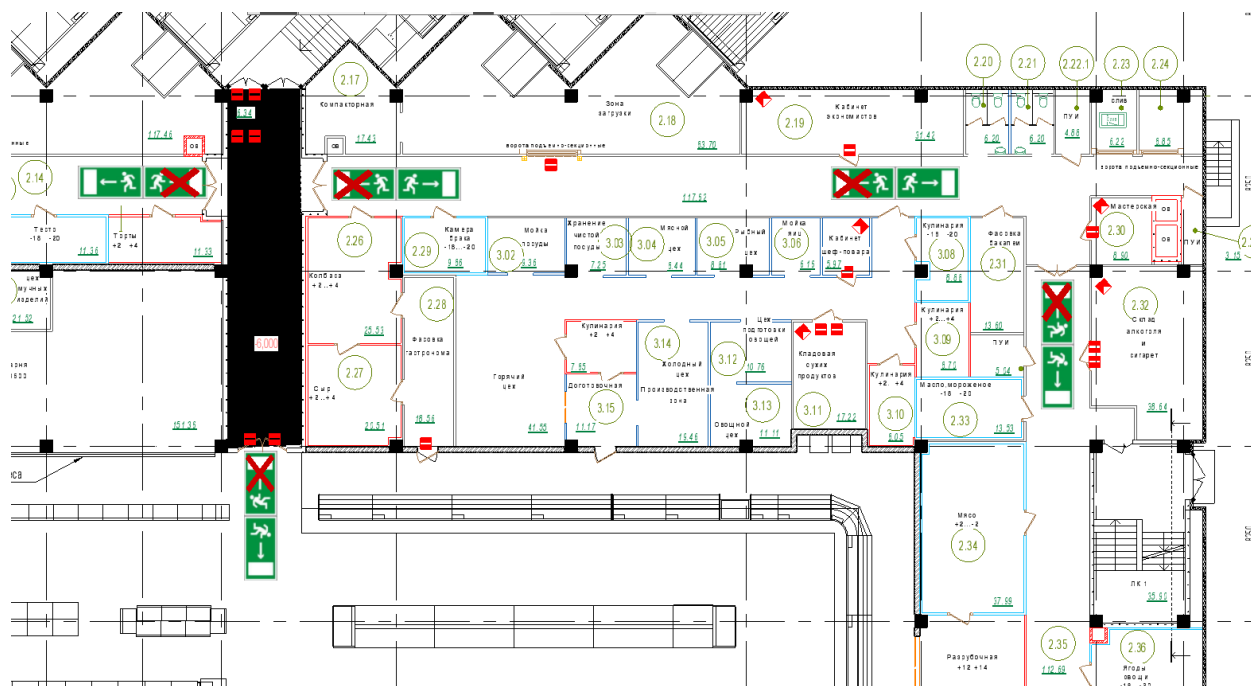


Рисунок 23 – Предлагаемый пример размещения динамической маршрутизации путей эвакуации

Другая опасная ситуация, требующая немедленной эвакуации из здания, может быть навязанным угрозой взрыва бомбы. Хотя время здесь также является критическим фактором, в отличие от случая пожара, эта опасная ситуация не препятствует эвакуации в случае, если угрожаемое действие не произошло. Обычно доступны все аварийные выходы, и адаптивная маршрутизация требуется только в случае недопущения использования отдельных путей эвакуации.

Некоторые опасные ситуации требуют эвакуации из непосредственно пострадавших районов, но не выхода из здания. И существуют виды опасностей, требующих блокировки места до тех пор, пока там нет людей [8].

Характерной особенностью опасной ситуации, требующей блокировки, является, например, событие террористического нападения лиц с оружием. В данном случае важно держать лиц, которые спланировали преступление, подальше от людей, находящихся внутри здания, и препятствовать в его/ее продвижении, а в идеале изолировать его/ее в пустой части здания [9].

В определениях СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» даётся определение динамическому указателю как эвакуационный знак пожарной безопасности с изменяемым смысловым значением, но при этом промышленные предприятия РФ не производят данного вида указателей. Среди зарубежных производителей динамическую систему эвакуации производит компания INOTEC Sicherheitstechnik GmbH, пример продукции представлен на рисунке 24.



Рисунок 24 – Динамический указатель INOTEC

Взаимодействие между системой пожарной сигнализации и динамической системой эвакуации реализуется с помощью беспотенциальных контактов. К этим входам подключены различные

сценарии (шаблоны) эвакуации, которые соответственно извлекаются в случае опасности.

Инженеры-разработчики INOTEC разработали данную инновационную систему для аэропортов, вокзалов, туннелей, стадионов, торговых центров.

Динамическая система эвакуации уже используются во многих крупных проектах, таких как аэропорты, больницы и производственные цеха Германии.

3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

В работе предложено на объекте внедрить адаптивную маршрутизацию эвакуации с использованием динамических указателей направления эвакуации.

При возникновении пожара в помещениях торгового центра первые прибывающие отделения пожарной охраны будут направлены на эвакуацию и спасение людей, соответственно экономическая эффективность предлагаемой адаптивной маршрутизации эвакуацией с использованием динамических указателей направления эвакуации будет обеспечиваться сокращением времени свободного развития пожара.

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- помещения здания гипермаркета оборудованы стандартной системой эвакуации;
- помещения здания гипермаркета оборудованы адаптивной маршрутизацией эвакуации.

Рассчитаем площадь пожара по формуле 9:

$$F''_{пож} = \pi(v_{л} B_{св.г})^2 1 \text{ м}^2, \quad (9)$$

«где v_d – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$V_{свг}$ – время свободного горения, мин.» [13].

$$F''_{пож} = 3,14 \times (1 \times 15)^2 = 707 \text{ м}^2,$$

$$F''_{пож} = 3,14 \times (1 \times 8)^2 = 200 \text{ м}^2,$$

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Первый вариант	Второй вариант
Площадь пожара	м ²	707	200
Площадь здания	м ²	13931,8	
Стоимость оборудования	руб./м ²	5000	5000
Стоимость частей зданий и строений	руб./м ²	60000	60000
Вероятность возникновения загорания на исследуемом объекте	1/м ² в год	$2,03 \cdot 10^{-3}$	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [13]	P_2	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [13]	P_1	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [13]	P_3	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [13]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [13]	k	1,63	

Расчёт ожидаемых потерь будем производить только по формуле тушения привозными средствами (по формуле 10).

$$M(\Pi) = JF(C_m F''_{пож} + C_k) 0,52(1+k)(1-p_1)p_2; \quad (10)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./м²;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами» [13].

Для первого варианта:

$$M(II) = 2,03 \times 10^{-3} \times 13931,8 \times (5000 \times 707 + 60000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = 25111866,97 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(II) = 2,03 \times 10^{-3} \times 13931,8 \times (5000 \times 200 + 60000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = 7404333,51 \text{ руб./год;}$$

Стоимость монтажа в помещениях здания гипермаркета системы адаптивной маршрутизации эвакуацией представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость выполнения предложенной системы

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка проекта оборудования системой адаптивной маршрутизации эвакуацией	200000
Монтаж системы адаптивной маршрутизации эвакуацией	4000000
Стоимость оборудования	8000000
Пуско-наладочные работы	300000
Итого:	12500000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем по формуле 11:

$$P = A + C \quad (11)$$

где A – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

C – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [13].

$$P=800000+712000=1512000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 12:

$$C_2 = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} \quad (12)$$

где « $C_{\text{т.р.}}$ – затраты на текущий ремонт;

$C_{\text{с.о.п.}}$ – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [13].

$$C_2=400000+312000=712000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 13:

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{K_2 \cdot H_{\text{т.р.}}}{100\%} \quad (13)$$

«где K_2 – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_{\text{т.р.}}$ – норма текущего ремонта, %» [13].

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{8000000 \times 5}{100} = 400000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 14:

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (14)$$

«где $Ч$ – численность работников обслуживающего персонала, чел.;

$ЗПЛ$ – заработная плата 1 работника, руб./мес» [13].

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \times 1 \times 26000 = 312000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 15:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (15)$$

«где K_2 – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

H_a – норма амортизации, %» [13].

$$A = \frac{8000000 \times 10}{100} = 800000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (16)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

$НД$ – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(\Pi_1)$, $M(\Pi_2)$ – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K_1 , K_2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P_1 , P_2 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год» [2].

Расчёт денежных потоков от монтажа системы адаптивной маршрутизации эвакуацией представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчёт денежных потоков

Год	$M(\Pi)1-M(\Pi)2$	D	$[M(\Pi1)-M(\Pi2)]D$	K_2-K_1	Денежные потоки
1	16195533,46	0,91	14737935,45	12500000	2237935,45
2	16195533,46	0,83	13442292,77	-	13442292,77
3	16195533,46	0,75	12146650,10	-	12146650,10
4	16195533,46	0,68	11012962,75	-	11012962,75
5	16195533,46	0,62	10041230,75	-	10041230,75
6	16195533,46	0,56	9069498,74	-	9069498,74
7	16195533,46	0,51	8259722,06	-	8259722,06
8	16195533,46	0,47	7611900,73	-	7611900,73
9	16195533,46	0,42	6802124,05	-	6802124,05
10	16195533,46	0,39	6316258,05	-	6316258,05

Интегральный экономический эффект от монтажа в помещениях здания гипермаркета системы адаптивной маршрутизации эвакуацией за десять лет составит 76899344,7 рублей.

Выводы по разделу.

Адаптивная маршрутизация эвакуации – это усовершенствование активной и динамической маршрутизации эвакуации.

Концепция направлена на то, чтобы обеспечить возможность определения безопасного пути эвакуации с учетом развития опасности. Поэтому крайне важно следить за доступностью путей эвакуации и аварийных путей. Адаптивная маршрутизация эвакуации появилась из области противопожарной защиты. Однако можно реализовать всеобъемлющие концепции, которые также учитывают дополнительные опасности.

Для дальнейшего применения концепции адаптивного маршрута эвакуации в будущем необходимо проработать прежде всего, внедрение систем, позволяющих адаптивно использовать их, такие продукты в определенной степени уже существуют (оптические, акустические и тактильные).

Акустическая сигнализация используется для оповещения в случае возникновения опасной ситуации. Все чаще объявления через громкоговорители используются с помощью систем голосовой сигнализации.

Они имеют преимущества по сравнению с простыми акустическими сигнальными устройствами, такими как гудки или колокольчики. Они сокращают время, необходимое для эвакуации, особенно в зданиях с посетителями, которые не знакомы с объектом.

Громкоговорители системы речевой сигнализации могут использоваться не только для внутреннего оповещения, но и для маршрутизации эвакуации, если произносимый текст определяет, например, здание направление уровня «наверху» или «внизу». То же самое относится и к призыву к недопущению паники. В случае более сложных, более вариативных объявлений в настоящее время понятность достигает своих пределов в зависимости от пространственного расположения.

Кроме того, для акустической сигнализации направлений путей эвакуации доступны сигналы ориентации маршрута эвакуации с различными интервалами импульсов и модуляциями. Поэтому используется единая адресная система громкоговорителей с кабельным наблюдением и наблюдением за громкоговорителями.

С помощью речевого оповещения люди, находящиеся внутри здания, могут получать инструкции для конкретной ситуации, например, закрывать окна или избегать определенных зон внутри здания.

Интегральный экономический эффект от монтажа в помещениях здания гипермаркета системы адаптивной маршрутизации эвакуацией за десять лет составит 76899344,7 рублей.

Заключение

В ходе выполнения задач, представленных в первом разделе, было выяснено, что:

- в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009 и СТУ помещения здания Торгового Комплекса подлежат оборудованию системами оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3 типа;
- в качестве световых оповещателей в обычных помещениях используются светоуказатели «Выход» и направления движения с различными знаками направления эвакуации типа «БЛИК-С-24»;
- передача информации о состоянии линий оповещения передается в систему пожарной сигнализации для информирования диспетчера;
- в соответствии с СП 3.13130.2009 громкоговорители проектируемой системы речевого оповещения обеспечивают необходимый уровень звука;
- пути эвакуации на объекте исследования запроектированы в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области пожарной безопасности.

Во втором разделе проведён расчёт времени эвакуации из производственных помещений торгового центра.

Расчетное время эвакуации из производственных помещений торгового центра равно 2,45 минутам, что соответствует допустимым значениям (допустимую продолжительность эвакуации рекомендуется принимать 3 мин – в зданиях II степени огнестойкости).

При возникновении ситуации, что участки основного пути эвакуации оказались заблокированы, произошла ситуация, которая является опасной, то есть два потока двигались навстречу друг другу (один поток двигался в обратном направлении так как достиг заблокированных путей эвакуации и возвращался по коридору (5-6 на схеме), а другой поток двигался по основному пути эвакуации, так как не знал о заблокированных путях. При

этом могла у людей начаться паника, что повлекло бы возможные травмы и жертвы.

В ходе проведения анализа обстановки с пожарами в Нижегородской области за 2020 год и 6 месяцев 2021 года было выяснено, что:

- существует социальная проблема в обществе – 68% погибших от общего количества при пожарах людей относятся к социально незащищенным слоям населения;
- значительный рост числа пожаров во 2-ом квартале 2021 года произошёл с наступлением весеннего пожароопасного периода, связанного с многочисленным возгоранием сухой прошлогодней травы, мусора, тополиного пуха.

Из анализа обстановки с пожарами в Нижегородской области видно, что торговые центры, как объекты торговли, вошли в статистику пожаров Нижегородской области за 2020 год в качестве наиболее безопасных объектов (меньше 1% от всех случаев загораний). При этом в случае загораний наиболее уязвимым звеном в эвакуации из помещений торговых центров будут являться пенсионеры и инвалиды.

В третьем разделе выяснено, что адаптивная маршрутизация эвакуации – это усовершенствование активной и динамической маршрутизации эвакуации.

Концепция направлена на то, чтобы обеспечить возможность определения безопасного пути эвакуации с учетом развития опасности. Поэтому крайне важно следить за доступностью путей эвакуации и аварийных путей. Адаптивная маршрутизация эвакуации появилась из области противопожарной защиты. Однако можно реализовать всеобъемлющие концепции, которые также учитывают дополнительные опасности.

Для дальнейшего применения концепции адаптивного маршрута эвакуации в будущем необходимо проработать прежде всего, внедрение систем, позволяющих адаптивно использовать их, такие продукты в

определенной степени уже существуют (оптические, акустические и тактильные).

Акустическая сигнализация используется для оповещения в случае возникновения опасной ситуации. Все чаще объявления через громкоговорители используются с помощью систем голосовой сигнализации. Они имеют преимущества по сравнению с простыми акустическими сигнальными устройствами, такими как гудки или колокольчики. Они сокращают время, необходимое для эвакуации, особенно в зданиях с посетителями, которые не знакомы с объектом.

Громкоговорители системы речевой сигнализации могут использоваться не только для внутреннего оповещения, но и для маршрутизации эвакуации, если произносимый текст определяет, например, здание направление уровня «наверху» или «внизу». То же самое относится и к призыву к недопущению паники. В случае более сложных, более вариативных объявлений в настоящее время понятность достигает своих пределов в зависимости от пространственного расположения.

Кроме того, для акустической сигнализации направлений путей эвакуации доступны сигналы ориентации маршрута эвакуации с различными интервалами импульсов и модуляциями. Поэтому используется единая адресная система громкоговорителей с кабельным наблюдением и наблюдением за громкоговорителями.

С помощью речевого оповещения люди, находящиеся внутри здания, могут получать инструкции для конкретной ситуации, например, закрывать окна или избегать определенных зон внутри здания.

Интегральный экономический эффект от монтажа в помещениях здания гипермаркета системы адаптивной маршрутизации эвакуацией за десять лет составит 76899344,7 рублей.

Список используемых источников

1. Алексеев Ю.В. Методология проектирования эвакуационных путей вне зданий // Пожаровзрывобезопасность. 2012. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-proektirovaniya-evakuatsionnyh-putey-vne-zdaniy> (дата обращения: 22.11.2021).
2. Алёшинцев А.В. Обзор беспроводных систем с возможностью реализации принципов динамической маршрутизации при передаче сигналов и команд от одного узла другому в интеллектуальных зданиях // Т-Comm. 2011. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-besprovodnyh-sistem-s-vozmozhnostyu-realizatsii-printsipov-dinamicheskoy-marshrutizatsii-pri-peredache-signalov-i-komand-ot> (дата обращения: 17.03.2022).
3. Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Аглетдинова А.Ф. Проектирование автоматизированной системы управления эвакуацией в критических ситуациях на основе принципов системного инжиниринга // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. №217 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-avtomatizirovannoy-sistemy-upravleniya-evakuatsiey-v-kriticheskikh-situatsiyah-na-osnove-printsipov-sistemnogo> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Валеев С.С., Кондратьева Н.В., Янгирова А.Ф. Иерархическая система поддержки принятия решений при эвакуации людей из здания в критических ситуациях // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2014. №1 (62). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ierarhicheskaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-pri-evakuatsii-lyudey-iz-zdaniya-v-kriticheskikh-situatsiyah> (дата обращения: 17.03.2022).
5. Данилова Е.А., Грошева Е.С., Карташова А.С., Бекниязов Н.А. Анализ современных технических средств оповещения и управления эвакуацией // НиКа. 2014. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-tehnicheskikh-sredstv-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey> (дата обращения: 17.03.2022).

6. Жилин О.И. Эвакуация людей при пожаре // Энергобезопасность и энергосбережение. 2007. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evakuatsiya-lyudey-pri-pozhare> (дата обращения: 22.11.2021).

7. Картавцев Д.В., Власов М.Р., Мацкевич Д.М. Разработка модели объектового устройства анализа распределения людей в системе оповещения и управления эвакуацией // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modeli-obektovogo-ustroystva-analiza-raspredeleniya-lyudey-v-sisteme-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey> (дата обращения: 17.03.2022).

8. Картавцев Д.В., Корнеева Я.А. Перспективы развития рынка систем оповещения и управления эвакуацией в России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-rynka-sistem-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-v-rossii> (дата обращения: 17.03.2022).

9. Картавцев Д.В., Аджиев Р.А. Способы передачи информации в современных системах оповещения и управления эвакуации // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-peredachi-informatsii-v-sovremennyh-sistemah-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsii> (дата обращения: 17.03.2022).

10. Колодкин В.М., Галиуллин М.Э. Программные алгоритмы, реализующие модель движения людских потоков в системе управления эвакуацией людей из здания // Пожаровзрывобезопасность. 2016. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnye-algoritmy-realizuyuschie-model-dvizheniya-lyudskih-potokov-v-sisteme-upravleniya-evakuatsiey-lyudey-iz-zdaniya> (дата обращения: 17.03.2022).

11. Конобеевских В.В., Мальцев А.С. Перспективные направления развития систем речевого оповещения // Современные технологии

обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-napravleniya-razvitiya-sistem-rechevogo-opovescheniya> (дата обращения: 17.03.2022).

12. Королев Д.С., Калач А.В., Зенин А.Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности // Современные проблемы гражданской защиты. 2015. №2 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-prinyatiya-resheniy-pri-obespechenii-rozharnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 22.11.2021).

13. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 21.05.2022).

14. Николаев Д.В., Машевская О.А., Марчук Р.Е., Ашкен А.И. Способы обеспечения безопасности людей при пожарах в многофункциональных зданиях на основе систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре // Наука, техника и образование. 2019. №11 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-obespecheniya-bezopasnosti-lyudey-pri-pozharah-v-mnogofunktsionalnyh-zdaniyah-na-osnove-sistem-opovescheniya-i-upravleniya> (дата обращения: 17.03.2022).

15. Николаев Д.В., Мукаев Д.Н., Туребеков Е.П., Иманжанов Д.Ш. Интеллектуальная система оповещения и управления эвакуацией людей на основе информационного моделирования чрезвычайных ситуаций в здании // Проблемы науки. 2019. №12 (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-lyudey-na-osnove-informatsionnogo-modelirovaniya-chrezvychaynyh> (дата обращения: 17.03.2022).

16. Перминов В.А., Третьякова М.О. Математическая модель пожара в двухэтажном здании // Векторы благополучия: экономика и социум. 2014.

№4 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-pozhara-v-dvuhetazhnom-zdanii> (дата обращения: 17.03.2022).

17. Поляков Р.Ю., Хаустов С.Н., Бокадаров С.А. Совершенствование способов эвакуации на объекте массового пребывания людей с применением современных фотолюминесцентных эвакуационных систем // Современные проблемы гражданской защиты. 2014. №1 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sposobov-evakuatsii-na-obekte-massovogo-prebyvaniya-lyudey-s-primeneniem-sovremennyh-fotolyuminestsentnyh> (дата обращения: 17.03.2022).

18. 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: 22.11.2021).

19. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 18.11.2021).

20. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/5033> (дата обращения: 22.11.2021).

21. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-31072020-n-582/sp-484.1311500.2020/> (дата обращения: 22.11.2021).

22. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: https://rb.asu.ru/public/uploads/1496841423_GOST_12.1.004-91.pdf (дата обращения: 22.11.2021).

23. Статистические сведения о чрезвычайных ситуациях, пожарах и их последствиях [Электронный ресурс]. URL: <https://52.mchs.gov.ru/deyatelnost/profilakticheskaya-rabota-i-nadzornaya-deyatelnost/11-statisticheskie-dannye> (дата обращения: 22.11.2021).

24. Суетнова И.С., Ефимов С.В. Моделирование пожарной опасности // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-pozharnoy-opasnosti> (дата обращения: 22.11.2021).

25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: https://61.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-08-24/obyazatelnye-trebovaniya-pozharnoy-bezopasnosti_16297970231620896938.pdf (дата обращения: 22.11.2021).

26. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Белосохов И.Р., Истратов Р.Н., Кудрин И.С., Парфёненко А.П. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения // Пожаровзрывобезопасность. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/paradoksy-normirovaniya-obespecheniya-bezopasnosti-lyudey-pri-evakuatsii-iz-zdaniy-i-puti-ih-ustraneniya> (дата обращения: 22.11.2021).

27. Чепрасов С.А. Обоснование применения систем оповещения и управления эвакуацией (соуэ) людей при пожарах в зданиях и сооружениях // Современные проблемы гражданской защиты. 2015. №2 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-primeneniya-sistem-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-soue-lyudey-pri-pozharah-v-zdaniyah-i-sooruzheniyah> (дата обращения: 17.03.2022).

28. Членов А.Н., Буцынская Т.А., Демехин Ф.В. Оценка эффективности новых Методов и технических средств обнаружения пожара. Пожаровзрывобез-опасность. 2016. т. 25, № 12. с. 55-60. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2008-3/01-03-08.ttb.pdf> (дата обращения: 17.03.2022).

29. Шилов Н.Г. Построение кооперативных самоорганизующихся сетей: основные задачи и технологии // Приборостроение. 2008. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-kooperativnyh-samoorganizuyuschih-sya-setey-osnovnye-zadachi-i-tehnologii> (дата обращения: 17.03.2022).

30. Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш. Математическая модель определения направлений безопасной эвакуации людей при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-opredeleniya-napravleniy-bezopasnoy-evakuatsii-lyudey-pri-pozhare> (дата обращения: 17.03.2022).

31. Adaptive Evacuation Management System Based on Monitoring Techniques [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/291147652_Adaptive_Evacuation_Management_System_Based_on_Monitoring_Techniques (дата обращения: 22.11.2021).

32. CelleVAC: An adaptive guidance system for crowd evacuation through behavioral optimization [Электронный ресурс]. URL: <https://deepai.org/publication/cellevac-an-adaptive-guidance-system-for-crowd-evacuation-through-behavioral-optimization> (дата обращения: 22.11.2021).

33. Evacuation of Disabled Persons Planning Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://www.safetyinfo.com/emergency-ada-evacuation-disabled-free-index/> (дата обращения: 22.11.2021).

34. Fire Emergency Evacuation Plan and the Fire Procedure [Электронный ресурс]. URL: <https://www.firesafe.org.uk/fire-emergency-evacuation-plan-or-fire-procedure/> (дата обращения: 22.11.2021).

35. LED Wristbands for Cell-Based Crowd Evacuation: An Adaptive Exit-Choice Guidance System Architecture [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/344884254_LED_Wristbands_for_Cell-

Based_Crowd_Evacuation_An_Adaptive_Exit-
Choice_Guidance_System_Architecture (дата обращения: 22.11.2021).