

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Пожарная безопасность
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Обеспечение пожарной безопасности объектов с массовым
пребыванием людей»

Обучающийся

В.С. Тюнин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.х.н., доцент, И.А. Сумарченкова

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе (ВКР) описана тема обеспечения пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей на примере Торгово-развлекательного центра «МегаСити».

В разделе «Анализ современных систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей» приведены различные виды систем противопожарной защиты.

В разделе «Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности» проведен анализ Торгово-развлекательного центра «МегаСити» с точки зрения его пожарной безопасности.

В разделе «Оценка эффективности обеспечения противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей» сравнивались модели порошкового пожаротушения различных производителей.

В разделе «Охрана труда» проведена оценка рисков сотрудников ТЦ «МегаСити».

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» описано влияние на окружающую среду эксплуатации ТЦ.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» обосновывается экономическая выгода от внедрения порошковых импульсных систем в торговом центре «МегаСити».

Работа состоит из шести разделов на 57 страницах (без учета приложения), и содержит 20 таблиц, 8 рисунков.

Содержание

Введение	4
Термины и определения.....	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Анализ современных систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей.....	9
2 Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности.....	21
3 Оценка эффективности обеспечения противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей.....	33
4 Охрана труда.....	39
Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	45
Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	48
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников	56

Введение

В современном мире количество зданий с массовым пребыванием людей непрерывно растет. Анализ статистических данных с 2006 года по настоящее время показал постоянный прирост площадей торговых центров, несмотря на нестабильную экономическую ситуацию за последние несколько лет (пандемия COVID-2019, Специальная Военная Операция). Согласно статистике, в 2023 году в России было построено 288,7 тыс.кв.м. торговых площадей, появилось 25 новых объектов. Эти показатели в 2024 году значительно вырастут более чем в два раза: анонсированный объем ввода составляет 24 ТЦ на порядок 562 тыс.кв.м. арендопригодных торговых площадей.

Кроме того, наблюдается значительный прирост зданий многоквартирных домов и высотных офисных помещений. Согласно информации с портала Единого ресурса застройщиков, российские застройщики в 2023 году вывели на рынок 5 532 объекта многоквартирных домов (МКД) от 1 710 застройщиков. Это 999 тыс. квартир совокупной площадью 48,2 млн/ м². По сравнению с 2022 годом количество новых объектов увеличилось на 27%. Как отмечается, каждый день выводилось примерно по 2,7 тыс. квартир. Самарская область входит в ТОП 10 лидеров-регионов Российской Федерации по этажности новостроек [6].

Это связано со все большим переселением людей в крупные города, где уменьшаются площади, на которых возможна городская застройка, и концентрацией потребительских секторов в одном месте.

Если обращаться к статистическим данным пожарных ситуаций в стране, то мы увидим, что большинство пожаров случается в помещениях по типу зданий и жилых домах. При этом погибает большое количество людей. Наиболее распространенными случаями возгораний являются неисправности в электрооборудовании. Наибольшие беспокойства вызывают пожары в общественно значимых местах – детских образовательных и медицинских

учреждениях [21].

Торгово-развлекательные центры, как яркий пример объектов с массовым пребыванием людей, имеют огромные потенциальные риски пожаров в связи с большой пожарной нагрузкой на относительно небольшой площади здания.

Для посетителей мест с массовым пребыванием людей возникает ряд проблем при эвакуировании с мест возгорания. Им трудно сориентироваться в недостаточно знакомом месте при возникновении чрезвычайной ситуации в виде пожара. Кроме того, имеется ряд психологических факторов, влияющих на поведение людей при пожаре, даже при наличии пожарных сигнальных и звуковых указателей. Все это влияет на неравномерное распределение людей у эвакуационных выходов, возникновении паники, как следствие, давки.

В связи с вышеизложенным представляет большую актуальность исследование обеспечительных мер пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей.

В качестве цели работы нами был выбран анализ современного состояния взаимоотношений, возникающих в процессе обеспечения пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей.

Для достижения выше указанной цели нами были сформулированы следующие задачи исследования:

- анализ современных систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей;
- оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности;
- оценка эффективности обеспечения противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей;
- анализ охраны труда и исследование охраны окружающей среды и экологической безопасности;
- оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Большую актуальность в пожаротушении в настоящее время имеет применение порошковых импульсных систем для обеспечения противопожарной защиты. Это связано с эффективностью данного огнетушащего вещества. Порошки нетоксичны, малоагрессивны, сравнительно дешевы, удобны в обращении. Порошковые установки предназначены для поверхностного или объемного пожаротушения на различных объектах:

- площади большого размера: торговые, общественные, промышленные, складские;
- АЗС, объекты, на которых хранятся ЛКМ, ГСМ, нефтепродукты, химия, плавящиеся материалы.

Тем не менее, и до настоящего времени применение порошковых импульсных систем для обеспечения противопожарной защиты на объектах массового пребывания людей при всех их достоинствах представляет значительные трудности.

Термины и определения

Модули порошкового пожаротушения – это устройство, в корпусе которого совмещены функции хранения и подачи огнетушащего порошка при воздействии исполнительного импульса на пусковой элемент.

Объект с массовым пребыванием людей – помещение, в котором предусматривается пребывание 50 или более человек, с количеством людей более 1 человека на 1 м² помещения площадью 50 м² и более.

Система противопожарной защиты – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

Торговый центр – «группу архитектурно объединённых розничных предприятий, управляемых единой компанией, обеспеченных парковкой и расположенных на специально спланированном участке» [19].

Перечень сокращений и обозначений

ИП – извещатель пожарный.

МКД – многоквартирный дом.

МПП – модули порошкового пожаротушения.

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

СПЗ – системы противопожарной защиты.

ТЦ – торгово-развлекательный центр.

1 Анализ современных систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей

Пожары в местах общественного пользования с массовым пребыванием людей очень распространенное явление. Но бывают и такие, когда при пожаре гибнут люди. Так одним из самых масштабных пожаров в ТЦ на территории нашей страны за последние несколько лет является случай, произошедший в Кемеровской области [14].

И одним из самых резонансных был недавний случай. Вечером 22 марта 2024 года вооруженные лица напали на собравшихся в «Крокус Сити Холле» перед концертом группы «Пикник». Они открыли огонь по людям и подожгли здание. Здание было охвачено огнем.

МЧС оценило площадь возгорания почти в 13 тыс. м². Около 22:00 мск начала рушиться кровля здания. Локализовать возгорание удалось около 01:00 мск. Окончательно потушить пожар удалось только вечером 23 марта. В результате теракта в «Крокус Сити Холле» погибли 145 человек (в том числе 6 детей), а также пострадал 551 человек. Основными причинами смерти людей стали огнестрельные ранения и отравление продуктами горения [11].

В связи с этим со стороны государства устанавливаются строгие правила пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей, которые должны быть соблюдены.

«Постановлением Правительства Российской Федерации «О противопожарном режиме» применительно к зданиям, строениям, сооружениям был утвержден критерий массовости пребывания людей – одновременное нахождение в них 50 и более человек» [10].

Постановлением Правительства РФ от 01.09.2021 № 1464 «Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» утверждены правила оснащения объектов автоматическими установками пожаротушения,

системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. «Указанный нормативно-правовой акт устанавливает различные требования к оснащению системой пожарной сигнализации и автоматическими установками пожаротушения в зависимости от назначения и этажности объекта. Относительно объектов массового пребывания людей содержится следующее» [9]:

- «надземные одноэтажные здания; здания общественного и административно-бытового назначения (IV и V степени огнестойкости) класса конструктивной пожарной опасности С2 и С3 оборудуются одновременно системой пожарной сигнализации и автоматическими установками пожаротушения;
- жилые здания высотой более 28 метров;
- здания общественного и административно-бытового назначения;
- объекты и комплексы религиозного назначения оснащаются только системой пожарной сигнализации;
- здания предприятий торговли в зависимости от площади оснащаются либо только системой пожарной сигнализации, либо автоматическими установками пожаротушения» [9].

Помимо этого, жилые здания высотой более 28 метров оборудуются тепловыми пожарными извещателями, которые устанавливаются в прихожие квартир и используются для запуска систем противодымной защиты.

В статье 2 пункта 41 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» дается следующее определение системы противопожарной защиты (СПЗ) – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

Согласно статье 51 этого же закона целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия

опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

- «применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;
- применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;
- устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;
- устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;
- применение первичных средств пожаротушения;

- применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны» [17].

В научной литературе обозначенные способы защиты от пожаров учеными объединяются в следующие группы методов противопожарной защиты помещений:

- активные (непосредственная защита от пожара подразделениями пожарной охраны с применением различных средств пожаротушения, использование эвакуационных путей, пожарных лестниц и лебедок при само-эвакуации людей);
- пассивные (связаны с превентивной задачей по установке противопожарных дверей, окон, применение в строительстве огнезащитных материалов, пропитывание специальной огнезащитной жидкостью, изолирование электропроводки) [18].

Виды систем противопожарной защиты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды систем противопожарной защиты (СПЗ)

Наименование	Описание
Автоматическая пожарная сигнализация (АПС)	«Применяется для обнаружения возможного пожара и оповещения остальных систем противопожарной защиты. Состоит из датчиков, соединительных кабелей, приемно-контрольные приборы» [20].
Автоматическая пожарная сигнализация (АПС)	В зависимости от типа оповещателя или датчика они реагируют на те или иные потенциально опасные ситуации. Например, на повышение температуры, наличие дыма, газа и т.д. Довольно часто в настоящее время применяется видеонаблюдение. Небольшая стоимость такого вида СПЗ является его значительным преимуществом. Основными недостатками являются возможные частные сбои системы и ложные сообщения о пожарах, позднее обнаружение возгорания, неудобства в обслуживании [20].

Продолжение таблицы 1

Наименование	Описание
Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ)	СОУЭ состоит из датчиков или извещателей, кабелей соединения и приборов для управления. Кратко обозначим виды СОУЭ: Применяются голосовые извещатели. Наряду с голосовыми извещателями используются светящиеся таблички с обозначением экстренного выхода. Помимо обозначенных выше систем применяются также указатели направления движения и прямая связь с постом пожарной охраны. Наиболее сложная из всех обозначенных систем, включающая помимо обозначенного более сложную систему обратной связи и стрелки направления движения с делением здания на отдельные зоны контроля эвакуации. К достоинствам данной системы можно отнести быстрое время срабатывания при пожаре, звуковые и световые сигналы очень привлекают внимание посетителей и персонал здания, максимально исключается ложное срабатывание системы. Главным минусом данной системы можно выделить значительную стоимость оборудования, монтажа и обслуживания.
Система противодымной вентиляции (СПДВ)	СПДВ предусматривает возможность удаления дыма путем применения вентиляторов, воздуховодов, клапанов удаления дыма и пожарных клапанов. За счет этого у эвакуирующихся людей есть возможность проходить по безопасных маршрутам, не вдыхая угарный газ. В качестве главного достоинства противодымовой вентиляции можно обозначить обеспечение безопасности людей и сокращение риска возникновения пожара. В качестве недостатка стоит выделить сложности в расчетах, проектировании и реализации проектов систем противодымовой вентиляции; сложности применения в помещениях небольшой высоты; низкая эффективность при малой мощности очага пожара.
Система автоматического пожаротушения	Данные системы применяются для тушения возгораний в зданиях. Выделяются пенные, аэрозольные, водяные, порошковые, газовые средства тушения пожара. Основным достоинством различных систем автоматического пожаротушения является его эффективность в тушении пожара. Однако каждый тип системы имеет свои недочеты.

Продолжение таблицы 1

Наименование	Описание
Система автоматического пожаротушения	Например, значительно потребление воды и необходимость дополнительного оборудования для водных систем пожаротушения, опасность для людей газовых систем пожаротушения, короткие сроки эксплуатации, аэрозольные и пенные системы представляют опасность для окружающей среды, людей и могут быть неэффективными для некоторых видов пожаров [20].
Система внутреннего противопожарного водопровода	Данная система включает в себя комплект объектов, способных на тушение пожара водой. В частности, насосная станция, трубопровод, пожарный кран, который размещается в специальном шкафу. Главные проблемы данной системы заключаются в ложном срабатывании системы, сложности и ошибки в проектировании определении зоны действия пожарного крана, сложности технического обслуживания. В качестве достоинства стоит выделить оперативную ликвидацию очагов возгорания, простота использования.
Фотолюминесцентные эвакуационные системы	Главный их принцип действия заключается в подсвечивании указателей, табличек без использования электричества за счет применения специальной фотолюминесцентной пленки. Плюсами данной системы являются легкость установки, отсутствием потребления электроэнергии, низкое расположение элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем помогает людям ориентироваться в плохой видимости при задымлении здания, не требуются затраты на эксплуатацию элементов. Главным недостатком таких систем является то, что элементы системы изготавливаются из экологически вредных для здоровья человека материалов, поэтому имеются определенные ограничения на сферы его применения.
Система управления инженерными системами здания ИС	Применяется для отключения различных источников потребления энергии, которые несут опасность в результате их применения на пожаре (лифт и т.д). Главными недостатками системы являются сложности в проектировании, реализации, а также дороговизна установки и обслуживания. В качестве достоинств следует выделить снижение затрат на энергоносители, помощь остальным типам систем пожаротушения.

СПЗ имеют огромное значение для своевременного реагирования на возгорание путем оповещения и сопровождения людей при эвакуации, а также непосредственного тушения источника огня. Если все элементы системы работают в штатном режиме, то есть большие шансы на минимизацию

ущербов от пожара.

Тем не менее, каждая из указанных систем имеет как ряд достоинств, так и некоторые недостатки.

Применение различных видов систем пожаротушения имеет огромное значение, однако относительно мест большого скопления людей допустимо применение лишь тушением водой, если люди находятся в здании.

Анализ литературных и экспериментальных данных в процессе написания работы установил, что применение указателей и оповещателей о пожаре имеет большое значение для верной организации поведения эвакуирующихся людей и сокращения человеческих жертв [22].

Однако люди сталкиваются с рядом психологических и ориентационных трудностей в малознакомом месте с большим количеством людей. Довольно часто происходят давки на эвакуационных путях.

В настоящее время повсеместная цифровизация всех сфер жизни общества дошла и до систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей.

Происходит внедрение компьютерных расчетов кратчайших путей эвакуации людей при пожаре с учетом численности пребывания их в здании дабы избежать давки на выходах, также предусматриваются мобильные программы на смартфонах с возможностью ее использования каждым эвакуирующимся при наличии у него телефона, автоматическое срабатывание систем пожаротушения при достижении критической температуры в помещении и многое другое.

Однако все эти указанные новаторские предложения относительно совершенствования систем противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей влекут значительные финансовые затраты для владельцев данных объектов, что значительно влияет на скорость их внедрения в нашу жизнь.

Одним из эффективных способов пожаротушения последних лет считается применение порошковых импульсных систем для обеспечения

противопожарной защиты помещений различного назначения.

Порошки для пожаротушения включают в себя мелко минеральные соли, обработанные специальными антислеживающимися и антикомковыми средствами [16].

В зависимости от целей и режимов использования применяются различные виды модулей порошкового пожаротушения с определенными порошками внутри.

Порошки с более крупными частицами используются в модулях с системами трубопровода.

В порошковых огнетушителях ручного типа применяются недорогие с низким содержанием фосфорной соли порошки. В отличие от ручных огнетушителей в системах автоматического пожаротушения, используемых в зданиях, применяются порошки с высоким содержанием фосфорных солей, отличающиеся большей стоимостью, но и более высоким уровнем надежности [15].

В данной работе приведен обзор представленных в настоящее время на российском рынке модулей порошкового пожаротушения (МПП). Как приводится в «литературе, МПП по времени действия (продолжительности подачи огнетушащего порошка) подразделяют:

- МПП быстрого действия — импульсные (И), с временем действия до 1 с;
- МПП кратковременного действия, которые в свою очередь бывают: КД-1 с временем действия от 1 до 15 с.; КД-2, с временем действия более 15 с» [2].

МПП кратковременного действия представлены на рисунке 1.

«Модули порошкового пожаротушения кратковременного действия содержат порошки» [18] с преимущественно низким показателем дисперсности, что означает их сравнительно небольшую стоимость. Также их можно считать достаточно надежными в тушении пожаров за счет возможности их использовании длительный срок.



«а – Буран-50, б – Буран-15, в – БиКат-01, г – БиКат-3, д – БиКат-10, е – Бизон-П55, ж – Веер-1, з – Импульс-6, и – Ураган-1М, к – ОПАН-25, л – МПП-10 Луч, м – ОПАН-100, н – МПП-100 Лавина, о – Шквал» [4].

Рисунок 1 – Модули порошкового пожаротушения кратковременного действия

Тем не менее, указанные модули менее эффективны в тушении возгораний, а также у них низкая скорость срабатывания [3]. По скорости тушения возгораний модули порошкового пожаротушения кратковременного действия в результате экспериментальных исследований показали начало тушения в среднем в течение 5 секунд с начала работы с ними. И при этом порошок имеет свойство снижать температуру воспламенившихся объектов. Это свойство также способствует ликвидации возгорания.

МПП кратковременного действия с подключенным трубопроводом эффективно применяются в промышленных зданиях, складах, где есть

необходимость распыления порошкового вещества с большой высоты либо под определенным углом наклона.

Модули порошкового пожаротушения импульсного действия представлены на рисунке 2.



«а – Буран-0,3, б – Буран-0,5, в – Буран-2,5, г – Буран-8, д – Вулкан-1, е – Гарант-12, ж – МПП-6 Смерч, з – Тунгус-0,65, и – Тунгус-2, к – Тунгус-4, л – Тунгус-9, м – Тунгус-10, н – Тунгус-24, о – Ураган-3» [4].

Рисунок 2 – Модули порошкового пожаротушения импульсного действия

«Проведем анализ модулей порошкового пожаротушения импульсного действия» [18].

В исследованиях приводится информация о круговом свойстве распространения пламени с увеличением его скорости в два раза в первые пять минут. При столкновении с преградами в виде вертикальных конструкций пламя перекидывается и на них. Учитывая изложенное, представляет большую актуальность тушение возгораний на самых ранних сроках его возникновения

с целью минимизации человеческих и материальных ущербов.

МПП импульсного действия отвечают этим потребностям в быстром тушении пожаров за счет краткой скорости срабатывания, мощности выброса порошка.

Видимые достоинства системы, тем не менее, имеют ряд недочетов в виде кратковременности тушащих способностей модуля, который выбрасывает значительное количество порошка в начале тушения, имеющего возможность потушить возгорание. Но данная способность порошка теряется со временем, что допускает последующее разгорание.

Модули порошкового пожаротушения импульсного действия актуально устанавливать в зданиях небольшой площади и движущихся объектах (офисные помещения, гаражные конструкции, жилые дома, поезда).

Обобщая изложенное, обозначим, что «МПП кратковременного действия, в том числе с трубопроводной системой, имеют хорошую огнетушащую способность за счет содержания большого количества тушащего порошка, но при этом имеют более медленную скорость срабатывания; МПП импульсного действия» [18], в свою очередь, наоборот имеют меньшие запасы тушащего вещества, но большую скорость срабатывания.

Представляется целесообразным в зданиях применять одновременно модули порошкового пожаротушения кратковременного и импульсного действия для достижения наилучших результатов.

Производители модулей порошкового пожаротушения постоянно работают над улучшением тушащих свойств и эксплуатационных качеств, что уже сейчас дает им значительные преимущества относительно других средств тушения пожаров.

Однако следует учитывать и те обстоятельства, что «применение автоматических систем порошкового пожаротушения в помещениях с людьми имеет ряд трудностей. Выброс порошкового облака дезориентирует людей в незнакомом помещении, затрудняет дыхание. При этом не исключаются

ложные случаи срабатывания автоматической системы порошкового пожаротушения. На данный момент лишь автоматические установки водного пожаротушения допускается применять в помещениях, где постоянно пребывают люди. Таким образом, при проектировании автоматических систем пожаротушения, где будет применять порошковое пожаротушение, следует включать датчики оповещения людей о необходимости покинуть здание до срабатывания МПП» [1].

Выводы по первому разделу

В разделе определено, что видимые достоинства системы пожаротушения, тем не менее, имеют ряд недочетов в виде кратковременности тушащих способностей модуля, который выбрасывает значительное количество порошка в начале тушения, имеющего возможность потушить возгорание. Но данная способность порошка теряется со временем, что допускает последующее разгорание.

Определено, что целесообразным в зданиях торгового центра применять одновременно модули порошкового пожаротушения кратковременного и импульсного действия для достижения наилучших результатов.

2 Оценка соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности

Проведём анализ Торгово-развлекательного центра «МегаСити» с точки зрения его пожарной безопасности, здание которого очень ярко иллюстрирует выбранному нами тему для написания выпускной квалификационной работы об обеспечении пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей.

«Торгово-развлекательный комплекс – здание или комплекс зданий, помещения которого (которых) предназначены для размещения предприятий торговли, общественного питания, бытового обслуживания населения, реализующих универсальный или специализированный ассортимент товаров и услуг, объектов физкультурно-спортивного назначения, культурно-досуговых учреждений, которые связаны между собой через коммуникационные пространства в виде помещений общего пользования для передвижения покупателей (посетителей), персонала» [7].

Здание ТРЦ «МегаСити» располагается в Октябрьском районе города Самара (представлен на рисунке 3).

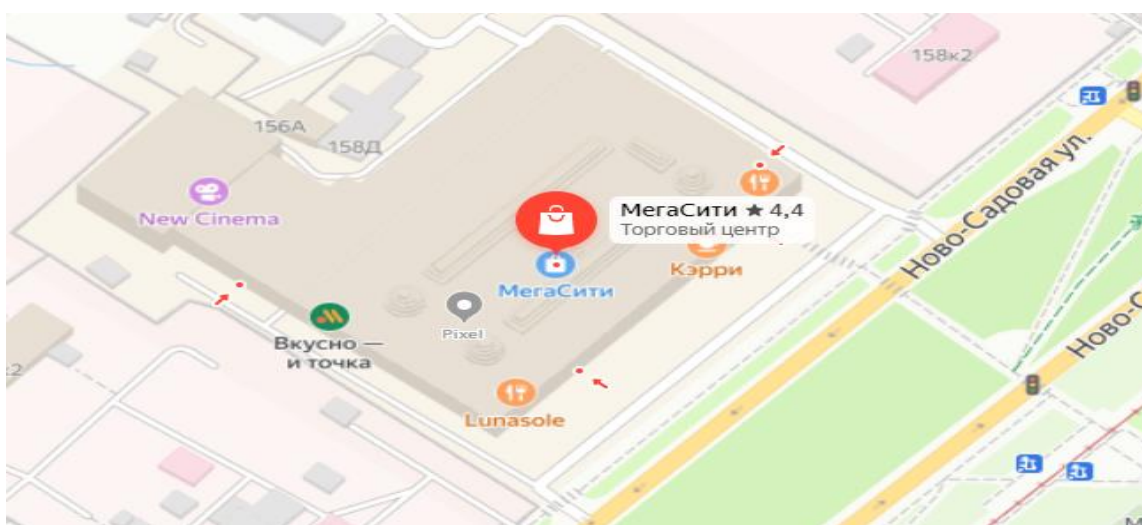


Рисунок 3 – Топографическая схема расположения объекта ТЦ «МегаСити»

Главный фасад обращён к южной стороне света. В здании имеется 4 основных выхода (2 расположенных со стороны главного фасада здания и 2 по бокам здания) и 12 эвакуационных выходов. Зона влажности расположения здания – сухая, условия эксплуатации – А. Общая площадь здания составляет 52 400 м², из них торговая площадь составляет 26 000 м². В здании расположено 78 магазинов, 8 кафе и ресторанов и кинотеатр [13].

Согласно действующей классификации Международного совета торговых центров (ICSC) ТЦ «МегаСити» можно отнести к типу Регионального центра (Regional Center) – смешанный ассортимент, модные товары, гипермаркеты; площадь ТЦ 37 000-75 000 м². Здание имеет два надземных этажа и цокольный этаж.

Фасад выполнен композитными сэндвич-панелями. Композитные панели – это трехслойная конструкция, обшитая алюминиевыми листами с защитно-декоративным покрытием и сердцевиной из монолитного полиэтилена. Каркас здания выполнен из монолитного железобетона. В него входят колонны, перекрытия и пилоны. На входе есть фасадное остекление. Когда темнеет включается архитектурная подсветка фасада.

В условиях большого потока людей значительная роль в торговом центре отводится системам водоснабжения и канализации.

Исследуемый ТРК подключен к централизованному водоснабжению и канализации.

Водоснабжение включает в себя:

- систему хозяйственно-питьевого водопровода наземных помещений ТЦ;
- систему горячего водоснабжения с циркуляцией;
- систему противопожарного водопровода наземных помещений;
- автоматическую спринклерную систему противопожарного водопровода надземной части комплекса;
- систему противопожарного водопровода подземной автостоянки;
- автоматическую спринклерную систему противопожарного

водопровода подземной автостоянки комплекса;

- дренчерную систему противопожарного водопровода подземной автостоянки комплекса.

Торговый центр относится ко II категории надежности электроснабжения (согласно ПУЭ п.1.2.17-п.1.2.21). Электроснабжение здания ТРК «МегаСити» осуществляется по второй категории надежности от трансформаторной подстанции с двумя трансформаторами.

Источниками потребления электроэнергии являются установленное в здании электрооборудование, наружное и внутреннее освещение, вентиляция, тепловая завеса, бытовые розетки, система кондиционирования воздуха.

Система отопления – зависимая, горизонтальная, тупиковая, двухтрубная. Трубы стальные водогазопроводные по ГОСТ. Источником теплоснабжения является ТЭЦ. Теплоноситель - вода с параметрами 150-70С. Схема подключения, зависимая с насосом на перемычке. Параметры в системе отопления 95-70 С.

«Приточная вентиляция обеспечивается 4-мя вентиляционными установками, размещаемыми на кровле торгового комплекса. Приточная система П1 $L=60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ обеспечивает поступление воздуха в торговые залы, административные помещения. Подача воздуха организована в каждый пожарный отсек, при пересечении воздуховодами противопожарных преград установлены огнезадерживающие клапаны. Приток воздуха в зону приема товара и в помещения спринклерной установки, аккумуляторной и помещений пекарни производится через огнезадерживающие клапаны. Отработанный воздух выводится наружу вытяжными установками, отдельными для каждого пожарного отсека. Вентиляционные каналы изготавливаются из негорючих материалов» [13].

«Из помещения зарядной аккумуляторов вытяжка осуществляется через систему кислотостойких поливинилхлоридных воздуховодов с помощью встроенного кислотостойкого вентилятора. Воздуховоды, имеют предел огнестойкости не менее 0,75 ч., а пересекающие противопожарные преграды

(внутри отсека) имеют предел огнестойкости не менее огнестойкости противопожарной преграды на протяжении транзитной прокладки. Общеобменные вентиляционные системы автоматически отключаются при поступлении сигнала о пожаре. Для помещений, защищаемых газовым пожаротушением, предусмотрена передвижная вентиляционная установка для оперативного удаления газового огнетушащего вещества и продуктов горения после пожара» [13].

В исследуемом Торговом центре размещены следующие системы противопожарной защиты. «Здание оборудовано автоматической установкой водяного пожаротушения. Насосная станция расположена в цокольном этаже. ПК и огнетушители ОП-5 расположены во всех помещениях торгового центра (всего 92 комплекта). В торговых, пищевых и служебных помещениях присутствует система оповещения, система пожарных извещателей (датчики задымления, СПЭК, кнопки экстренного вызова), система видеонаблюдения (внутренняя и внешняя), всего 69 камер. Также в торговом центре присутствует система дымоудаления и подпора воздуха. Оборудованы торговые площади, цоколь, офисные и служебные помещения (ВКРВВ-ДХ-12,5; ВД 2; ВД 3)» [13].

«Персонал здания составляет ориентировочно 100-150 человек. 3 единицы охраны присутствует в ночное время суток. На прилегающей территории расположены два пожарных гидранта К-300, один пожарный водоем 40 м³. Конструкции здания запроектированы не ниже II-ой степени огнестойкости и СО класса конструктивной пожарной опасности, класс функциональной пожарной опасности Ф 3.1. Конструктивная схема здания – каркасная. Несущая часть здания торгового центра представляет собой каркас, состоящий из:

- 9 – железобетонных колонн сечением 550×550 мм с шагом 21,0×14,0 м, из бетона класса В35;
- бесчердачных покрытий с конструкцией из двух неразрезных металлических двух и трех пролетных балок пролетом 21 м, и

прогонов» [13].

«Металлические балки разрезаны, имеют шарнирное опирание на колонны и не входят в конструкцию противопожарной стены. Перекрытие запроектировано из сборных железобетонных плит длиной 10,5 м по сборным железобетонным балкам длиной 10 м из бетона класса В35. Теплоизоляция кровли выполняется преимущественно из негорючих материалов по типу плитки, монолитного бетона, панели с негорючим утеплением» [13].

Строительные конструкции торгового комплекса имеют пределы огнестойкости, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Пределы огнестойкости строительных конструкций

Строительные элементы здания, пожарного отсека	Предел огнестойкости в минутах
«Несущие конструкции здания: железобетонные колонны» [13]	R 90
«элементы бесчердачного покрытия (металлические балки, прогоны, связи жесткости)» [13]	R 15
«Покрытие (плиты, балки, ригеля на отм. +4.500 железобетонное» [13]	REI 145
«Железобетонные противопожарные стены» [13]	REI 150
«Наружные ненесущие стены» [13]	E 15
«Перегородки, выделяющие помещения категории В1-В3, технические, венткамеры» [13]	REI 145
«Перегородки, выделяющие эвакуационные коридоры» [13]	REI 45

«Указанные данные соответствуют требованиям пожарной безопасности зданий и сооружений II степени огнестойкости» [13].

Согласно информации с официального сайта ТРЦ «МегаСити» данный объект включает в себя торговый площади, досуговые места, в том числе, кинотеатр, места общественного питания, офисные помещения, специальные помещения инженерных служб. ТЦ оснащен подземным паркингом и наземной стоянкой, имеются подъездные пути.

Говоря о возможных источниках пожаров в ТРЦ, путем анализа статистических данных приходим к следующим выводам. Как было указано

ранее, ТРЦ имеют существенную электронагрузку, что неизбежно влечет различные виды замыканий, неисправностей электрооборудования на торговых площадях. Довольно распространены ситуации возгорания от незатушенных сигарет, а также целенаправленных поджогов. Опасность возгорания в ТРЦ связана с наличием большого количества легковоспламеняемых материалов – бумага, пластик. Они быстро разгораются и создают сильное задымление в короткие сроки. Это задымление проникает также на пути эвакуации людей с места пожара.

«Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы» [13]. Эвакуационные пути в зданиях и сооружениях и выходы из зданий и сооружений должны обеспечивать безопасную эвакуацию людей.

К эвакуационным выходам из зданий и сооружений относятся выходы, которые ведут:

- «из помещений первого этажа наружу: непосредственно; через коридор; через вестибюль (фойе); через лестничную клетку; через коридор и вестибюль (фойе); через коридор, рекреационную площадку и лестничную клетку;
- из помещений любого этажа, кроме первого: непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа; в коридор, ведущий непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа; в холл (фойе), имеющий выход непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа; на эксплуатируемую кровлю или на специально оборудованный участок кровли, ведущий на лестницу 3-го типа;
- в соседнее помещение (кроме помещения класса Ф5 категорий А и Б), расположенное на том же этаже и обеспеченное выходами, указанными в пунктах 1 и 2 настоящей части» [13].

Согласно Федеральному закону № 123 от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» эвакуационные выходы из подвальных этажей следует предусматривать таким образом, чтобы они вели

непосредственно наружу и были обособленными от общих лестничных клеток здания. На основании вышеуказанного Федерального закона эвакуационными выходами считаются:

- «выходы из подвалов через общие лестничные клетки в тамбур с обособленным выходом наружу, отделенным от остальной части лестничной клетки глухой противопожарной перегородкой 1-го типа, расположенной между лестничными маршами от пола подвала до промежуточной площадки лестничных маршей между первым и вторым этажами;
- выходы из подвальных этажей с помещениями категорий В4, Г и Д в помещения категорий В4, Г и Д и вестибюль, расположенные на первом этаже зданий класса Ф5;
- выходы из фойе, гардеробных, курительных и санитарных помещений, размещенных в подвальных или цокольных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4, в вестибюль первого этажа по отдельным лестницам 2-го типа;
- выходы из помещений непосредственно на лестницу 2-го типа, в коридор или холл (фойе, вестибюль), ведущие на такую лестницу, при условии соблюдения ограничений, установленных нормативными документами по пожарной безопасности;
- распашные двери в воротах, предназначенных для въезда (выезда) железнодорожного и автомобильного транспорта» [17].

«Выполним оценку соответствия путей эвакуации требованиям пожарной безопасности на основании действующих требований Приказа МЧС России от 09.02.2022 №78» [17]. В таблице 3 есть ответы, которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований.

Таблица 3 – Список контрольных вопросов, отражающих содержание обязательных требований

Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы			Примечание
		да	нет	неприменимо	
Исключено ли проведение огневых работ во время нахождения покупателей в торговых залах?	Пункт 103 ППР	+	-	-	-
Исключена ли продажа легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (за исключением лекарственных средств, медицинских изделий, косметической и алкогольной продукции), горючих газов, пороха, капсюлей, пиротехнических и других взрывоопасных изделий, если объекты организаций торговли размещены в зданиях, кроме зданий автозаправочных станций, не являющихся зданиями (частями зданий) класса функциональной пожарной опасности Ф3.1, определенного в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" ³ ?	Пункт 103 ППР	+	-	-	-
Исключено ли размещение отделов, секций по продаже легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, горючих газов и пиротехнических изделий на расстоянии менее 4 метров от выходов, лестничных клеток и других путей эвакуации?	Пункт 103 ППР	+	-	-	-
Исключена ли установка в торговых залах баллонов с горючими газами для наполнения воздушных шаров и для других целей?	Пункт 103 ППР	-	+	-	-
Исключено ли уменьшение ширины путей эвакуации, установленной требованиями пожарной безопасности, путем размещения на путях эвакуации торговых, игровых аппаратов?	Пункт 103 ППР	+	-	-	-

Продолжение таблицы 3

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА	да	нет	неприменимо	Примечание
Исключено ли хранение горючих материалов, отходов, упаковок и контейнеров на путях эвакуации?	Пункт 104 ППР	+	-	-	-
Исключено ли хранение горючих товаров или негорючих товаров в горючей упаковке в помещениях, не имеющих открывающихся оконных проемов или систем дымоудаления с механическим приводом, за исключением случаев, предусмотренных ТРo ТПБ, нормативными правовыми актами и нормативными документами по пожарной безопасности, либо, если это не предусмотрено проектной документацией?	Пункт 104 ППР	+	-	-	-
Оборудованы ли загрузочные устройства шахтных подъемников для бестарного транспортирования полуфабрикатов заслонками, открывающимися только на период загрузки?	Пункт 105 ППР	+	-	-	-
Обеспечены ли на рынках розничной и мелкооптовой торговли, организованных в установленном порядке и расположенных на открытых площадках или в зданиях (сооружениях):	Пункт 106 ППР	+	-	-	-
ширина прохода между торговыми рядами, ведущего к эвакуационным выходам, не менее 2 метра?		+	-	-	-
поперечные проходы через каждые 30 метров торгового ряда шириной не менее 1,4 метра?		+	-	-	-
Исключена ли загрузка (выгрузка) товаров и тары в рабочее время по путям, связанным с эвакуационными выходами, предназначенными для покупателей?	Пункт 107 ППР	-	+	-	-
Исключена ли торговля товарами бытовой химии, лаками, красками и другими легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, расфасованными в стеклянную тару емкостью более 1 литра каждая?	Пункт 108 ППР	-	+	-	-

Продолжение таблицы 3

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА	да	нет	неприменимо	Примечание
Исключена ли торговля пожароопасными товарами без этикеток с предупреждающей надписью "Огнеопасно" ?	Пункт 108 ППР	+	-	-	-
Осуществляется ли расфасовка пожароопасных товаров в приспособленных для этой цели помещениях, отвечающих требованиям пожарной безопасности?	Пункт 108 ППР	+	-	-	-
Хранятся ли и продаются ли керосин и другие горючие жидкости путем налива в тару только в отдельно стоящих зданиях, конструкции которых выполнены из негорючих материалов, включая полы?	Пункт 109 ППР	-	-	+	-
Исключается ли растекание жидкости при аварии за пределы здания хранения и продажи керосина и других горючих жидкостей наливом путем устройства уровня пола ниже примыкающей планировочной отметки?	Пункт 109 ППР	-	-	+	-
Исключено ли в зданиях хранения и продажи керосина и других горючих жидкостей наливом печное отопление и (или) использование приборов, устройств с применением открытого огня?	Пункт 109 ППР	-	-	+	-
Отделены ли торговые залы от кладовых, в которых установлены емкости с керосином или другими горючими жидкостями, соответствующими противопожарными преградами?	Пункт 110 ППР	-	-	+	-
Исключено ли превышение объема емкостей (резервуаров, бочек) с керосином или другими горючими жидкостями, установленных в кладовых, 5 куб. метров?	Пункт 110 ППР	-	-	+	-
Закреплен ли неподвижно и имеет ли вентили у раздаточного бака и емкости трубопровод, по которому подается горючая жидкость из резервуаров в раздаточные баки?	Пункт 111 ППР	-	-	+	-

Продолжение таблицы 3

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА	да	нет	неприменимо	Примечание
Исключено ли превышение объема раздаточного бака с горючей жидкостью 100 литров?	Пункт 111 ППР	-	-	+	-
Имеют ли трубопроводы и емкости с горючей жидкостью заземление не менее чем в 2 местах?	Пункт 111 ППР	-	-	+	-
Проверена ли не реже 1 раза в год надежность заземления трубопроводов и емкостей с горючей жидкостью с измерением электрического сопротивления?	Пункт 111 ППР	-	-	+	-
Имеет ли прилавок для отпуска легковоспламеняющихся и горючих жидкостей негорючее покрытие, исключающее искрообразование при ударе?	Пункт 112 ППР	+	-	-	-
Исключено ли хранение упаковочных материалов (стружка, солома, бумага и др.) в помещениях для торговли легковоспламеняющимися и горючими жидкостями?	Пункт 112 ППР	+	-	-	-
Хранится ли тара из-под легковоспламеняющихся и горючих жидкостей только на специальных огражденных площадках?	Пункт 112 ППР	+	-	-	-
Совмещается ли продажа в одном торговом зале оружия (гражданского и служебного) и патронов к нему и иных видов товаров, за исключением спортивных, охотничьих и рыболовных принадлежностей и запасных частей к оружию?	Пункт 113 ППР	-	-	+	-
Исключено ли хранение патронов к оружию в подвальных помещениях?	Пункт 113 ППР	-	-	+	-
Хранятся ли патроны к оружию в шкафах из негорючих материалов, исключающих разлет патронов в случае пожара (возгорания), установленных в помещениях, отгороженных от других помещений противопожарными перегородками и перекрытиями?	Пункт 113 ППР	-	-	+	-
Исключено ли хранение пороха в одном шкафу с капсюлями или снаряженными патронами?	Пункт 114 ППР	-	-	+	-

Продолжение таблицы 3

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА	да	нет	неприменимо	Примечание
Хранится ли непосредственно в зданиях магазинов не более 50 килограммов дымного пороха или 50 килограммов бездымного пороха?	Пункт 115 ППР	-	-	+	-

Эвакуационные пути ТЦ «Мегасити» соответствуют предъявляемым законодательством требованиям. Они не имеют препятствий для свободного прохождения людей. «Отсутствуют раздвижные и подъемно-опускные двери, вращающиеся двери и турникеты. На путях эвакуации отсутствуют лифты, эскалаторы. На путях эвакуации отсутствуют загромождения, пороги» [13]. Эвакуационные выходы рассредоточены по всем этажам здания.

Выводы по второму разделу

В разделе определено, что исследуемый торгово-развлекательный центр «МегаСити» в соответствии с действующей классификации Международного совета торговых центров (ICSC) отнесется к типу Регионального центра (Regional Center). ТЦ «МегаСити» оснащено следующими системами противопожарной защиты: «автоматическая установка водяного пожаротушения; ПК и огнетушители ОП-5 (всего 92 комплекта); система оповещения, система пожарных извещателей (датчики задымления, СПЭК, кнопки экстренного вызова), система видеонаблюдения (внутренняя и внешняя - всего 69 камер); система дымоудаления и подпора воздуха» [13]. «Конструкции здания ТРЦ запроектированы не ниже II-ой степени огнестойкости и СО класса конструктивной пожарной опасности, класс функциональной пожарной опасности Ф 3.1» [13]. Ц «Мегасити» оборудовано необходимым количеством эвакуационных путей, которые соответствуют предъявляемым законодательством требованиям.

3 Оценка эффективности обеспечения противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей

За последние пару лет отсутствует официальная статистика пожаров в торговых центрах. Однако по данным за 2022 год в России произошло 19 568 пожаров, в результате которых погибло более 7 000 человек. Около 5,6% всех пожаров приходится на ТРЦ.

Согласно данным, приведенным в исследовании, «в 30 % случаев возникновения пожаров установки срабатывают, но возгорание потушить не могут, что свидетельствует о низкой эффективности некоторых модулей порошкового пожаротушения (МПП). Авторами сравнивались модели порошкового пожаротушения различных производителей по такому критерию как способность МПП тушить пожары с наименьшим расходом огнетушащего вещества (ОТВ)» [5]. Исследование эффективности проводилось на основании анкетирования практикующих сотрудников МЧС России с оцениваем МПП по 10-бальной шкале. Данные исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Ранги технических параметров МПП

Наименование технического параметра	Ранги					
	№ эксперта					Сумма рангов
	1	2	3	4	5	
Время срабатывания устройства, с	6	4	5	1	9	25
Длина струи порошка, м	5	5	6	10	8	34
Защищаемая площадь, м ²	2	1,5	7	3	5	18,5
Защищаемый объем, м ³	1	1,5	8	4	6	20,5
Масса устройства, кг	9	9	9	8	10	45
Масса остатка порошка, кг	3	6	3	9	2	23
Масса порошка, кг	8	8	1	2	3	22
Объем устройства, м ³	10	10	10	6	7	43
Рабочее давление, МПа	7	7	4	5	4	27
Расход ОТВ при тушении пожара, кг/м ²	4	3	2	7	1	17

Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для рангов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для рангов

Наименование технического параметра	Сумма рангов	Среднее арифметическое рангов	Итоговый ранг по среднему арифметическому	Медианы рангов	Итоговый ранг по медианам	Итоговый ранг
Время срабатывания устройства	25	5	6	5	4,5	6
Длина струи порошка	34	6,8	8	6	5	8
Защищаемая площадь	18,5	3,7	2	3	3	2
Защищаемый объем	20,5	4,1	3	3	3	3
Масса устройства	45	9	10	9	6	9,5
Масса остатка порошка	23	4,6	5	3	3	5
Масса порошка	22	4,4	4	3	3	4
Объем устройства	43	8,6	9	10	7	9,5
Рабочее давление	27	5,4	7	5	4,5	7
Расход ОТВ при тушении пожара	17	3,4	1	3	3	1

«На основании полученных значений была проведена оценка представленных на рынке Российской Федерации МПП. Оценка проведена по сумме рангов технических параметров, где наименьшее численное значение соответствует лучшему результату» [5] в таблице 6.

Таблица 6 – Рабочие параметры оцениваемых МПП

Наименование устройства	Численные значения рабочих параметров МПП, соответствующих номеру технического параметра в табл. 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тунгус-4	10	9	16	27	7	0,4	4	4,3	2,4	0,41
Тунгус-6	10	9	25	33	10	0,6	6	6,5	2,4	0,38
Тунгус-9	10	13	33	42	13	0,86	8,6	9	2,2	0,37
Тунгус-10	10	16	18,3	75	20	0,95	9,5	9,2	2	1,04
МПП-6 Смерч	10	9	18	18	10,7	0,7	5,7	6	0,85	0,56
Ураган-3	10	11	14	14	5,85	0,3	3	3,5	2	0,4

Продолжение таблицы 6

Наименование устройства	Численные значения рабочих параметров МПП, соответствующих номеру технического параметра в табл. 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ураган-5М	10	16	40	54	10	0,55	5,5	6,5	2	0,24
Буран-8	10	6	21	42	11,3	0,7	7	7,8	1,2	0,5
Гарант-12	10	12	25	50	19,9	1,08	10,8	12	1,8	0,75
Бизон	15	6	30	60	36,5	0,82	7,8	8	1,6	1,19

Итоговые результаты оценки эффективности МПП представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты оценки эффективности МПП

Наименование устройства	Сумма рангов	Итоговое значение
Тунгус-4	43,5	3
Тунгус-6	45	4
Тунгус-9	51,5	5
Тунгус-10	64,5	7,5
МПП-6 Смерч	63,5	6
Ураган-3	43	2
Ураган-5М	30,5	1
Буран-8	64,5	7,5
Гарант-12	70,5	9
Бизон	73,5	10

«Из полученных данных видно, что наиболее эффективными являются МПП, имеющие торговые марки «Ураган-5М» и «Ураган-3». Данные модули имеют наименьшие массу и расход ОТВ при наибольших защищаемых от пожара площади и объема» [13].

Согласно информации производителя, на его официальном сайте указанные модули порошкового пожаротушения довольно часто используются на предприятиях всех отраслей промышленности. МПП «УРАГАН» защищают от пожара объекты энергетики, устанавливаются в производственных и складских помещениях, офисах, торговых центрах, подземных автостоянках. Относительно торговых площадей производителем приводятся примеры установки МПП «Ураган-5М» высотного исполнения в

крупных торговых залах (рисунок 4).



Рисунок 4 – Установка МПП «Ураган-5М», высотного исполнения в крупных торговых залах

Также в каталоге с продукцией производитель модулей порошкового пожаротушения размещает фотографии примеров срабатывания «Ураган-3» под углом наклона 30° и в горизонтальном расположении (рисунок 5, 6).



Рисунок 5 – Распыл порошка при срабатывании МПП «Ураган-3», под углом наклона 30°



Рисунок 6 – Распыл порошка при срабатывании МПП «Ураган-3», в горизонтальном направлении.

На основании изложенного представляется достаточно обоснованным внедрение в систему противопожарной безопасности модулей порошкового пожаротушения торговой марки «Ураган-5М» и «Ураган-3» в здание торгово-развлекательного центра «МегаСити».

Представим схему порошковых импульсных систем, рекомендуемых ко внедрению на описываемом объекте с массовым пребыванием людей (рисунок 7, 8).

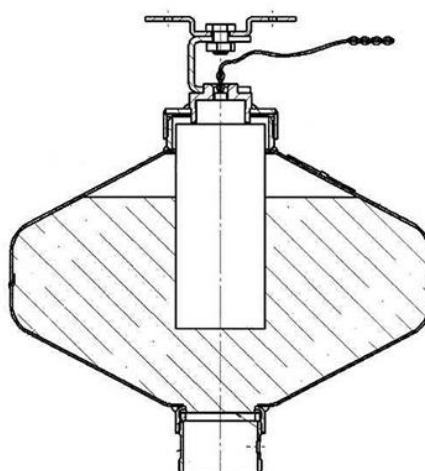


Рисунок 7 – Схема модуля порошкового пожаротушения «Ураган-5М»

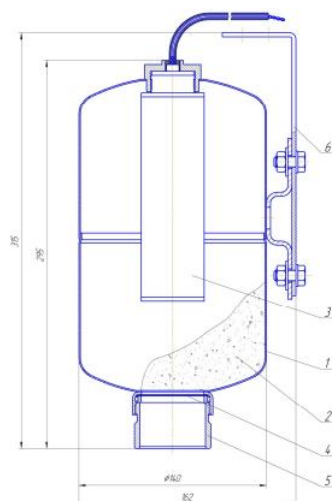


Рисунок 8 – Схема модуля порошкового пожаротушения «Ураган-3»

Необходимо будет внести соответствующие корректировки в проектную документацию на здание.

Выводы по третьему разделу

В разделе по результатам проведенного исследования определено, что не все модули порошкового пожаротушения срабатывают должным образом и тушат возникающее возгорание. По результатам анкетирования практикующих сотрудников МЧС России наибольшую эффективность показали модули порошкового пожаротушения таких торговых марок, как «Ураган-5М» и «Ураган-3». Данные модули имеют наименьшие массу и расход ОТВ при наибольших защищаемых от пожара площади и объема. Указанные модули порошкового пожаротушения довольно часто используются на предприятиях всех отраслей промышленности. МПП «УРАГАН» защищают от пожара объекты энергетики, устанавливаются в производственных и складских помещениях, офисах, торговых центрах, подземных автостоянках. Представляется достаточно обоснованным внедрение в систему противопожарной безопасности модулей порошкового пожаротушения торговой марки «Ураган-5М» и «Ураган-3» в здание торгово-развлекательного центра «МегаСити».

4 Охрана труда

Профессиональный риск – это потенциальный вред здоровью работника, который может возникнуть в результате воздействия небезопасных или опасных условий труда. Реестр рисков для рабочих мест ТЦ «МегаСити» представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Реестр рисков для рабочих мест ТЦ «МегаСити»

Опасность	ID	Опасное событие
Падение с высоты	001	Рабочий может упасть с лестницы
Пожар	002	Возгорание в торговых помещениях
Электротравма	003	Поражение электрическим током
Психоэмоциональные нагрузки	004	Стресс из-за конфликта с клиентами
Механические травмы	005	Ушибы и травмы при транспортировке грузов
Падение тяжёлых предметов	006	Падение товара со стеллажей
Загрязнение воздуха	007	Плохая вентиляция, накопление пыли
Скользкая поверхность	008	Посетители могут поскользнуться на мокром полу
Удар по голове	009	Удар о низко висящие объекты (знаки, конструкции)
Поражение химическими веществами	010	Контакт с химическими средствами при уборке
Травмы при перемещении грузов	011	Травмы спины и суставов при ручной транспортировке
Ожог	012	Ожог горячими предметами в служебных помещениях (кухня, ресторан)
Угарный газ	013	Накопление угарного газа в подземных помещениях
Психологическое давление	014	Психоэмоциональное выгорание у сотрудников на кассах
Травмы при работе с электроприборами	015	Поражение электрическим током при неисправности оборудования

Идентификация опасностей для рабочих мест ТЦ «МегаСити» представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Идентификация опасностей для рабочих мест ТЦ «МегаСити»

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности (A)	Коэффициент A	Тяжесть последствий (U)	Коэффициент U	Оценка риска (R)	Значимость оценки риска
Оператор эскалатора	Падение с высоты	Рабочий упал с движущегося эскалатора	2	2	3	3	6	Низкий
Электрик	Электротравма	Поражение током при обслуживании сети	3	3	4	4	12	Средний
Сотрудник службы безопасности	Психоэмоциональные нагрузки	Конфликт с агрессивным клиентом	4	4	2	2	8	Низкий
Кассир	Механические травмы	Травмы при работе с кассовым аппаратом	2	2	2	2	4	Низкий
Работник склада	Падение тяжёлых предметов	Падение товара со стеллажей	3	3	4	4	12	Средний
Уборщица	Поражение химическими веществами	Контакт с чистящими химическими средствами	2	2	3	3	6	Низкий
Работник ресторана	Ожог	Ожог горячими предметами на кухне	3	3	4	4	12	Средний
Техник по обслуживанию	Удар по голове	Удар о низко висящие конструкции (знаки, светильники)	3	3	3	3	9	Средний
Кладовщик	Травмы при перемещении грузов	Травмы спины при поднятии и перемещении тяжёлых предметов	3	3	3	3	9	Средний
Оператор лифта	Пожар	Пожар в техническом помещении лифта	2	2	5	5	10	Средний

Продолжение таблицы 9

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности (A)	Коэффициент A	Тяжесть последствий (U)	Коэффициент U	Оценка риска (R)	Значимость оценки риска
Работник службы доставки	Угарный газ	Накопление угарного газа в подземных парковках	2	2	4	4	8	Низкий
Сотрудник по чистоте	Загрязнение воздуха	Плохая вентиляция, накопление пыли в помещении	2	2	2	2	4	Низкий
Работник технической поддержки	Травмы при работе с электроприборами	Поражение электрическим током при починке оборудования	3	3	4	4	12	Средний
Сотрудник охраны	Психологическое давление	Психологическое выгорание из-за продолжительных смен	3	3	2	2	6	Низкий
Продавец-консультант	Скользкая поверхность	Посетители могут поскользнуться на мокром полу	3	3	3	3	9	Средний

Оценка вероятности показана в таблице 10.

Таблица 10 – Оценка вероятности

Степень вероятности	Характеристика	Коэффициент A
1	Весьма маловероятно. Практически исключено. Зависит от следования инструкции.	1
2	Маловероятно. Сложно представить, но может произойти. Зависит от инструкций.	2
3	Возможно. Иногда может произойти. Зависит от обучения. Одна ошибка может стать причиной.	3

Продолжение таблицы 10

Степень вероятности	Характеристика	Коэффициент А
4	Вероятно. Зависит от случая. Часто слышим о подобных фактах.	4
5	Весьма вероятно. Обязательно произойдёт. Практически, несомненно.	5

Оценка тяжести последствий представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценка тяжести последствий

Тяжесть последствий	Потенциальные последствия для людей	Коэффициент U
1	Приемлемая. Без травмы или заболевания. Незначительный быстроустраняемый ущерб.	1
2	Незначительная. Лёгкий повреждения, ушибы. Оказана первая медицинская помощь.	2
3	Значительная. Серьёзная травма с утратой трудоспособности до 60 дней.	3
4	Крупная. Тяжёлый несчастный случай, временная нетрудоспособность более 60 дней.	4
5	Катастрофическая. Групповой несчастный случай, смертельный исход, авария, пожар.	5

Формула расчёта риска представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Формула расчёта риска

Риск	Коэффициент вероятности (А)	Коэффициент тяжести последствий (U)	Риск (R = A · U)	Оценка риска
Электрик	3	4	12	Средний
Оператор эскалатора	2	3	6	Низкий
Работник склада	3	4	12	Средний
Кассир	2	2	4	Низкий
Сотрудник службы безопасности	4	2	8	Низкий
Уборщица	2	3	6	Низкий
Работник ресторана	3	4	12	Средний
Техник по обслуживанию	3	3	9	Средний

Продолжение таблицы 12

Риск	Коэффициент вероятности (A)	Коэффициент тяжести последствий (U)	Риск (R = A · U)	Оценка риска
Кладовщик	3	3	9	Средний
Оператор лифта	2	5	10	Средний
Работник службы доставки	2	4	8	Низкий
Сотрудник по чистоте	2	2	4	Низкий
Работник технической поддержки	3	4	12	Средний
Сотрудник охраны	3	2	6	Низкий
Продавец- консультант	3	3	9	Средний

Мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска

Рабочее место	Мероприятия по снижению риска
Электрик	Проведение регулярного инструктажа по охране труда, обеспечение защитной экипировкой.
Оператор эскалатора	Установить защитные ограждения на эскалаторах, проводить регулярное техническое обслуживание.
Служба безопасности	Психологическая подготовка для работы с конфликтными ситуациями, организация тревожных кнопок.
Работник склада	Проведение инструктажа по безопасности, установка стабилизирующих стеллажей.
Уборщица	Использование защитных средств при работе с химическими средствами, регулярные тренировки.
Работник ресторана	Проведение регулярного инструктажа по технике безопасности, использование термозащитных средств.
Техник по обслуживанию	Обеспечение касками и другими защитными средствами, регулярное обслуживание оборудования.
Кладовщик	Использование подъёмных механизмов, обучение по безопасному перемещению тяжёлых грузов.
Оператор лифта	Проведение тренингов по эвакуации, установка противопожарных систем.

Продолжение таблицы 13

Рабочее место	Мероприятия по снижению риска
Работник службы доставки	Оборудование системами вентиляции подземных парковок, обеспечение масками для сотрудников.
Сотрудник по чистоте	Регулярная проверка систем вентиляции, использование безопасных чистящих средств.
Работник технической поддержки	Регулярные проверки оборудования, обеспечение защитных средств при работе с электроприборами.
Сотрудник охраны	Введение ротационной системы смен, психологическая поддержка и тренировки по стрессоустойчивости.
Продавец-консультант	Постоянное удаление влаги с пола, использование антискользящих покрытий.

Разработанные мероприятия по снижению риска обеспечат уровень риска в значениях «низкий риск».

Выводы по четвертому разделу

В разделе по результатам анализа рисков для сотрудников ТРЦ «МегаСити» предложены мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска.

В разделе определено, что в местах с массовым пребыванием людей очень важно соблюдать правила пожарной безопасности с целью избежать возникновения возгораний и губительных последствий. В ТРЦ все системы пожаротушения, оборудование должны находиться в исправном состоянии, эвакуационные пути не должны быть загромождены.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Здания торговых центров оказывают значительное воздействие на окружающую среду. Образующийся в результате торговли мусор, значительная энерго- и водонагрузка, выхлопные газы от автомобилей, приезжающих на них в ТЦ посетителей и сотрудников и т.д. пагубно влияет на окружающую среду.

Значительные потребления электро- и водоресурсов должны осознаваться и учитываться в процессе проектирования для максимально возможного снижения их потребления.

В том числе, должно учитываться месторасположение ТРЦ вблизи остановок общественного транспорта. Должны быть обеспечены парковочные места для велосипедов, самокатов, что также способствует снижению негативного воздействия на экологию. Должны быть обустроены пешеходные и дорожки для велосипедов и самокатов.

Значительное количество мусора, образующееся в результате как строительства, так и эксплуатации торгово-развлекательного центра должно подвергаться вторичной переработке, что в значительной степени позволит снизить нагрузку на окружающую среду.

ТРЦ, как было обозначено выше, имеет сложную структуру и высокие риски пожарной опасности. В случае воспламенения или возникновения аварийных ситуаций данный объект с массовым пребыванием людей будет оказывать серьезную загрязняющую нагрузку на окружающую среду.

«В результате пожара в торгово-развлекательном центре образуются токсичные выделения от плавящегося пластика и других синтетических материалов. Все эти продукты выделения выбрасываются в атмосферный воздух, попадают» [13] в почву и воду.

Серьезную сложность вызывают возгорания в складских помещениях, магазинах-складах, магазинах электрооборудования в связи с большой скученностью товаров и отсутствием свободного доступа к тушению места

пожара. Наличие большое количества различных видов материалов и продукты их горения также оказывают пагубное воздействие на окружающую среду и живых организмов. Не полностью сгоревшие частицы материалов также выбрасываются в атмосферу.

Дым в процессе горения заволакивает все свободное пространство и неизбежно проникает в глаза, дыхательные пути присутствующих людей и животных.

Но и средства пожаротушения, которые применяются для тушения пламени в ТРЦ, также имеют пагубное влияние на экологию, проникая в почву, воду и атмосферный воздух.

В таблице 14 приведены сводные данные об антропогенной нагрузке торгового центра.

Таблица 14 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду от торгового центра

Наименование объекта	Подраздел ение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ТРЦ «МегаСити»	Здание торгового центра	Газообразные	Стоки бытовые	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные
				Мусор от офисных и бытовых помещений организаций
				Смет с территории предприятия
				Отходы бумаги и картона
				Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные
				Осадок очистных сооружений дождевой (ливневой канализации)
Количество в год		0,008 т	450 м³/год	1,8 т

На период реконструкции объект оказывает следующее воздействие на водные ресурсы: потребление воды на производственные и бытовые нужды, изменение поверхностного стока с территории парковочной площадки.

Водоснабжение парковочной площадки предусмотрено привозной водой. Для хозяйственно-бытовых целей используются мобильные туалеты с герметичными емкостями для накопления жидких бытовых отходов. Отходы по мере необходимости вывозятся на обезвреживание специализированным транспортом. Влияние на подземные воды будет незначительно. При эксплуатации в штатном режиме воздействие на водные объекты оказано не будет. Таким образом, прогнозируемое воздействие на водные объекты намечаемой деятельности оценивается как незначительное.

«Понятие наилучшая доступная технология введено в российское правовое поле ФЗ №7, который сформировал основу законодательства в области НДТ» [8].

Сведения о применяемых на объекте технологиях представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Сведения о применяемых на объекте технологиях

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
номер	наименование		
1	ТРЦ «МегаСити»	Механическая очистка вод от нерастворенных грубодисперсных примесей	Соответствует

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

Наименование загрязняющего вещества
Азота диоксид
Азот (II) оксид
Углерод оксид

Результаты производственно-экологического контроля представлены в таблицах 17-19.

Таблица 17 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованн ый выброс, г/с	Фактичес кий выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованно го выброса	Примечание
номе р	наименов ание	номер	наимен ование							
1	Торговый центр	1	Вентил яционн ая труба	Азота диоксид	0,002	0,002	-	-	-	-
				Азот (II) оксид	0,003	0,003	-	-	-	-
				Углерод оксид	0,003	0,003	-	-	-	-
Итог					0,008	0,008	-	-	-	-

Таблица 18 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистно го сооруж ения	Год ввода в эксплуа тацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименован ие загрязняющ его вещества или микроорган изма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективност ь очистки сточных вод, %	
			Проек тный	Допустимый, в соответствии с разрешительн ым документом на право пользования водным объектом	Факти ческий			Прое ктно е	Допустимое , в соответствии и с разрешение м на сброс веществ и микроорган измов в водные объекты	Факт ическ ое	Проект ная	Факт ическ ая
ЛОС механи ческой очистки	2020	Механическая очистка, Поток ПНУ-БМ (2)-180	0,35 85	0,2 60	0,07 25	Взвешенные вещества	20.09.2024	100	80	60	99	99

Таблица 19 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,01	0	0	0,01
2	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций	7 33 100 01 72 4	4	0	0	20	0	20	0
3	Смет с территории предприятия	7 33 390 01 71 4	4	0	0	10	0	10	0
4	Отходы бумаги и картона	4 05 122 02 60 5	5	0	0	0,2	0	0,2	0
5	Пищевые отходы кухонь и организаций общественного питания несортированные	7 36 100 01 30 5	5	0	0	15,5	0	15,5	0
6	Осадок очистных сооружений дождевой (ливневой канализации)	7 21 100 01 39 4	4	0	0	0,2	0	0,2	0

Продолжение таблицы 19

Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн						
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения	
0,01	-	0,01	-	-	-	
20	-	20	-	-	-	
10	-	10	-	-	-	
0,2	-	0,2	-	-	-	
15,5	-	15,5	-	-	-	
0,2	-	0,2	-	-	-	
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление
0,01	-	-	-	-	0	0
20	-	-	-	-		
10	-	-	-	-		
0,2	-	-	-	-		
15,5	-	-	-	-		
0,2	-	-	-	-		

Выводы:

В разделе определено, что Торгово-развлекательный центр оказывает определенную нагрузку на окружающую среду.

В случае воспламенения или возникновения аварийных ситуаций данный объект с массовым пребыванием людей будет оказывать серьезную загрязняющую нагрузку на окружающую среду. Но и средства пожаротушения, которые применяются для тушения пламени в ТРЦ, также имеют пагубное влияние на экологию, проникая в почву, воду и атмосферный воздух. Серьезную сложность вызывают возгорания в складских помещениях, магазинах-складах, магазинах электрооборудования в связи с большой скученностью товаров и отсутствием свободного доступа к тушению места пожара. Наличие большое количества различных видов материалов и продукты их горения также оказывают пагубное воздействие на окружающую среду и живых организмов. Не полностью сгоревшие частицы материалов также выбрасываются в атмосферу.

Для эксплуатации здание ТРЦ требуется потребление значительного количества электроэнергии.

Влияние на экологию оказывают вредные выбросы автомобилей, на которых передвигаются персонал и покупатели ТРЦ.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Как нами было указано ранее, производители способов и средств пожарной защиты предлагают все новые более эффективные системы борьбы с огнем. Однако выбранные системы должны обладать значительной эффективностью в тушении пожаров при относительно невысоких материальных затратах.

Владельцы торгово-развлекательных центров несут значительные материальные потери в процессе оснащения здания различными системами обеспечения пожарной безопасности и сопровождения людей при эвакуации с места пожара. Это делается с целью минимизации потерь от возможных пожаров, которые будут иметь колоссальные размеры.

Представляется актуальным выбирать такой способ противопожарной защиты, который был бы максимально эффективным в тушении возпламенений и одновременно имел сравнительно небольшую стоимость обслуживания и применения в здании ТРЦ.

В процессе проводимого исследования нам думается, что использование модулей порошкового пожаротушения различных видов в ТРЦ «МегаСити» позволит достичь выше обозначенных задач, которые ставятся перед системой противопожарной защиты для снижения ущерба и материальных затрат на эксплуатацию при сохранении высокого уровня эффективности средств борьбы с огнем.

Предлагается 2 варианта расчета ущерба такому зданию с массовым пребыванием людей как ТРЦ «МегаСити», где в первом случае не установлены модули порошкового пожаротушения и во втором случаи они имеются.

Данные для расчёта ожидаемых потерь от пожаров представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [12]	м ²	F	52 400	
«Стоимость поврежденного Технологического оборудования и оборотных фондов» [12]	руб./м ²	С _т	50000	51000
«Стоимость поврежденных частей здания»	руб/м ²	С _к	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [12]	м ²	F'' _{пож}	2016	2016
«Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения» [12]	м ²	F* _{пож}	-	10
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [12]	м ²	F _{пож}	4	
«Вероятность возникновения пожара» [12]	1/м ² в год	J	5·10 ⁻⁵	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [12]	-	p ₁	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [12]	-	p ₂	0,95	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [12]	-	p ₃	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [12]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [12]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [12]	м/мин	V _л	1,5	
«Время свободного горения» [12]	мин	B _{св}	12	12
«Норма текущего ремонта» [12]	%	H _{т.р.}	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [12]	%	H _а	-	10
«Заработная плата одного работника» [12]	руб/мес	ЗПЛ	0	26000
«Период реализации мероприятия» [12]	лет	T	10	

Рассчитаем площадь пожара в ТЦ «МегаСити» по формуле 1:

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

«где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св}}$ – время свободного горения, мин.» [12].

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \times (1,5 \times 12)^2 = 1017 \text{ м}^2,$$

Расчёт ожидаемых потерь ТЦ «МегаСити» от пожаров будет производиться по формуле 2:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) \quad (2)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;
 $M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;
 $M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [12].

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot p_1 \quad (3)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год;

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, $\text{руб.}/\text{м}^2$;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [12].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2 \quad (4)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

$0,52$ – коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами;

C_K – стоимость поврежденных частей здания, $\text{руб.}/\text{м}^2$;

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

[12].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p] \quad (5)$$

«где $F''_{\text{пож}}$ – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м^2 » [12].

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров в ТЦ «МегаСити» при втором варианте будет производиться по формуле 6:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4) \quad (6)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;
 $M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных установками автоматического пожаротушения
 $M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения
 $M(\Pi_4)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [12]:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot p_1 \quad (7)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год;

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, $\text{руб.}/\text{м}^2$;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами; p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [12].

$$F^* M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F^*_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_3; \quad (8)$$

« $F^*_{\text{пож}}$ – площадь пожара при тушении средствами автоматического

пожаротушения, м²;

p_3 – вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [12].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0.52 \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (9)$$

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (10)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times 50000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 1088714,8 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times (50000 \times 1017 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,95 = 36370593,3 \text{ руб./год}.$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times (50000 \times 2016 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] = 7295181,6 \text{ руб./год}.$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times 51000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 1\,110\,489,1 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times 51000 \times 10 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = 634\,665,6 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times (51000 \times 1017 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95 = 9\,987\,809,01 \text{ руб./год}.$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-5} \times 52\,400 \times (51000 \times 2016 + 30000) \times (1 + 1,63) \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95\} = 100153158,7 \text{ руб./год}.$$

Общие ожидаемые потери ТЦ «МегаСити» от пожаров составят (если в здании отсутствуют системы порошкового пожаротушения):

$$M(\Pi)_1 = 1088714,8 + 36370593,3 + 7295181,6 = 44\,754\,489,7 \text{ руб./год}$$

Если в здании смонтированы системы порошкового пожаротушения:

$$M(\Pi)_2 = 1110489,1 + 634665,6 + 9987809,01 + 100153158,7 = 11\,188\,622,4 \text{ руб./год}.$$

Таким образом, разница в ущербах составляет практически в 4 раза меньше в случае применения порошковых импульсных систем пожаротушения.

Выводы по шестому разделу

В настоящее время разрабатываются и внедряются достаточно эффективные средства противопожарной защиты. Внедряемые в ТРЦ системы обеспечения пожарной безопасности и сопровождения людей при эвакуации с места пожара наряду с эффективностью должны подразумевать сравнительно небольшую стоимость эксплуатации.

Проведенные в работе расчеты выявили, что при применении порошковых импульсных систем в торговом центре «МегаСити» удастся повысить эффективность обеспечения пожарной безопасности, а также уменьшить величину ущерба от пожара. Разница в ущербах составляет практически в 4 раза меньше в случае применения порошковых импульсных систем пожаротушения.

Заключение

В первом разделе определено, что видимые достоинства системы пожаротушения, тем не менее, имеют ряд недочетов в виде кратковременности тушащих способностей модуля, который выбрасывает значительное количество порошка в начале тушения, имеющего возможность потушить возгорание. Но данная способность порошка теряется со временем, что допускает последующее разгорание.

Определено, что целесообразным в зданиях торгового центра применять одновременно модули порошкового пожаротушения кратковременного и импульсного действия для достижения наилучших результатов.

Во втором разделе определено, что исследуемый торгово-развлекательный центр «МегаСити» в соответствии с действующей классификации Международного совета торговых центров (ICSC) отнесится к типу Регионального центра (Regional Center). ТЦ «МегаСити» оснащено следующими системами противопожарной защиты: «автоматическая установка водяного пожаротушения; ПК и огнетушители ОП-5 (всего 92 комплекта); система оповещения, система пожарных извещателей (датчики задымления, СПЭК, кнопки экстренного вызова), система видеонаблюдения (внутренняя и внешняя - всего 69 камер); система дымоудаления и подпора воздуха» [13]. «Конструкции здания ТРЦ запроектированы не ниже II-ой степени огнестойкости и СО класса конструктивной пожарной опасности, класс функциональной пожарной опасности Ф 3.1» [13]. Ц «Мегасити» оборудовано необходимым количеством эвакуационных путей, которые соответствуют предъявляемым законодательством требованиям.

В третьем разделе по результатам проведенного исследования определено, что не все модули порошкового пожаротушения срабатывают должным образом и тушат возникающее возгорание. По результатам анкетирования практикующих сотрудников МЧС России наибольшую эффективность показали модули порошкового пожаротушения таких торговых

марок, как «Ураган-5М» и «Ураган-3». Указанные модули порошкового пожаротушения довольно часто используются на предприятиях всех отраслей промышленности. МПП «УРАГАН» защищают от пожара объекты энергетики, устанавливаются в производственных и складских помещениях, офисах, торговых центрах, подземных автостоянках. Представляется достаточно обоснованным внедрение в систему противопожарной безопасности модулей порошкового пожаротушения торговой марки «Ураган-5М» и «Ураган-3» в здание торгово-развлекательного центра «МегаСити».

В четвёртом разделе по результатам анализа рисков для сотрудников ТРЦ «МегаСити» предложены мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска.

В четвёртом разделе определено, что в местах с массовым пребыванием людей очень важно соблюдать правила пожарной безопасности с целью избежать возникновения возгораний и губительных последствий. В ТРЦ все системы пожаротушения, оборудование должны находиться в исправном состоянии, эвакуационные пути не должны быть загромождены.

В пятом разделе определено, что Торгово-развлекательный центр оказывает определенную нагрузку на окружающую среду.

В случае воспламенения или возникновения аварийных ситуаций данный объект с массовым пребыванием людей будет оказывать серьезную загрязняющую нагрузку на окружающую среду. Но и средства пожаротушения, которые применяются для тушения пламени в ТРЦ, также имеют пагубное влияние на экологию, проникая в почву, воду и атмосферный воздух. Серьезную сложность вызывают возгорания в складских помещениях, магазинах-складах, магазинах электрооборудования в связи с большой скученностью товаров и отсутствием свободного доступа к тушению места пожара. Наличие большое количества различных видов материалов и продукты их горения также оказывают пагубное воздействие на окружающую среду и живых организмов. Не полностью сгоревшие частицы материалов также выбрасываются в атмосферу.

Для эксплуатации здание ТРЦ требуется потребление значительного количества электроэнергии.

Влияние на экологию оказывают вредные выбросы автомобилей, на которых передвигаются персонал и покупатели ТРЦ.

В настоящее время разрабатываются и внедряются достаточно эффективные средства противопожарной защиты.

Проведенные в работе расчеты выявили, что при применении порошковых импульсных систем в торговом центре «МегаСити» удастся повысить эффективность обеспечения пожарной безопасности, а также уменьшить величину ущерба от пожара. Разница в ущербах составляет практически в 4 раза меньше в случае применения порошковых импульсных систем пожаротушения.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии. М. : Альфа Пресс, 2021. 384 с.
2. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат, 1982. 72 с.
3. Долговидов А. В., Грачев В. А., Сабинин О. Ю., Неретин И. Д. Автоматические средства подачи огнетушащих порошков. Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskie-sredstva-podachi-ognetushaschih-poroshkov> (дата обращения: 05.11.2024).
4. Краснянский М. Е. Порошковая пожаровзрывозащита. Донецк, 1994. 152 с.
5. Кущук В. А., Бухтояров Д. В. Огнетушащие порошки как локально-объемные средства пожаротушения. М.: ВНИИПО, 2017. 321 с.
6. Единый реестр застройщиков [Электронный ресурс] : Официальный сайт. URL: <https://erzrf.ru> (дата обращения: 02.11.2024).
7. Здания торгово-развлекательных комплексов [Электронный ресурс] : СП 464.1325800.2019 от 03.06.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564542925> (дата обращения: 06.11.2024).
8. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон №7 от 10.01.2002 (ред. от 25.12.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 01.08.2024).
9. Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 01.09.2021 № 1464. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608501243> (дата обращения: 04.11.2024).
10. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской

Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 30.03.2023). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263/ (дата обращения: 20.08.2024).

11. Официальный сайт РБК [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/society/27/03/2024/660455979a7947006ce1aae9> (дата обращения: 05.11.2024).

12. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности [Электронный ресурс]: Методические указания. URL: <https://edu.rosdistant.ru/course/view.php?id=3014> (дата обращения: 05.08.2024).

13. План тушения пожара ТРЦ «МегаСити». Самара, 2020. 65 с.

14. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: статистический сборник. М. : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 185 с.

15. Сабинин О. Ю. Оптимальные характеристики огнетушащих порошков и параметры их подачи для импульсных модулей порошкового пожаротушения: диссертация ... кандидата технических наук: Москва, 2008. 176 с.

16. Сытдыков М. Р., Иванов А. В. Оценка эффективности технических средств порошкового пожаротушения методом экспертной оценки // Вестник С.-Петерб. университета ГПС МЧС России». 2022. № 4. С. 13–19.

17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон №123 от 22 июля 2008 г. (ред. от 25.12.2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 24.08.2024).

18. Троценко Е. В. Автоматические системы пожаротушения // Научный журнал молодых ученых. 2020. №1. С. 65-69.

19. Шакирова А. Ф. Особенности проектирования систем оповещения и управления эвакуацией для торгово-развлекательных комплексов // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 3. С. 1-5.

20. Шаталина И. Е., Бабкин С. А. Преимущества и отличия

современных систем автоматической пожарной сигнализации // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 9. С. 976-978.

21. Шихалев Д. В. Системы управления эвакуацией в зданиях торгово-развлекательных центров // Пожаровзрывобезопасность. 2023. № 6. С. 61-65.

22. Шихалев Д. В. Информационно-аналитическая поддержка управления эвакуацией при пожаре в торговых центрах: диссертация ... кандидата технических наук: Москва, 2015. 176 с.