

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 социально значимых объектов с
массовым пребыванием людей на примере торговых центров

Обучающийся

А.В. Зайцев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, И.И. Рашоян

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

Аннотация

Пояснительная записка включает 85 с., 10 рисунков, 24 таблицы, 17 используемых источников и 6 приложений графического материала.

Целью данного дипломного проекта является рассмотрение основных аспектов обеспечения пожарной безопасности в торговых центрах с учетом социальной значимости данных объектов и массового пребывания людей в них.

Для достижения поставленной цели будут использованы методы анализа существующих противопожарных систем, а также сравнительный анализ международного опыта в данной области. Основными источниками информации станут нормативно-правовые акты, научные публикации, статистические данные, а также интервью с экспертами в области пожарной безопасности.

В итоге ожидается, что результаты данного исследования будут внести вклад в повышение эффективности систем обеспечения пожарной безопасности в социально значимых объектах, что в свою очередь способствует сохранению жизней и здоровья граждан.

Цель работы: исследование и разработка мер по обеспечению пожарной безопасности в торговых центрах с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций и защиты жизни и здоровья людей.

Задачи:

- анализ существующих систем обеспечения пожарной безопасности в торговых центрах;
- идентификация основных угроз и рисков, связанных с пожарами в местах массового скопления людей;
- разработка эффективных стратегий предотвращения и реагирования на пожарные ЧС в торговых центрах;
- оценка эффективности применяемых методов и технологий в области пожарной безопасности.

Объект исследования: торговые центры с массовым пребыванием людей.

Предмет исследования: системы и методы обеспечения пожарной безопасности в указанных объектах.

Практическая значимость: разработка рекомендаций и регулятивных мер, способствующих повышению уровня пожарной безопасности в торговых центрах, что приведет к снижению вероятности возникновения пожаров и минимизации потерь.

Работа состоит из шести разделов:

- раздел 1: анализ объекта защиты. В данном разделе представлена характеристика объекта защиты;
- раздел 2: анализ состояния обеспечения пожарной безопасности;
- раздел 3: меры повышения пожарной безопасности;
- раздел 4: охрана труда. В разделе проводится анализ профессиональных рисков на рабочих местах. Цель состоит в обеспечении безопасности персонала и снижении риска возникновения аварийных ситуаций;
- раздел 5: охрана окружающей среды и экологическая безопасность. В данном разделе производится оценка влияния предприятия на окружающую среду;
- раздел 6: оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. В разделе производится оценка эффективности предлагаемых мероприятий.

Содержание

Введение.....	7
1 Анализ объекта защиты на соответствие нормативным требованиям.....	9
1.1 Общие сведения об объекте	9
1.2 Объемно-планировочные решения	11
1.3 Пожарно-техническая классификация зданий и строительных конструкций.....	12
1.4 Молниезащита	18
1.5 Сведения о пожарной нагрузке исследуемого объекта.....	21
2 Анализ состояния обеспечения пожарной безопасности объекта защиты..	25
2.1 Система противопожарной защиты	25
2.2 Противопожарное водоснабжение	26
2.3 Вентиляция и дымоудаление	27
2.4 Организационно-технические мероприятия по предупреждению возникновению пожара.....	28
2.5 Взаимодействие с противопожарными подразделениями МЧС России.....	30
2.6 Наиболее вероятный сценарий развития пожара	31
3 Меры повышения пожарной безопасности на объекте защиты.....	49
3.1 Меры технического характера для повышения пожарной безопасности на объекте защиты.....	49
3.2 Описание мероприятий организационного характера повышения пожарной безопасности на объекте защиты	51
4 Охрана труда.....	57
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	62
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	71
Заключение	79
Список используемых источников.....	83

Введение

Пожарная безопасность в социально значимых объектах, особенно в торговых центрах, является одним из наиболее важных аспектов обеспечения общественной безопасности и защиты жизни и здоровья граждан. Торговые центры представляют собой места массового скопления людей, где возможность возникновения пожара и его последствия оказывают серьезное воздействие на общественное здоровье и благополучие.

ООО «ЭЛХАРТ», расположенное в городе Краснодаре. Оно занимается разработкой и внедрением противопожарных систем в различные объекты, включая торговые центры.

Пожары в торговых центрах представляют собой серьезную угрозу безопасности граждан и имущества. Причиной пожаров в таких местах могут стать различные факторы. Неисправности электрооборудования, такие как короткое замыкание или перегрев кабелей, а также неправильное обслуживание и эксплуатация технических систем могут легко вызвать пожар.

Цель данного дипломного проекта – изучить основные аспекты пожарной безопасности в торговых центрах, учитывая социальную значимость этих объектов и массовое пребывание в них людей.

Цель работы: Исследование и разработка мер по обеспечению пожарной безопасности в торговых центрах с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций и защиты жизни и здоровья людей.

Задачи:

- анализ существующих систем обеспечения пожарной безопасности в торговых центрах;
- идентификация основных угроз и рисков, связанных с пожарами в местах массового скопления людей;
- разработка эффективных стратегий предотвращения и реагирования на пожарные ЧС в торговых центрах;

- оценка эффективности применяемых методов и технологий в области пожарной безопасности.

Объект исследования: торговые центры с массовым пребыванием людей.

Предмет исследования: системы и методы обеспечения пожарной безопасности в указанных объектах.

Практическая значимость: разработка рекомендаций и регулятивных мер, способствующих повышению уровня пожарной безопасности в торговых центрах, что приведет к снижению вероятности возникновения пожаров и минимизации потерь.

Методология. В работе используются методы анализа и сравнительного исследования существующих практик обеспечения пожарной безопасности, экспертные оценки, моделирование вероятных сценариев ЧС, а также методы системного и инженерного подхода к обеспечению безопасности в торговых центрах.

Термины и определения

Пожарная безопасность – меры и действия, направленные на предотвращение пожаров, минимизацию рисков и обеспечение безопасности людей и имущества.

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [10].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [17].

Пожарный извещатель – «техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре» [17].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [10].

Торговый Центр – крупный объект коммерческой недвижимости, предназначенный для проведения торговых операций и предоставления услуг различного характера, часто имеющий большое количество посетителей одновременно.

Перечень сокращений и определений

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения.

ОРО – объект размещения отходов.

ОФП – опасные факторы пожара.

ПЭК – производственно-экологический контроль.

СППЗ – систем противопожарной защиты.

ТРoТПБ – технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

ТЦ – торговый центр.

ФЗoПБ – Федеральный закон о пожарной безопасности.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ФНПБ – Федеральные нормы и правила в области пожарной безопасности.

ЧДД – чистый дисконтированный доход.

1 Анализ объекта защиты на соответствие нормативным требованиям

1.1 Общие сведения об объекте

В районе города Москва, на территории, которая уже застроена, располагается участок для строительства торгового центра (ТЦ) по адресу: 16-я Парковая улица, д. 2а, строение 8. Этот участок, обрабатываемый компанией «ЭЛХАРТ», выделяется своими четкими границами, представляя собой прямоугольник со сторонами 82 и 70 метров. В планировке участка учтены необходимые расстояния для размещения инфраструктурных сетей - от систем водоснабжения до дорожного покрытия и тротуаров, а также элементов ландшафтного дизайна. В соответствии с требованиями по санитарии, пожарной безопасности и архитектурным стандартам района, участок тщательно спланирован и благоустроен.

«Участок, отведенный под ТЦ, обслуживаемый ООО «ЭЛХАРТ», имеет спокойный рельеф местности, ценных насаждений не имеет. Площадка расположена в климатическом районе III А и относится к 3-й влажностно-сухой зоне. Основанием фундаментов являются суглинки I типа по просадочности» [1].

Предполагается, что здание торгового центра будет гарантировано оборудовано современными коммуникационными системами. К ним относятся системы отопления и вентиляции, подачи холодной и горячей воды, канализации, а также безопасности, включающие в себя охранную сигнализацию и видеонаблюдение. Кроме того, будет осуществлено качественное электроснабжение, достойное современного торгово-развлекательного комплекса.

Планировка торгового центра (ТЦ) в рамках застройки района продумана в контексте интеграции с учреждениями культурного и бытового предназначения. Проектных план определяет стратегическое расположение

ТЦ на ключевых городских артериях, с удобным доступом к маршрутам общественного транспорта и остановкам для оптимизации районной инфраструктуры.

Зона для пешеходов предусмотрена перед основным входом в ТЦ, создавая приятную и доступную атмосферу для посетителей. В рамках обеспечения потребностей персонала, вблизи второстепенного входа реализовано выделенное место для курения. Области, непосредственно прилегающие к ТЦ и не занятые строениями, дорогами, или инженерными сетями, получают максимальное озеленение. Планы включают в себя посадку деревьев и кустарников, а также создание газонов и клумб, чтобы украсить и оживить пространство вокруг торгового комплекса.

Для обеспечения удобства клиентов и работников ТЦ, рядом с зоной для пешеходов предусмотрена парковка для легкового автотранспорта. Отведена также зона для размещения контейнера отходов, что способствует поддержанию чистоты на территории торгового центра.

Основным аспектом качественной организации, прилегающей к торговому центру (ТЦ) территории служит чёткое разграничение зон для пешеходов и транспортных средств. Важная задача – обеспечение безопасности жителей близлежащих домов, что достигается за счёт их изоляции от активных потоков посетителей ТЦ и автомобилей.

В плане безопасности предусмотрен беспрепятственный доступ пожарных автомобилей к каждому из фасадов здания, при этом расстояние до здания составляет не меньше пяти метров. Кроме того, создан противопожарный зазор в двадцать метров между соседними строениями.

Что касается вертикальной планировки, она разработана с учётом уже существующих особенностей рельефа, что способствует эффективному отведению дождевых и талых вод. Воды направляются от здания к системам водоотведения автодорог. Намеченные проектом уклоны поверхности способствуют естественному стеканию воды в обозначенные низкие точки, предотвращая возможную эрозию почвы вследствие интенсивных осадков.

1.2 Объемно-планировочные решения

Здание ТЦ выполнено из негорючих материалов и имеет высокую степень огнестойкости.

«Кроме того, в здании предусмотрены меры пожарной безопасности, такие как рассредоточенно расположенные эвакуационные выходы, достаточная ширина маршей лестничных клеток, отсутствие винтовых лестниц и забежных ступеней на путях эвакуации, наличие наружных пожарных лестниц с ограждениями и правильным углом уклона» [3].

«Проектирование здания учитывает важные меры пожарной безопасности, исключая риски, связанные с возможной лёгкой возгораемостью материалов. Приняты следующие особые предосторожности: техническое подполье не предназначено для хранения веществ, способных к горению. Эвакуационные пути оснащены дверьми, которые открываются в направлении выхода для обеспечения быстрого и беспрепятственного доступа к выходу в экстренной ситуации. Лестничные клетки свободны от любых складских помещений и установок, которые могли бы стать причиной возникновения или распространения огня» [6].

«Здание ТЦ обладает высокой степенью пожарной безопасности и соответствует требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности» [5].

«В ходе строительства объекта были использованы исключительно огнестойкие материалы для ключевых конструктивных элементов, включая фундамент, стены, перекрытия, покрытия и кровлю» [9]. Облицовка, примененная для покрытия этих конструкций, состоит из материалов с высокими показателями огнестойкости или таких, которые не требуют дополнительной сертификации на негорючесть.

При разработке системы эвакуации особое внимание уделено локациям спасения и доступу. Лестничные пролеты спроектированы с достаточной шириной, обеспечивая эффективную эвакуацию посетителей и персонала.

Количество эвакуационных выходов превышает два, увеличивая безопасность при экстренных ситуациях. Наружные пожарные лестницы сооружены с соблюдением требований безопасности, включая надежные ограждения и корректный угол наклона. В планах здания не предусмотрены конструкции, потенциально остающиеся препятствиями при эвакуации, такие как винтовые лестницы или забежные ступени. Более того, все двери эвакуационных маршрутов настроены так, чтобы открываться в направлении выхода из помещения, что ускоряет процесс эвакуации и минимизирует риск застревания в людском потоке.

«Кроме того, в здании отсутствует использование технического подполья для хранения сгораемых материалов, а двери из помещений и коридоров в лестничные клетки в открытом положении не уменьшают расчетную ширину эвакуационных проходов» [2].

Принятые в здании меры по обеспечению пожарной безопасности значительно снижают вероятность возникновения и распространения пожара, а также способствуют эффективной и своевременной эвакуации людей в экстренных ситуациях. Несмотря на всех предварительных мерах, необходимость в детальной проверке и оценке остаётся неизменно важной. Для гарантии полного соответствия здания нормам пожарной безопасности рекомендуется провести тщательную инспекцию и анализ, которые выявят потенциальные уязвимые места и помогут их устранить.

1.3 Пожарно-техническая классификация зданий и строительных конструкций

Согласно действующим нормативам Российской Федерации в области обеспечения пожарной безопасности, на защищаемом объекте обязательно должно быть реализовано комплексное решение – система пожарной безопасности. Ее основная задача – обезопасить людей от всех опасностей, связанных с возможным возникновением пожаров, в том числе и от вторичных

эффектов, которые могут оказаться не менее опасными для здоровья и жизни находящихся в здании людей.

«Система пожарной безопасности – это комплекс мероприятий, направленных на защиту людей от возможных последствий пожара. Она может включать в себя различные автоматические системы, такие как системы пожаротушения и пожарной сигнализации, системы дымоудаления и вентиляции и другие средства. Данная система должна отвечать всем требованиям, установленным законодательством Российской Федерации, а также регулярно проверяться и обслуживаться высококвалифицированными специалистами для обеспечения эффективности и надежности в случае возникновения пожара» [4].

Обеспечение безопасности в зданиях, где одновременно находится свыше пятидесяти человек, требует тщательно проработанной системы реагирования на чрезвычайные ситуации. Необходимость разработки комплексного плана эвакуации и инструкций для сотрудников становится приоритетной задачей. Ключевым элементом является создание внятного руководства, включающего в себя подробные инструкции по действиям персонала в экстренных сценариях, например при возгорании.

Созданное руководство должно включать четкое определение функций и ответственности каждого члена команды, непосредственно занятого в процедуре эвакуации. Помимо этого, жизненно важно установить исчерпывающие процедуры оповещения и взаимодействия с экстренными службами, в особенности с пожарной охраной. Это потребует разработки точного сценария коммуникаций, что включает в себя незамедлительную связь с соответствующими аварийными и спасательными службами при обнаружении признаков возгорания или иной опасности.

Не менее важно регулярно, как минимум раз в полгода, проводить практические учения для сотрудников, чтобы улучшить их навыки реагирования на чрезвычайные ситуации и повысить их способность оперативно организовывать выводение людей из зоны опасности.

Помимо этого, важной составляющей процедур безопасности является ежедневная передача информации о численности находящихся в здании людей в ближайшее подразделение пожарной службы, что регламентировано Управлением государственного пожарного надзора. Этот шаг помогает своевременно координировать действия в случае необходимости экстренного реагирования и обеспечивает скорость противопожарных мер при проведении эвакуации.

«Кроме того, передача информации о количестве людей на объекте является частью системы мониторинга, позволяющей отслеживать изменения в количестве людей и своевременно принимать соответствующие меры по обеспечению их безопасности» [7].

В процессе выполнения работ на объектах, доступных для посещения публикой, основополагающая задача – это гарантирование безопасности людей. Для этого требуется учет целого спектра аспектов. Среди прочего, важнейшим элементом является эффективная система пожарной безопасности. «Она создается для того, чтобы не только исключить риск возникновения опасных ситуаций, связанных с возгоранием, но и чтобы минимизировать последствия таких инцидентов для здоровья и жизни посетителей и персонала» [4].

«Система обеспечения пожарной безопасности выступает единым целым при реализации всего комплекса организационных и технических решений, направленных на предотвращение любого воздействия огня на процессы жизнедеятельности людей. Она может включать в себя автоматические системы пожаротушения, пожарную сигнализацию, системы дымоудаления, системы вентиляции и другие элементы и устройства, способствующие обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях» [8].

Законодательство Российской Федерации предъявляет целый ряд обязательных требований для обеспечения пожарной безопасности на объектах с большой проходимостью людей. Одно из ключевых положений — это разработка четких инструкций для эвакуации и профессиональная

подготовка команды, отвечающей за проведение эвакуации. Эти действия важны при присутствии на объекте свыше 50 посетителей и регламентируются соответствующими правилами пожарной безопасности.

Частью системы защиты от возгораний является наличие плана эвакуации, который должен быть выработан с учетом всех необходимых деталей. «В план включаются сведения о местоположении аварийных выходов, маршрутах эвакуации и зонах сбора людей в экстренных случаях. Эта информация позволяет быстро и организованно приступить к эвакуации и повышает шансы на то, что все люди будут выведены из здания безопасно и вовремя в случае возникновения угрозы» [6].

«Второй элемент разработка и внедрение системы пожарной безопасности важны для обеспечения безопасности объекта. Необходимо также обеспечить правильное использование элементов системы пожарной безопасности, ее мониторинг и обслуживание. Это включает в себя регулярные проверки и обслуживание системы, а также проведение инструктажей по пожарной безопасности для персонала» [9].

«В здании с массовым пребыванием людей необходимо предусмотреть меры безопасности на случай возникновения чрезвычайных ситуаций, включая отключение электроэнергии, пожар или другие аварийные ситуации. Одним из способов обеспечения безопасности является наличие электрических фонарей, которые могут использоваться в случае отключения основного источника освещения» [13].

«Определение количества и размещения электрических фонарей на объекте осуществляется на основе его характеристик, численности людей и доступности персонала, присутствующего в помещении» [8]. В дополнение, анализируются потенциальные опасности, связанные с возможностью прекращения электроснабжения, что позволяет адекватно распределить осветительные устройства для обеспечения безопасности.

В рамках создания эффективной системы пожарной безопасности также важно включить в расчет объемные автономные самосветящиеся указатели,

помещаемые вдоль маршрутов эвакуации. Эти знаки должны поддерживаться в рабочем состоянии и всегда быть активными, обеспечивая четкую видимость даже при неблагоприятных условиях.

Неотъемлемая часть системы – это пожарные краны, встроенные во внутренние противопожарные сети водоснабжения. «Они должны быть оснащены необходимыми рукавами и насадками, что позволит их быстрое и эффективное использование при возникновении пожара. Регулярная инспекция и техническое обслуживание пожарных кранов критически важны для поддержания их готовности к моментальному включению при чрезвычайной ситуации» [2].

«Обеспечение пожарной безопасности требует комплексного подхода и учета всех факторов, которые могут повлиять на безопасность людей. Важно правильно разработать систему пожарной безопасности, правильно ее использовать, контролировать и обслуживать. Только так можно обеспечить высокий уровень безопасности и предотвратить возможные аварии» [6].

«Важным элементом системы пожарной безопасности является также тренировка персонала по правилам эвакуации людей. Персонал должен знать свои роли и обязанности в случае возникновения чрезвычайной ситуации и уметь быстро и правильно реагировать на какие-либо изменения, связанные с возможными аварийными ситуациями» [12].

На объекте установлена практика проведения ежегодного обучения сотрудников основам пожарной безопасности. Такой инструктаж способствует повышению информированности команды о мерах предосторожности и действиях в экстренных ситуациях, а также содействует усовершенствованию их навыков быстрой реакции при пожаре. К тому же, оперативное сообщение сведений о численности присутствующих в здании лиц в пожарную службу улучшает эффективность контроля над надежностью системы пожаротушения и безопасности.

Чтобы каждый сотрудник и гость здания могли эвакуироваться быстро и безопасно, критически важным аспектом является наличие четкого и

понятного эвакуационного плана. «Документ должен включать в себя актуальные данные о расположении аварийных выходов, маршрутах эвакуации и зонах, предназначенных для сбора людей в случае необходимости. Обеспечение доступности плана для ознакомления каждому находящемуся в здании – обязательная мера, и план должен быть выставлен в месте, легко заметном для всех присутствующих» [9].

«Для обеспечения максимальной безопасности на объекте проводятся регулярные проверки всех элементов системы пожарной безопасности. Это помогает выявить возможные ошибки и проблемы в работе системы и своевременно предотвратить возможные аварии. Кроме того, регулярное техническое обслуживание и проверка всех элементов системы пожарной безопасности помогает сохранить их в исправном состоянии и готовность к использованию» [13].

В основу надежной системы пожарной безопасности заложено использование специальных пожарных дверей и окон. Они выполняют критически важные функции: облегчают эвакуационный процесс и препятствуют распространению огня.

Закон требует, чтобы эти элементы соответствовали нормам пожарной безопасности и обладали всеми необходимыми сертификационными документами.

Дополнительную защиту обеспечивают регулярные тренировки, проводимые на объекте, нацеленные на отработку действий сотрудников в экстренных ситуациях. Эти учения направлены на развитие умения действовать оперативно и принимать верные решения при реальной угрозе.

Еще один важный элемент системы безопасности – это сотрудничество с пожарным надзором. Это партнерство помогает поддерживать систему пожарной безопасности на должном уровне, обмениваться актуальной информацией о новых стандартах и требованиях, а также проводить совместные инспекции и учения.

1.4 Молниезащита

Молниезащита здания торгового центра также направлена на обеспечение пожарной безопасности объекта защиты во время грозовой деятельности и природных явлений, особенно в весеннее и летнее время.

«Здания, сооружения молниезащиты II категории защищают от прямых ударов молнии, от электростатической и электромагнитной индукции и от заноса высоких потенциалов» [15].

«Защитная система от прямых молниевых ударов реализуется с помощью молниеотводов, которые могут быть установлены отдельно или прямо на зданиях. Эти неизолированные конструкции создают условия для контролируемого отвода тока молнии, формируя таким образом зону защиты определенного типа. Для самих молниеотводов, стоящих отдельно от конструкций, нет строгих требований к расположению относительно зданий» [3].

Критическое значение имеет импульсное сопротивление заземления системы молниезащиты. Оно не должно превышать 10 Ом, но в случаях, когда используется земля с песчаными или супесчаными свойствами, допускается сопротивление до 40 Ом. Объединение заземлителей от молний с заземлением электрооборудования допустимо, что выгодно для интегрирования защиты от прямых ударов молнии и электростатической индукции.

При монтаже молниеотводов на зданиях необходимо предусмотреть минимум два токоотвода от каждого элемента молниеотвода, будь то стержень или же трос. «В качестве токоотводов можно использовать и другие металлические элементы зданий, включая арматуру, входящую в состав железобетонных конструкций. Защита от электромагнитной индукции для объектов второй категории обеспечивается через установку металлических перемычек на интервалах в 25-30 метров. Это требуется для соединения между собой трубопроводов и других подобных протяженных конструкций, которые

находятся на минимальном расстоянии друг от друга, не превышающем 10 сантиметров» [13].

«От заноса высоких потенциалов в здания II категории для защиты подземных конструкций при вводе их присоединяют к любому заземлителю. Наземные металлические коммуникации на вводе в здания присоединяют к заземлителю с величиной $r_{\text{и}} \leq 10$ Ом или к заземлителю от прямых ударов молнии; на ближайшей к зданию опоре – к заземлителю с $r_{\text{и}} \leq 10$ Ом.

Ввод в здания молниезащиты II категории электрических сетей, сетей, а на ближайшей опоре с $r_{\text{и}} \leq 20$ Ом. Между каждой жилой кабеля и заземленными элементами устанавливают вентильные разрядники или устраивают искровые промежутки в 2 – 3 мм.

Средняя продолжительность гроз в данном районе составляет – 50 ч. Тип молниеотвода одиночный тросовый расположенный в точке №2, 32. Рассчитаем зону защиты одиночного тросового молниеотвода

Определяем тип зоны защиты молниеотвода, учитывая ожидаемое количество поражений молнией в год» [3] по формуле 1:

$$N = [(S + 6 \cdot h)(L + 6 \cdot h) - 7,7h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м;

S, L – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной в месте нахождения здания или сооружения.

$$N = [(30 + 6 \cdot 25)(90 + 6 \cdot 25) - 7,7 \cdot 25^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,046$$

«Определяем максимальную высоту подлежащую защите» [3] по формуле 2.:

$$h_x = h_{\text{зд}} + h_{\text{норм.}} \quad (2)$$

$$h_x = 25 + 0 = 25 \text{ м}$$

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода изображена на рисунке 1.

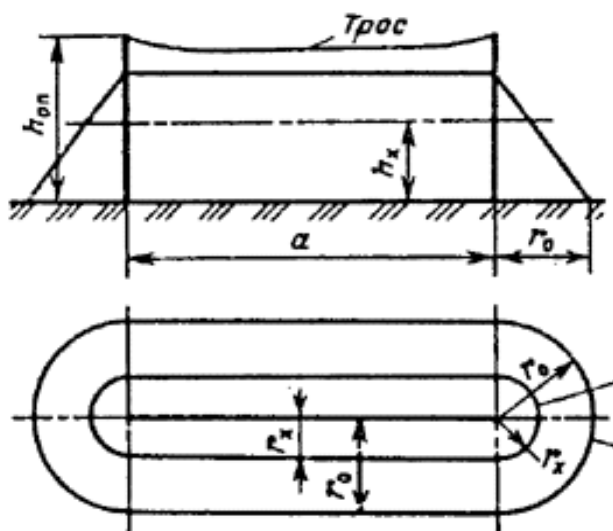


Рисунок 1 – Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м приведена на рис. 2, h – высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм² при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a высота троса (в метрах) определяется по формуле 3:

$$h = h_{оп} - 2 \text{ при } a < 120 \text{ м, так как } a = 20 \text{ м,}$$

$$h_{оп} = h + 2. \quad (3)$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле 4:

$$h = (r_x + 1,85h_x) / 1,7 \quad (4)$$

$$h = (15 + 1,85 \cdot 6) / 1,7 = 15,35 \text{ м}$$

$$h_{on} = h + 2 \quad (5)$$

$$h_{on} = 15,35 + 2 = 17,35 \text{ м}$$

Размеры r_0 и h_0 для зоны защиты Б определяются как для одиночного тросового молниеотвода по формулам 6 и 7.

$$r_0 = 1,7 \cdot h \quad (6)$$

$$r_0 = 1,7 \cdot 15,35 = 26,1 \text{ м},$$

$$h_0 = 0,92 \cdot h, \quad (7)$$

$$h_0 = 0,92 \cdot 15,35 = 14,12 \text{ м}.$$

Одиночный тросовый молниеотвод должен быть высотой 17,5 м.

1.5 Сведения о пожарной нагрузке исследуемого объекта

Как изложено в пункте два Правил проведения расчетов по оценке пожарного риска, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 22.07.2020 № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» расчеты проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если [16]:

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (8)$$

где Q_B^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска,

$$Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1} [1];$$

Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Результаты анализа соответствия объекта требованиям пожарной безопасности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа соответствия объекта требованиям пожарной безопасности

Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
Какое условие соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности или их сочетание (далее - условие соответствия) выбрано собственником объекта защиты или лицом, владеющим объектом защиты на праве хозяйственного ведения, оперативного управления либо ином законном основании, для обеспечения пожарной безопасности:	Статья 6 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее - ТРoТПБ)	+	-	-
выполнены ли в полном объеме требования пожарной безопасности, установленные ТРoТПБ и нормативными документами по пожарной безопасности?	Статья 6 ТРoТПБ	+	-	-
выполнены ли в полном объеме требования пожарной безопасности, установленные ТРoТПБ, и результаты исследований, расчетов и (или) испытаний подтверждают обеспечение пожарной безопасности объекта защиты?		+	-	-
выполнены ли в полном объеме требования пожарной безопасности, установленные ТРoТПБ, и специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности?		+	-	-
выполнены ли в полном объеме решения, предусмотренные проектной документацией, разработанной и утвержденной в установленном порядке?		+	-	-
Обеспечивается ли пожарная безопасность объекта защиты путем выполнения выбранного условия соответствия в части:				

Продолжение таблицы 1

Контрольные вопросы, отражающие содержание обязательных требований, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении обязательных требований	Реквизиты нормативных правовых актов с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы		
		да	нет	неприменимо
обеспечения наружного противопожарного водоснабжения?	Статьи 4, 6, 62, 68, 78, 80, 90, 99 ТРoТПБ, статья 20 ФЗоПБ	+	-	-
защиты зданий, сооружений, помещений и оборудования автоматической установкой пожаротушения и (или) автоматической пожарной сигнализацией?	Статьи 4, 6, 54, 61, 78, 81, 82, 83, 91, 103, 104, глава 26 ТРoТПБ	+	-	-
соответствия алгоритма работы технических систем (средств) противопожарной защиты?	Статьи 4, 6, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86 ТРoТПБ,	+	-	-
реализации организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты, предусмотренных проектной документацией и (или) специальными техническими условиями и (или) рекомендациями по результатам расчетов пожарных рисков, исследованиях, расчетах и (или) испытаниях, подтверждающих обеспечение пожарной безопасности объекта защиты в соответствии с частью 7 статьи 6 ТРoТПБ?	Статьи 4, 6, 51 78, ТРoТПБ, статья 20 ФЗоПБ	+	-	-

«Статистические данные о частоте возникновения пожара в здании принимается равной $9,72 \cdot 10^{-5}$ в расчете на одного человека.

Учитывая, что максимально возможное количество детей в здании равно 245 и обслуживающего персонала 69 (всего 314 человек), то частота возникновения пожара равна $9,72 \cdot 10^{-5} \cdot 314 = 3,1 \cdot 10^{-2}$ » [14].

Величина допустимого индивидуального риска регламентирована статьей 79 Федерального Закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Изучение особенностей конкретного объекта подтверждает: для обеспечения оптимальной защиты от пожара, необходимость регулярных инспекций и технического обслуживания всех элементов пожарной безопасности является неотложной. Эти меры предназначены для того, чтобы системы пожарной сигнализации и тушения работали без сбоев и были

максимально эффективны. Регулярная проверка, обслуживание и тестирование гарантируют, что в случае чрезвычайной ситуации системы будут функционировать должным образом, способствуя немедленному реагированию и минимизации ущерба.

Выводы по разделу.

В разделе определено, что на объекте установлена практика проведения ежегодного обучения сотрудников основам пожарной безопасности. Такой инструктаж способствует повышению информированности команды о мерах предосторожности и действиях в экстренных ситуациях, а также содействует усовершенствованию их навыков быстрой реакции при пожаре. К тому же, оперативное сообщение сведений о численности присутствующих в здании лиц в пожарную службу улучшает эффективность контроля над надежностью системы пожаротушения и безопасности.

Определено, что лестничные пролеты спроектированы с достаточной шириной, обеспечивая эффективную эвакуацию посетителей и персонала. Количество эвакуационных выходов превышает два, увеличивая безопасность при экстренных ситуациях. Наружные пожарные лестницы сооружены с соблюдением требований безопасности, включая надежные ограждения и корректный угол наклона.

В ходе анализа системы обеспечения пожарной безопасности торгового центра пришли к выводу, что регулярная проверка, обслуживание и тестирование системы гарантируют, что в случае пожароопасной ситуации системы будут функционировать должным образом, способствуя немедленному реагированию и минимизации ущерба от загораний и пожаров.

В разделе рассчитаны основные параметра устройства молниезащиты здания торгового центра, которая также направлена на обеспечение пожарной безопасности объекта защиты во время грозовой деятельности и природных явлений, особенно в весеннее и летнее время.

2 Анализ состояния обеспечения пожарной безопасности объекта защиты

2.1 Система противопожарной защиты

Для торгового центра разработана интегрированная система противопожарной защиты, включающая в себя комплекс мер и оборудования, нацеленного на защиту здоровья и безопасности посетителей, сотрудников и сохранность материальных ценностей. Эта система задумана для оперативного реагирования и минимизации вреда при возможных пожарах и других аварийных ситуациях.

«Система включает в себя огнепожарную сигнализацию с датчиками дыма, тепла и газа, способными обнаружить начальные признаки пожара. При обнаружении угрозы автоматически срабатывает сигнализация для оповещения посетителей и персонала торгового центра» [12].

Система включает в себя разработанный и обученный персонал по проведению эвакуации в случае пожара. Также разрабатывается и внедряется план технической эвакуации, определяющий маршруты выхода, сборные пункты и меры по безопасному выводу посетителей из здания [15].

В торговом центре устанавливаются системы автоматического пожаротушения, такие как системы дренажа, пожарные краны, пенные установки и системы спринклеров. Предусматриваются также средства самообороны для персонала и посетителей, такие как пожарные тушители и инструктаж по действиям в случае пожара.

Система противопожарной защиты включает в себя единый оперативный центр, оборудованный средствами связи и мониторинга, для централизованного управления и контроля за всеми пожарными системами и мероприятиями безопасности.

Весь персонал торгового центра проходит обучение и инструктаж по правилам пожарной безопасности, процедурам эвакуации и использованию

пожаротушающих средств. Проводятся регулярные тренировки и учения по сценариям возможных чрезвычайных ситуаций.

Система подлежит постоянному техническому обслуживанию и проверкам, включая регулярные испытания оборудования и проверку работоспособности систем детекции и сигнализации.

Система противопожарной защиты для торгового центра разработана с целью обеспечения максимальной безопасности посетителей и персонала в случае возникновения пожара или других чрезвычайных ситуаций, а также для минимизации материальных убытков и сохранения объекта недвижимости.

2.2 Противопожарное водоснабжение

Система водоснабжения торгового центра организована через локальные инфраструктурные водопроводные сети, подключенные к общегородскому водопроводу в качестве первичного источника. Для операций пожаротушения внутри здания предусмотрен водный расход 2,5 литра в секунду, а также оборудование пожарных шкафов для хранения двух огнетушителей и пожарного шланга. Кроме этого, дополнительно наружное пожаротушение имеет расходование воды в объеме 15 литров в секунду, которое обеспечивается городскими пожарными гидрантами.

Схема разводки водопровода внутри здания спроектирована с использованием полиэтиленовых напорных труб ПЭ 32 SDR13.6 соответствующих стандарту ГОСТ 18599-2001, с обязательным указанием в технической маркировке «Питьевая» вода. Главные магистрали горячего водоснабжения необходимо утеплить, используя для этого теплоизоляционные цилиндры UPSA RS1/ALU с защитным слоем из алюминиевой фольги.

Открыто проложенные сети хозяйственно-бытовой канализации разработаны из полиэтиленовых элементов, включая канализационные трубы и фасонные части для соединений. Отводы для ливневой канализации тоже

выполнены из полиэтиленовых труб ГОСТ 18599-2001 и ведут в уже имеющиеся канализационные колодцы. Эти отводы защищены железобетонными обоймами для повышения прочности.

Внутренняя система водостоков также спроектирована из полиэтиленовых канализационных труб и комплектующих. Монтаж стояков осуществляется в негорючие короба, при этом фасадные панели — изготовлены из трудносгораемого материала и имеют конструкцию, позволяющую доступ через открывающуюся дверь.

Инфраструктура вывода хозяйственно-бытовой канализации выполнена аналогичным образом с использованием полиэтиленовых труб ГОСТ 18599-2001, расположенных в железобетонных обоймах. Установка трубопроводов холодной воды к сантехническим устройствам осуществляется на высоте 250 мм от уровня пола, в то время как трубы горячего водоснабжения располагаются на высоте 350 мм.

2.3 Вентиляция и дымоудаление

Вентиляция при загораниях в помещениях торгового центра имеет решающее значение для дальнейшего развития пожара, в том числе скрытого распространения как зоны пожара так и опасных факторов пожара – дыма и газов.

«При неправильной установке и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха могут возникнуть и распространиться пожары. По воздуховодам могут перемещаться горючие вещества и смеси горючих газов, паров и пыли, которые при наличии теплового источника могут воспламеняться или даже вызывать взрывы, тем самым способствуя распространению огня через систему вентиляции и кондиционирования воздуха по всему зданию. Особую опасность представляет органическая пыль, которая в сочетании с воздухом может привести к пожарам и взрывам. Нижний концентрационный предел взрываемости органической пыли в

воздухе составляет от 15 г/м³. При избыточной запыленности, значительно превышающей санитарные нормы, может произойти возгорание отложившейся пыли. Концентрация пыли и других веществ в воздуховодах местных вытяжных систем не должна превышать 50%. Возможными источниками воспламенения в данном контексте могут являться искры от электродвигателя, чрезмерный нагрев от трения вала вентилятора, искры, вызванные ударами лопаток вентилятора о его оболочку, статическое электричество, а также самовозгорание пыли и другие потенциальные источники возгорания. Риск пожара представляют воздуховоды, центральный кондиционер (воздухоохладители, фильтры, воздухонагреватели) и другие устройства, в которых может накапливаться значительное количество пыли и горючих материалов» [3].

В исследуемой проектной документации строительства торгового центра вентиляции и дымоудалению уделен специальный раздел, где рассчитаны технические средства для организации данных систем в объеме здания. В проекте запроектирована приточно-вытяжная система вентиляции с механическим побуждением и система дымоудаления и подпора воздуха.

2.4 Организационно-технические мероприятия по предупреждению возникновения пожара

Организационно-технические мероприятия по предупреждению возникновения пожара в торговом центре [10]:

- а) «разработка и соблюдение пожарной безопасности:
 - 1) установка и регулярная проверка пожарных сигнализаций, дымо- и тепловых извещателей,
 - 2) обучение сотрудников торгового центра правилам пожарной безопасности и организация пожарных эвакуационных учений;
- б) установка систем противопожарной защиты» [10];

- 1) автоматических установок систем тушения пожара (АУТП), таких как спринклерные системы,
 - 2) прокладка огнестойких перегородок и использование огнезащитных материалов при строительстве и ремонте;
- в) планирование эвакуации:
- 1) разработка планов эвакуации с наглядной разметкой путей эвакуации и местами сбора,
 - 2) обеспечение доступности выходов и эвакуационных маршрутов для посетителей и персонала;
- г) контроль электрических систем и «оборудования»:
- 1) регулярная проверка электрооборудования на соответствие стандартам безопасности,
 - 2) использование средств автоматического отключения электропитания при обнаружении пожара;
- д) обучение персонала:
- 1) проведение тренингов и семинаров для сотрудников по правилам поведения в случае пожара и использованию средств пожаротушения» [10],
 - 2) обучение персонала работе с пожарными системами и оборудованием;
- е) проведение регулярных проверок и инспекций:
- 1) регулярные проверки пожарной безопасности со стороны профессиональных инспекторов и внутренних служб безопасности,
 - 2) активное участие в программе технического обслуживания и ремонта оборудования;
- ж) проведение профилактических мероприятий:
- 1) проведение регулярных инструктажей и проверок оборудования на предмет выявления возможных причин пожара,
 - 2) соблюдение строгих правил по хранению и использованию легковоспламеняющихся и опасных материалов.

Эффективная комбинация организационных и технических мероприятий по предотвращению пожаров позволит обеспечить безопасность в торговом центре и защитить жизни и имущество посетителей и персонала.

2.5 Взаимодействие с противопожарными подразделениями МЧС России

Взаимодействие с противопожарными подразделениями МЧС России в торговом центре включает в себя приставленные ниже элементы общей системы.

Планирование и координация. Торговый центр должен иметь планы эвакуации и пожаротушения, которые разработаны с учетом рекомендаций и требований МЧС России. Проведение регулярных учений и тренировок с противопожарными подразделениями для проверки эффективности планов эвакуации и действий персонала.

Оборудование и системы пожаротушения. Торговый центр должен быть оснащен современными системами пожаротушения и сигнализации, соответствующими нормам и стандартам МЧС России. Регулярная проверка и техническое обслуживание систем пожаротушения совместно с представителями МЧС России [11].

Обучение персонала. Проведение обучающих курсов и семинаров для персонала торгового центра по действиям в случае пожара с участием инструкторов МЧС России. Обучение персонала торгового центра правильному использованию средств пожаротушения и эвакуации.

Система мониторинга и связи. Установка систем мониторинга и датчиков дыма, которые могут автоматически сигнализировать о пожаре в МЧС России. Обеспечение эффективной системы связи с противопожарными подразделениями для оперативной передачи информации о возгорании и координации действий.

Координация при возникновении пожара. Быстрое оповещение противопожарных подразделений МЧС России в случае возникновения пожара. Сотрудничество с противопожарными подразделениями при организации эвакуации посетителей и персонала торгового центра.

Постпожарное взаимодействие. Совместное расследование причин пожара и анализ действий персонала торгового центра и противопожарных подразделений для предотвращения подобных инцидентов в будущем.

Проведение обучающих мероприятий и семинаров с участием представителей МЧС России для повышения уровня пожарной безопасности.

Это общий набор мер и действий, направленных на обеспечение эффективного взаимодействия с противопожарными подразделениями МЧС России для обеспечения пожарной безопасности в торговых центрах [2].

2.6 Наиболее вероятный сценарий развития пожара

Рассмотрим наиболее вероятный сценарий развития пожара в здании торгового центра.

«В процессе оценки опасных факторов пожара в помещении, применяются различные методы, такие как интегральные, зонные и полевые модели. Интегральные модели предсказывают средние значения параметров состояния в помещении для любого момента развития пожара. Их используют для общей оценки опасности пожара и условий работы людей в помещении. Зонные модели на основе характеристических пространственных зон, возникающих в помещении при пожаре, предсказывают размеры зон и средние значения параметров состояния в них на любой момент развития пожара. Такие зоны, например, могут быть припотолочной областью, областью восходящего потока нагретых газов и зоной незадымленного прохладного воздуха. Зонные модели позволяют точнее определить зоны опасности и принять необходимые меры для защиты людей и имущества. Полевые (дифференциальные) модели пожара прогнозируют распределение

температур, скоростей газовой среды, концентрации компонентов среды, давлений и плотностей в любой точке помещения. Их применяют для более точного прогнозирования опасных факторов пожара и определения наиболее опасных участков помещения. Они также используются для моделирования различных сценариев развития пожара и оценки эффективности мер по борьбе с ним» [19].

Для проведения расчетов, необходимо проанализировать следующие данные:

- «объемно-планировочных решений объекта;
- теплофизических характеристик ограждающих конструкций и размещенного на объекте оборудования;
- вида, количества и расположения горючих материалов;
- количества и вероятного расположения людей в здании;
- материальной и социальной значимости объекта;
- систем обнаружения и тушения пожара, противодымной защиты и огнезащиты, системы обеспечения безопасности людей» [19].

При этом учитывается:

- вероятность возникновения пожара;
- возможная динамика развития пожара;
- наличие и характеристики систем противопожарной защиты (СППЗ);
- вероятность и возможные последствия воздействия пожара на людей, конструкцию здания и «материальные ценности;
- соответствие объекта и его СППЗ требованиям противопожарных норм» [19].

«Далее необходимо обосновать сценарий развития пожара. Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- выбор места расположения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;

- задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, задание состояния проемов)» [19];
- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

«Интегральная модель является ключевым инструментом в оценке риска пожаров в зданиях и сооружениях, где возникновение огня часто приводит к серьезным угрозам для людей и имущества. Эти модели представлены математическим аппаратом, который отображает динамику параметров окружающей среды внутри помещения в процессе развития пожара на основе сохранения фундаментальных физических величин: массы, энергии и импульса» [12].

Прогностическая способность интегральных моделей зависит от аккуратности и полноты начальных данных о помещении, включая его размеры, материалы конструкций и предназначение, а также параметры самого пожара, такие как его интенсивность и скорость распространения. С помощью переносных уравнений модели определяют такие критические факторы, как температура, концентрация продуктов сгорания, скорость потока воздуха и давление.

Основное преимущество интегральных моделей заключается в их способности быстро оценивать средние значения параметров, которые определяют пожарную опасность во времени. Это делает их идеальными для первоначальных оценок опасности и эффективности противопожарных мероприятий, таких как «аварийные системы пожаротушения или вентиляционные системы, и может влиять на принятие решений в процессах проектирования новых зданий или реконструкции существующих» [19].

«Однако, важно отметить, что интегральные модели имеют свои ограничения в точности из-за отсутствия внимания к пространственному распределению параметров среды, что может быть критично для крупных

помещений или помещений с комплексной структурой» [19]. В таких случаях, более подробные полевые модели могут предоставить более точные прогнозы, уведомляющие о возможных зонах и величине риска.

Несмотря на свои ограничения, интегральные модели остаются инструментом выбора для многих сценариев из-за своей вычислительной эффективности и способности хорошо предсказывать общую динамику пожарной опасности, что делает их главным элементом в арсенале стратегий противопожарной безопасности [5].

«Зональная модель пожара. Зональные модели пожара - один из вариативных алгоритмов, используемых для оценки пожарной опасности в помещениях. Они представляют собой математические модели, описывающие пространственно-временное распределение параметров состояния окружающей среды в помещении при развитии пожара. В частности, статья посвящена зонным моделям пожара, основным принципам их работы, преимуществам и недостаткам, а также областям применения. Зональные модели пожара – это математические модели, описывающие изменение параметров состояния окружающей среды в помещении в характерных зонах, возникающих во время пожара. Эти зоны могут быть связаны с направлением движения газа и воздуха, температурными градиентами и другими характеристиками процесса горения» [20].

«Зональные модели представляют собой инструменты для оценки и анализа изменений в важнейших параметрах среды помещения во время пожара, включая такие показатели, как уровень токсичных газов, температуру, воздушные потоки и их давление. Они основываются на дифференциальных уравнениях, которые отражают процессы массопереноса, динамику потоков и энергетический баланс в условиях возгорания» [12].

Для корректного применения зональных моделей необходимо владеть информацией о фундаментальных аспектах помещения, таких как его объем, строительные материалы стен и полов, а также типовое назначение здания. В дополнение к этому, важны и данные о самом пожаре: это включает размеры

источника огня, динамику его роста и продолжительность горения.

Зональная модель помогает визуализировать и предсказывать поведение отдельных зон в помещении при пожаре, что может быть крайне полезным при разработке мер противопожарной защиты и планировании эвакуации. Такие модели учитывают распределение тепла и дыма по вертикали, что делает их более реалистичными по сравнению с простыми интегральными моделями, не разделяющими помещение на зоны.

Расчеты, проведенные с использованием зональных моделей, обеспечивают более точные прогнозы о состоянии среды при пожаре и позволяют оптимизировать системы безопасности, такие как дымоудаление и автоматическое пожаротушение, учитывая конкретные условия в пределах разных зон здания. Эти модели необходимы для комплексной оценки потенциальной угрозы и разработки эффективных средств противопожарной защиты. Схема для зонной модели пожара изображена на рисунке 2.

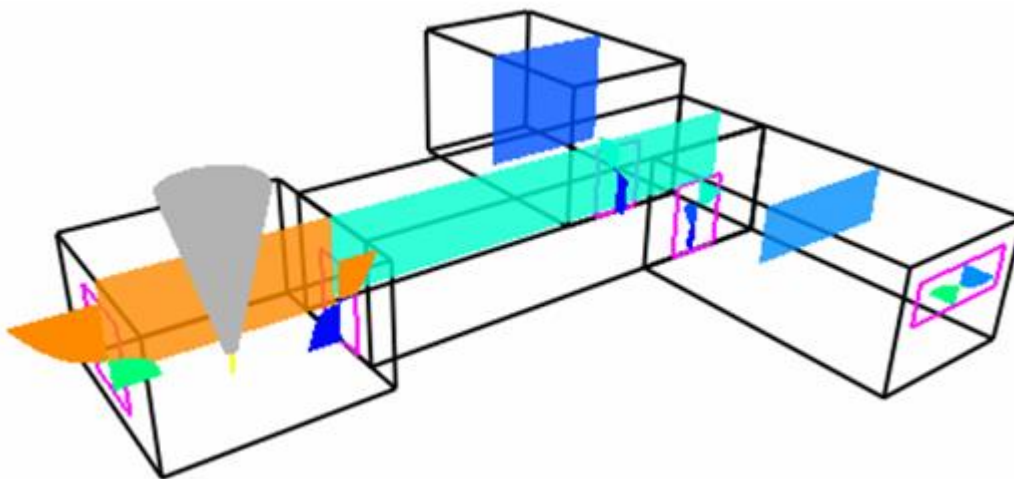


Рисунок 2 – Схема для зонной модели пожара

«Преимущества моделей пожаров: способность учитывать пространственное распределение параметров окружающей среды в помещении; более точные, которые не учитывают пространственное распределение параметров.

Недостатки зональных моделей: менее точные, чем модели пожара на основе поля; не применимы для сложных конфигураций помещений или больших зданий; не учитывают динамические процессы, связанные с воздушным потоком и продуктами горения в помещении.

Таким образом, модели зон пожаров являются одним из методов алгоритмов определения степени возможного вреда здоровью граждан и имуществу. Они позволяют прогнозировать характеристики пространственных зон, возникающих при пожаре, и средние значения параметров окружающей среды в этих зонах на каждой стадии развития пожара» [5].

Полевые (дифференциальные) методы моделирования пожаров входят в число самых продвинутых и точных подходов к анализу процессов горения в замкнутых пространствах. В этой статье мы подробно рассмотрим ключевые аспекты данного метода, изучим его сильные стороны и возможные ограничения, а также обозначим сферы применения.

«Полевой метод основан на комплексном численном решении дифференциальных уравнений, что позволяет моделировать пространственные и временные изменения параметров воздушной среды помещения в процессе горения. Значимыми измеряемыми величинами являются температура, концентрация продуктов сгорания, а также скорость и давление воздуха» [19].

«В ядре полевого метода лежат широко известные уравнения» [19] – Навье-Стокса для динамики воздуха, уравнения теплопроводности – сочетание которых описывает происходящие в помещении тепло- и массообменные процессы при пожаре.

Важнейшим преимуществом данного метода является возможность детализированного представления пространственного распределения температурных показателей, дымовой обстановки и других пожарных явлений, что весьма важно для предсказания и локализации опасных зон, для

анализа распространения тепла и продуктов сгорания, а также для оценки эффектов дымоудаления.

Для реализации численных расчетов применяются методы, такие как конечно-элементный и конечно-объемный, позволяющие учитывать сложные геометрии помещений и сценарии развития огня. Начальные условия необходимы для точной настройки модели и включают в себя размеры помещения, особенности строительных материалов, назначение помещений и множество других важных параметров. А граничные условия отражают взаимодействие помещения с внешней средой и включают в себя, к примеру, условия охлаждения и возможности вентиляции.

«Преимущества полевого метода расчета пожара: высокая точность; способность учитывать сложную геометрию помещения, различные материалы стен и пола» [21].

На рисунке 3 представлено моделирование развития пожара и распространения факторов пожара на основе полевой модели.

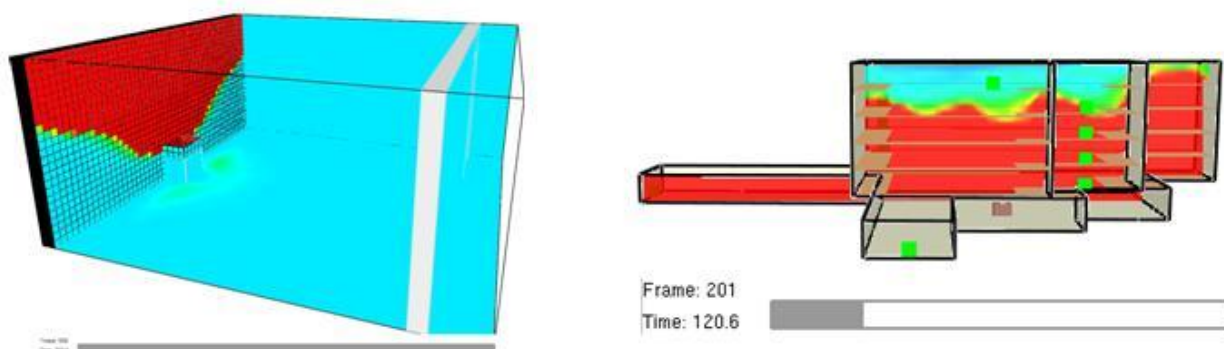


Рисунок 3 – моделирование развития пожара и распространения факторов пожара на основе полевой модели

Достоинством полевого метода является высокая точность и тонкая настройка модели под специфику конкретного сценария. Однако стоит отметить, что высокая степень детализации и сложность расчетов могут требовать значительных вычислительных ресурсов и времени, что делает

метод менее доступным для оперативного применения. Сложность моделей также влечет за собой необходимость в глубоких специальных знаниях для правильной постановки задачи и интерпретации результатов.

Недостатки:

- большие вычислительные ресурсы и специальное программное обеспечение;
- нужны знания и опыт в моделировании процессов горения и теплопередачи.

«Метод полевого пожара также можно использовать для оценки эффективности различных мер противопожарной защиты, таких как автоматические системы пожаротушения, системы вентиляции и другие средства защиты. Он позволяет оценить влияние этих мер на параметры внутренней среды и определить наиболее эффективные меры по минимизации пожарной опасности» [3].

Выбор наиболее подходящей модели для расчета времени, необходимого на эвакуацию при пожаре, зависит от уникальных характеристик каждого конкретного случая. «Для обстановок с ограниченным количеством людей и простого архитектурного плана помещения, достаточно может быть применение базовой модели, которая рассчитывает среднее время, необходимое для эвакуации. Такие модели обычно учитывают прямые пути выхода и стандартные скорости перемещения людей» [18].

В более сложных зданиях с большим количеством людей, препятствиями, специфическими планами этажей и различными возможными сценариями эвакуации, потребуется использование расширенных моделей. Эти инструменты включают в себя различные переменные и могут моделировать поведение толпы, наличие препятствий, вариативность путей эвакуации и взаимодействие людей в условиях стресса.

В контексте зональных моделей, как указано, они являются удобным выбором в нашем случае. Зональная модель подразумевает разделение здания на зоны, в каждой из которых анализируются потоки людей и их

взаимодействие с окружающей средой и пожарными факторами. Это позволяет с учетом множества переменных более тщательно просчитать время эвакуации, предоставляя лучшие оценки для зон с высокой плотностью людей и сложной геометрией, где риск блокировки на пути эвакуации может быть выше (рисунок 4). Включение в расчеты дополнительных факторов, таких как сложность маршрутов, действия и реакции людей, а также уровень видимости из-за дыма, позволяет создать более точное и надежное планирование эвакуации в условиях пожара.

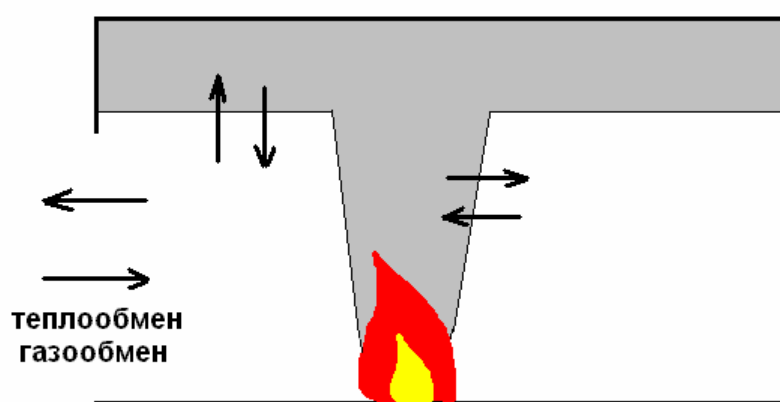


Рисунок 4 – Зонная модель

«В контексте зонного моделирования пожарных процессов в помещениях принимается несколько ключевых предположений для упрощения расчетов:

- гомогенность зон. Для упрощения модели помещение делится на зоны с условием, что в пределах каждой из них (дымовой слой, незадымленный слой и конвективная колонка) все термодинамические показатели, такие как температура и плотность дыма, являются равномерно распределенными;
- допущение о регулировании пожара нагрузкой» [18]. Здесь предполагается, что влияние кислорода на горение недостаточно выражено, чтобы учитывать его изменение в модели, что может быть аргументированной догадкой в сценариях, когда пожар развивается

в замкнутом пространстве с непрерывным сгоранием ограниченного объема материала. Иными словами, считается, что концентрация кислорода не является ограничивающим фактором для процесса горения;

- исходная локализация и распространение пожара. Пожар предполагается возникающим строго в центре подаваемой нагрузки и распространяющимся радиально с одинаковой скоростью во все стороны. Это предположение может быть применимо для сценариев с уединенными источниками возгорания, где начальный очаг пожара является хорошо определенным.

Зонная модель обеспечивает полезные средства для оценки поведения дыма и тепла в помещениях, а также способствует предсказанию реакции строительных конструкций на пожар.

Тем не менее, следует признать, что из-за упрощения она не отражает всю полноту физических процессов пожара и может не достичь той степени точности, что и более тонко настроенные полевые модели расчета пожара, которые учитывают более широкий спектр переменных и могут дать более детальное представление о развитии пожара.

Расчет времени блокирования. Расчет произведен в таблице 2 [2]. Сценарий 1. Расчет проводился при условии блокирования основных лестничных клеток 1 типа.

Таблица 2 – Этаж 01. Помещение 10. Поверхность горения 01

Параметр	Единицы измерения	Значение
Площадь возгорания	м ²	1
Типовая горючая нагрузка	-	Мебель
η - Коэффициент полноты горения	-	0,97
Q - Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8

Продолжение таблицы 2

Параметр	Единицы измерения	Значение
ψ_F - Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,0145
v - Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0108
L_{O_2} - Удельный расход кислорода	кг/кг	1,03
Dm - Дымообразующая способность материала	Нп·м ² /кг	270
Макс. выход CO ₂	кг/кг	0.203
Макс. выход CO	кг/кг	0.0022
Макс. выход HCl	кг/кг	0.014
Критерий возгорания		Время
Время моделирования	с.	600
Начальная температура	°C	20

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Таблица результатов

Имя	В	Т	V	O ₂	CO ₂	CO	HCl	АТ
рт_02	99	Не опасно	99	397	Не опасно	Не опасно	123	Не опасно
рт_01	141	Не опасно	141	Не опасно	Не опасно	Не опасно	172	Не опасно
рт_04	74	Не опасно	74	126	Не опасно	Не опасно	81	Не опасно
рт_03	37	Не опасно	37	62	Не опасно	Не опасно	53	Не опасно

Графики процессов для точек здания изображены на рисунках 5-8.

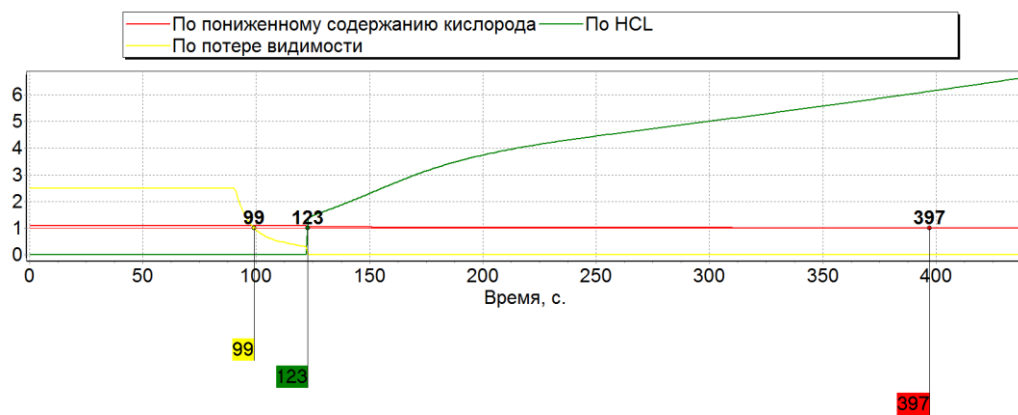


Рисунок 5 – График процесса для точки РТ 02



Рисунок 6 – График процесса для точки РТ 01

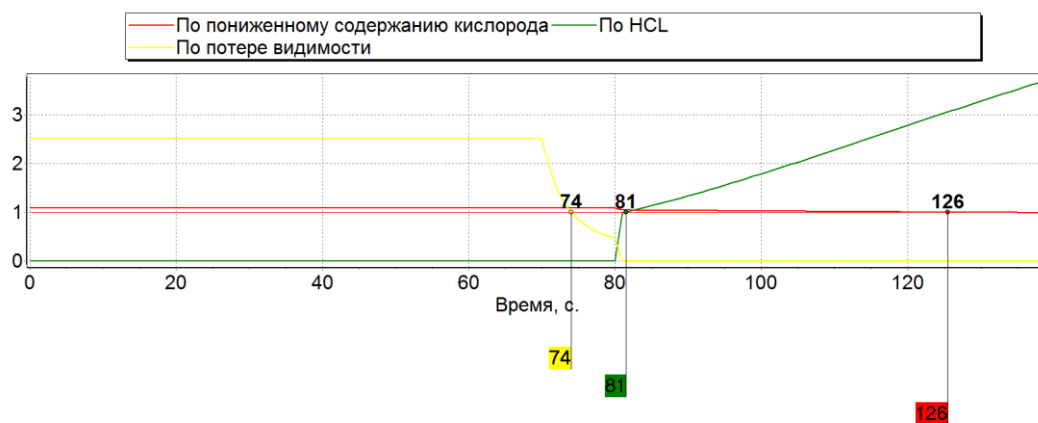


Рисунок 7 – График процесса для точки РТ 04

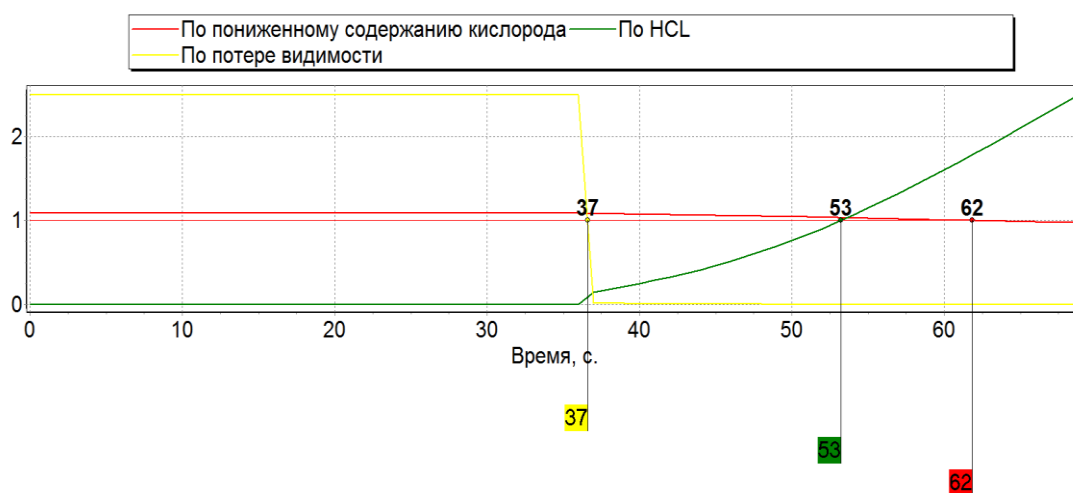


Рисунок 8 – График процесса для точки РТ 03

Анализ графиков позволяет сделать вывод: время блокирования – 0,61 мин.

Вывод по сценарию №1. Место возникновения пожара – медпункт.

Сценарий №2. Расчет проводился при условии блокирования лестничных клеток 3 типа (таблица 4).

Таблица 4 – Этаж 01. Помещение 02. Поверхность горения 01

Параметр	Единицы измерения	Значение
Площадь возгорания	м ²	1
Типовая горючая нагрузка	-	Мебель
η - Коэффициент полноты горения	-	0,97
Q - Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
$\Pi \psi_F$ - Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,0145
v - Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0108
L_{O_2} - Удельный расход кислорода	кг/кг	1,03
Dm - Дымообразующая способность о материала	Нп·м ² /кг	270
Макс. выход CO ₂	кг/кг	0.203
Макс. выход CO	кг/кг	0.0022
Макс. выход HCl	кг/кг	0.014
Критерий возгорания	-	Время
Время моделирования	с.	600
Начальная температура	°C	20

Результаты расчетов представлены в таблице 5

Таблица 5 – Таблица результатов

Точка	В	Т	V	O ₂	CO ₂	CO	HCl	AT
рт_05	201	Не опасно	201	Не опасно	Не опасно	Не опасно	320	Не опасно
рт_06	137	Не опасно	137	329	Не опасно	Не опасно	169	Не опасно

График процесса для точки РТ 05 представлен на рисунке 9.

График процесса для точки РТ 06 представлен на рисунке 10.

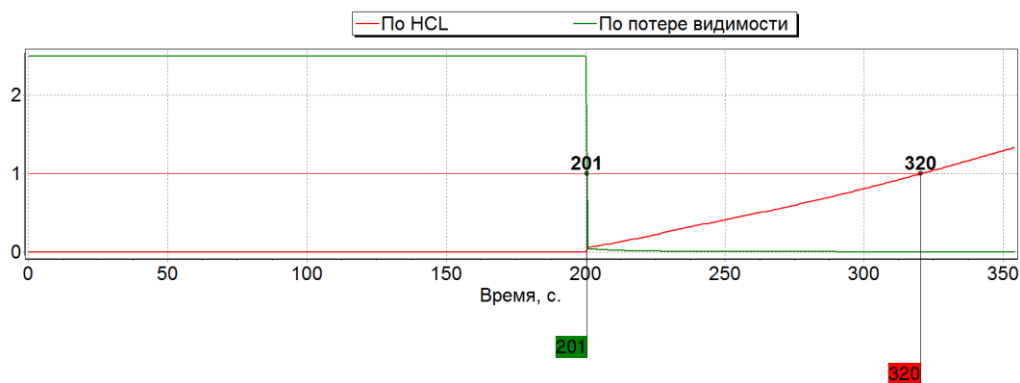


Рисунок 9 – График процесса для точки РТ 05

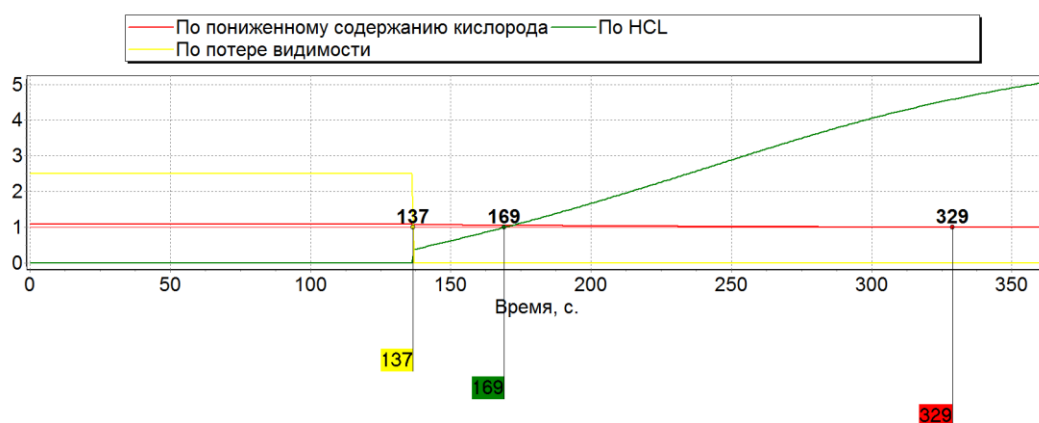


Рисунок 10 – График процесса для точки РТ 06

Время блокирования – 2,28 мин.

Сценарий №2. Место возникновения пожара – торговое помещение на первом этаже.

В соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной Приказом МЧС РФ от 14 ноября 2022 г. № 1140, расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_v в каждом здании рассчитывается по формуле 9:

$$Q_v = Q_n \cdot (1 - R_{an}) \cdot P_{np} \cdot (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - P_{nz}), \quad (9)$$

где Q_n – частота возникновения пожара в здании в течение года;

$R_{ап}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ);

Значение параметра $R_{ап}$ определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. АУПТ в здании не предусмотрены;

$R_{пр}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $R_{пр} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ – время нахождения людей в здании в часах. Принято $R_{пр} = t_{функц}/24 = 12/24 = 0,5$ (12 часовой учебный (воспитательный) день) [2];

$P_э$ – вероятность эвакуации людей;

Вероятность эвакуации $P_э$ рассчитывают по формуле 10:

$$P_э = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (10)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин.

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин. В здании функционирует система оповещения III типа, принято $t_{нэ} = 4$ мин [2, прил. №5];

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

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5);

$P_{пз}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной

защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, рассчитывается по формуле 11:

$R_{COУЭ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

$R_{ПДЗ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

$$P_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} R_{COУЭ}) (1 - R_{обн} R_{ПДЗ}), \quad (11)$$

где $R_{обн}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

В здании отсутствуют системы противодымной защиты.

Результаты расчета для сценария 1:

- $t_{бл}=0,61$ мин (прил. 1);
- $t_p=1,58$ мин (прил. 3) наихудший вариант движения;
- $t_{нэ}=4$ мин [2, прил. №5];
- $t_{ск}=0,37$ мин (прил. 3);
- $P_э = 0$;
- т.к. $1,58 > 0,8 \cdot 0,61 \rightarrow 1,58 > 0,448$.

Итог расчета представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Итог расчета

$Q_{п}$	0,031	частота возникновения пожара в течение года
$R_{ап}$	0	вероятность эффективного срабатывания АУПТ
$t_{функ}$	12	время нахождения людей в здании в часах
$R_{пр}$	0,5	вероятность присутствия людей в здании

Продолжение таблицы 6

Рэ	0	вероятность эвакуации людей
Робн	0,98	вероятность эффективного срабатывания АПС
Рсоуэ	0,98	условная вероятность эффективного срабатывания СОУЭ
Рпдз	0	условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты
Рп.з	0,9604	вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты
Qв	$6,1 \cdot 10^{-4}$	расчетная величина индивидуального пожарного риска

$$6,1 \cdot 10^{-4} > 10^{-6}$$

Вывод: Индивидуальный пожарный риск превышает допустимое значение [1].

«Значение каждого из параметров может быть использовано для определения риска возникновения пожара и разработки мер по улучшению пожарной безопасности здания. Индивидуальный пожарный риск превышает допустимое значение. На объекте необходимо установить противопожарные двери и двери, обеспечивающие газодымонепроницаемость с устройствами для самозакрывания» [1].

$P_3 = 0,999$ – отсутствует воздействие опасных факторов пожара на людей (таблица 7).

Таблица 7 –Параметры для расчёта риска

Параметр	Значение
Рпр	0,50
Рсоуэ	0,98
Qв	$0,61 \times 10^{-7}$
Рп.з	0,9604
Рпдз	0,0
tфунк	12,0
Qп	0,031
Робн	0,98
Рап	0,0
Рэ	0,999

$$0,61 \cdot 10^{-7} < 10^{-6}$$

Индивидуальный пожарный риск соответствует допустимому значению [1].

Вывод по разделу.

В разделе определено, что потенциальный риск при возможных сценариях пожара превосходит допустимые пределы. Это указывает на необходимость введения дополнительных мер предосторожности для повышения уровня безопасности объекта.

Дополнительно подчеркивается, что для проведения анализа могут быть использованы разнообразные модели, отбор которых зависит от специфики ситуации, условий и четко определенных потребностей объекта. Зонная модель, применяемая в данном исследовании, предоставляет ценные данные о распространении дыма и тепла, также помогает предсказать поведение структурных элементов здания при пожаре. Однако следует осознавать, что такая модель пренебрегает определенными физическими аспектами горения, что потенциально может снижать точность прогнозов по сравнению с более детализированными полевыми методами расчета, учитывающими больший спектр переменных и более глубоко анализирующими процессы пожара. Это подчеркивает важность выбора модели расчета с учетом ее точности и способности отражать конкретные характеристики и потребности объекта по пожарной безопасности.

3 Меры повышения пожарной безопасности на объекте защиты

3.1 Меры технического характера для повышения пожарной безопасности на объекте защиты

Результаты экспертизы уровней обеспечения мероприятий пожароопасности электрооборудования торгового центра, установленного в различных классах зон и взрывоопасной среды представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Анализ пожарной безопасности

Категория зоны и класс взрывоопасной среды	Вид, уровень и тип защиты для электрооборудования	Соответствие условиям (по проекту)	Соответствие нормативам
Группа А-2	Тип X7D	Соответствует	Соответствует
Класс II В	Уровень Y9	Подтверждается	Удовлетворяет
Зона 2	Тип Z2B	Соответствует	Соответствует
Группа С-1	Уровень М6	Подтверждается	Удовлетворяет
Класс IIА	Тип R3C	Не соответствует	Не удовлетворяет
Группа А-1	Тип Q4R	Не подтверждается	Не удовлетворяет
Класс III В	Уровень Р8	Подтверждается	Удовлетворяет
Зона 1	Тип N2H	Соответствует	Соответствует
Группа В-2	Уровень L5	Подтверждается	Удовлетворяет
Класс IIВ	Тип S9J	Не соответствует	Не удовлетворяет
Группа А-1	Тип Q4R	Не подтверждается	Не удовлетворяет
Класс III В	Уровень Р8	Подтверждается	Удовлетворяет
Зона 1	Тип N2H	Соответствует	Соответствует

Расчет параметров установки пожаротушения высокочастотной пеной склада алкогольной продукции продовольственного магазина, размещённого в зоне разгрузки торгового центра.

Определяем расчетный объем V , м³, защищаемого помещения склада алкоголя, объем помещения определяется произведением площади пола на высоту заполнения помещения пеной, в нашем случае принимаем полную высоту помещения (формула 12).

$$V_{\text{ПОМ}} = S_{\text{П}} \cdot h_{\text{ПОМ}} = 300 \cdot 4 = 1200 \text{ м}^3 \quad (12)$$

«Мы выбираем генератор высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» в соответствии с ТУ 4854-007-54883547-07. Производительность генератора по раствору пенообразователя при рабочем давлении 0,6 МПа составляет $q_p \geq 200$ $\text{дм}^3/\text{мин}$ (200 л/мин или 3,3 л/с), а производительность по пене $q_p = 1320 \text{ дм}^3/\text{с}$, кратность пены не менее 400 при концентрации ПО 6%» [15].

Определяется расчетное количество n генераторов высокократной пены по формуле 13.

$$n = \frac{(a \cdot V \cdot 10^3)}{q_p \cdot \tau \cdot K} \quad (13)$$

где a – коэффициент разрушения пены;

τ – максимальное время заполнения пеной объема защищаемого помещения, мин;

K – кратность пены.

Значение коэффициента a рассчитывается по формуле 14:

$$a = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (14)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий усадку пены, принимается равным 1,2 при высоте помещения до 4 м;

K_2 – учитывает утечки пены, при отсутствии открытых проемов принимается равным 1,2;

K_3 – учитывает влияние дымовых газов на разрушение пены, для учета влияния продуктов горения углеводородных жидкостей значение коэффициента принимается равным 1,5.

Максимальное время заполнения пеной объема защищаемого

помещения принимается не более 10 мин.

$$a = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,16$$

$$n = \frac{(2,16 \cdot 1200 \cdot 10^3)}{200 \cdot 10 \cdot 400} = 3,24 \text{ шт.}$$

Принимаем 4 генератора высокократной пены ГВП-200 «Прогресс» ФУ. Определяем производительность системы по раствору пенообразователя по формуле 15.

$$Q = \frac{(n \cdot q_p)}{60 \cdot 10^3} \quad (15)$$

$$Q = \frac{(4 \cdot 200)}{60000} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с.}$$

По технической документации устанавливаем объемную концентрацию пенообразователя в растворе c , равную 6%. Определяем расчетное количество пенообразователя, м^3 по формуле 16:

$$V_{\text{ПЕН}} = c \cdot Q \cdot \tau \cdot 10^{-2} \cdot 60 \quad (16)$$

$$V_{\text{ПЕН}} = 6 \cdot 0,013 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 60 = 4,68 \text{ м}^3.$$

Из расчета видно, что требуемое количество пенообразователя для тушения склада алкогольной продукции продовольственного магазина, размещённого в зоне разгрузки торгового центра составит $4,7 \text{ м}^3$ плюс 100% запаса.

3.2 Описание мероприятий организационного характера повышения пожарной безопасности на объекте защиты

Мероприятия организационного характера повышения пожарной безопасности на объекте защиты организуются на объектах в основном на основании требований правил противопожарного режима РФ.

«Анализ требований нормативных документов к системе обеспечения пожарной безопасности на промышленных производственных объектах в Российской Федерации представляет собой важную задачу с целью обеспечения безопасности рабочих мест, сохранения имущества и предотвращения пожаров. Для этого необходимо рассмотреть основные нормативные акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности на предприятиях» [5].

«Основные нормативные акты:

- Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ – определяет правовые основы пожарной безопасности, устанавливает требования к организации пожарной безопасности на объектах различных видов, включая промышленные. Документ обязывает работодателей обеспечивать безопасные условия труда, проводить регулярные проверки технического состояния систем пожарной безопасности, организовывать обучение персонала;
- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ - определяет общие требования к обеспечению промышленной безопасности на опасных производственных объектах, к которым относятся многие промышленные предприятия. Документ устанавливает порядок и условия эксплуатации, требования к проектированию и строительству объектов;
- Федеральные нормы и правила в области пожарной безопасности

- (ФНПБ) – детализированные нормативные документы, разрабатываемые на основе законодательных актов. Они устанавливают обязательные требования к системам пожарной безопасности, пожарной сигнализации, эвакуации, пожаротушению и другим средствам обеспечения пожарной безопасности;
- требования к проектированию и строительству – анализируются нормативы, регулирующие создание безопасных условий на стадии проектирования и строительства промышленных объектов. Это включает выбор материалов, размещение систем пожаротушения, организацию эвакуационных путей» [7].

«Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ имеет цель: определение правовых основ пожарной безопасности и установление требований к организации пожарной безопасности на различных объектах, включая промышленные.

Основные положения: закон обязывает работодателей обеспечивать безопасные условия труда и проводить регулярные проверки технического состояния систем пожарной безопасности. Также предусматривает организацию обучения персонала по вопросам пожарной безопасности.

Федеральный закон № 123-ФЗ является важным нормативным актом, который определяет правовые основы и требования к пожарной безопасности в Российской Федерации. Он обязывает работодателей поддерживать безопасные условия труда и регулярно проверять состояние систем пожарной безопасности, что способствует предотвращению пожаров и обеспечению безопасности персонала и имущества.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ имеет цель: определение общих требований к обеспечению промышленной безопасности на опасных производственных объектах, к которым относятся многие промышленные предприятия.

Закон устанавливает порядок и условия эксплуатации опасных

производственных объектов. Он также определяет требования к проектированию и строительству таких объектов с целью минимизации риска возникновения аварийных ситуаций.

Федеральный закон № 116-ФЗ является ключевым законодательным актом, направленным на обеспечение безопасности на опасных производственных объектах. Он устанавливает обязательные требования к эксплуатации, проектированию и строительству таких объектов, что способствует снижению вероятности аварий и обеспечению безопасности персонала и окружающей среды» [12].

Целями Федеральных норм и правил в области пожарной безопасности (ФНПБ) является разработка подробных инструкций и руководящих принципов на основе законодательных рамок для укрепления безопасности населения и имущества от возгораний. Эти нормы выставляют конкретные критерии по организации и функционированию систем обнаружения пожара, средств эвакуации, сил и средств тушения пожара, углубляя правила эксплуатации и стандарты контроля для разнообразных постройки и сооружений.

Обучение сотрудников охватывает не только инструктажи по поведению во время пожара, но и практические навыки оказания первой помощи, использования огнетушителей и знание процедуры эвакуации.

Что касается планирования мер эвакуации, в фокусе внимания находятся стандарты создания планов эвакуации — от картирования маршрутов и до определения точек сбора для работников в случае чрезвычайной ситуации.

«Проанализировав нормативные требования к системам пожарной безопасности на уникальных объектах, к которым относятся многофункциональные торговые центры, можно сделать вывод о значимости такого анализа для предотвращения пожаров, защиты жизни, здоровья сотрудников и сохранности материальных ценностей. Верная реализация этих требований и соответствие стандартам ФНПБ способствуют сокращению потенциальных рисков возгорания, а также формированию готовности к

эффективным действиям при необходимости немедленного реагирования на пожары» [16].

Проект нового стандарта «Требования по пожарной безопасности» разработан специально для повышения уровня противопожарной защиты рассматриваемого торгового центра. Это особенно важно для отделов, где массово присутствуют посетители. Стандарт предусматривает введение строгих правил, предназначенных для эффективного предупреждения возгораний, сокращения рисков пожара и грамотных действий в чрезвычайных ситуациях.

В стандарте выделены следующие ключевые разделы.

Общие положения. Определяются основные цели стандарта, касающиеся защиты персонала, сохранности материальных ценностей и уменьшения экологического ущерба.

«Технические и системные требования. Упор делается на наличие и поддержание в работоспособном состоянии средств пожаротушения, включая необходимость автоматизированных систем с детекторами дыма и огня. Также охватываются правила установки и проверки систем дымоудаления, аварийного освещения и противопожарной защиты систем вентиляции и электропроводки» [14].

Эвакуационные процедуры. Разрабатываются чёткие инструкции по эвакуации, проведению учений и подготовке сотрудников. Планируется регулярное обновление эвакуационных планов и тренировка правильного поведения в случае пожара.

Дополнительно в стандарте рассмотрены вопросы экологической безопасности и меры по предотвращению экологически вредных инцидентов. Предписывается соблюдение мер по учёту химикатов и предупреждению их разливов.

Особое внимание уделяется организационным аспектам: разработке планов действий на случай пожаров, назначению ответственных за безопасность и регулярным инспекциям технических средств и систем.

Применение данного стандарта станет фундаментом для создания безопасной рабочей среды на металлообрабатывающих предприятиях, позволит избежать многих рисков, связанных с возгораниями, защитит жизни сотрудников и сохранит ценности компании, привнеся значительный вклад в экологическую чистоту производственного процесса.

Вывод по разделу.

В данном разделе рассмотрены меры повышения пожарной безопасности на объекте защиты.

Проведены расчеты параметров установки пожаротушения высокократной пеной и определено требуемое количество пенообразователя для тушения склада алкогольной продукции продовольственного магазина, размещённого в зоне разгрузки торгового центра.

Проведен анализ требований нормативных документов.

В разделе предложен и внедрен на объекте проект нового стандарта «Требования по пожарной безопасности», который разработан специально для повышения уровня противопожарной защиты рассматриваемого торгового центра. Это особенно важно для отделов, где массово присутствуют посетители. Стандарт предусматривает введение строгих правил, предназначенных для эффективного предупреждения возгораний, сокращения рисков пожара и грамотных действий в чрезвычайных ситуациях.

Рассмотрены организационные аспекты.

4 Охрана труда

Составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения торгового центра.

Реестр рисков на рабочем месте заведующего хозяйством представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Реестр рисков на рабочем месте заведующего хозяйством

Опасность	ID	Опасное событие
Механические риски	01	Травмирование при работе с подъемно-транспортными машинами и оборудованием
Падение с высоты	05	Падение при выполнении работ на высоте

Реестр рисков на рабочем месте лаборанта представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Реестр рисков на рабочем месте лаборанта

Опасность	ID	Опасное событие
Химические риски	02	Поражение кожи химическим веществом при неправильной эксплуатации уборочно-моечной техники

Реестр рисков на рабочем месте техника по обслуживанию электрооборудования представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Реестр рисков техника по обслуживанию электрооборудования

Опасность	ID	Опасное событие
Электрические риски	03	Удар электрическим током при обслуживании электрического оборудования
Пожарный риск	04	Возгорание вследствие неосторожного обращения с огнем или неисправности оборудования

«Примечание: в данной таблице представлен реестр рисков для производственного подразделения с указанием опасностей, идентификаторов (ID) и примеров опасных событий:

а) механические риски (ID: 01):

- 1) опасность: травмирование при работе с подъемно-транспортными машинами и оборудованием,
 - 2) опасное событие: сотрудник может получить травму при неправильной работе;
- б) химические риски (ID: 02):
- 1) опасность: Поражение кожи химическим веществом,
 - 2) опасное событие: Рабочий может быть поражен химическим веществом из-за нарушения правил обращения с уборочно-моечной техникой;
- в) электрические риски (ID: 03):
- 1) опасность: удар электрическим током при обслуживании электрического оборудования,
 - 2) опасное событие: сотрудник может получить электрический удар при неправильной эксплуатации или обслуживании электрического оборудования;
- г) пожарный риск (ID: 04):
- 1) опасность: возгорание вследствие поджога, неосторожного обращения с огнем или неисправности оборудования,
 - 2) опасное событие: возможное возгорание;
- д) падение с высоты (ID: 05):
- опасность: падение при выполнении работ на высоте,
 - опасное событие: рабочий может упасть при выполнении работ на высоте без необходимых средств защиты» [2].

Оценка вероятности представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1

Продолжение таблицы 12

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

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Оценка степени тяжести последствий

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

Таким образом, была рассмотрена оценка степени тяжести последствий.
Необходимо посчитать по формуле 17 количественную оценку риска.

$$R=A \cdot U \quad (17)$$

Оценка риска, R:

- 1 - 8 (низкий);
- 9 - 17 (средний);
- 18 - 25 (высокий).

Анкета для идентификации рисков на рабочих местах представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Анкета для идентификации рисков на рабочих местах

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Заведующий хозяйством	Механические риски	Травмирование при работе с несущими конструкциями	Маловероятно	2	Незначительная	2	4	Низкий
	Падение с высоты	Падение с рабочей платформы	Маловероятно	2	Значительная	3	6	Низкий
Лаборант	Химические риски	Поражение кожи химическим веществом	Маловероятно	2	Значительная	3	6	Низкий
Техник по обслуживанию электрооборудования	Электрические риски	Удар электрическим током	Маловероятно	2	Незначительная	2	4	Низкий
	Пожарный риск	Возгорание вследствие неконтролируемого искрения	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний

Вывод по разделу.

Четвертый раздел подводит итоги о важности мер по уменьшению профессиональных рисков на рабочих местах как ключевого элемента обеспечения безопасности сотрудников. Реализация данных мер в рамках системы управления безопасностью на производстве позволяет значительно преобразить эксплуатационную безопасность, минимизировать вероятность возникновения чрезвычайных событий и улучшать условия труда. Для обеспечения назначенных целей предлагается ввести ряд конкретных действий:

Во-первых, стоит спланировать создание и применение новых норм безопасности, ориентированных на предупреждение и ограничение профессиональных опасностей.

Во-вторых, следует усилить требования к качеству и применению средств индивидуальной защиты работников, а также обеспечить их строгое использование в рабочем процессе.

Третье направление – организация образовательных мероприятий, включая обучение сотрудников безаварийным методам работы и проведение периодических инструктажей с целью повышения осведомленности о возможных опасностях.

Четвертое направление включает модификацию технологических процессов для снижения рабочих рисков, а также аудит и оптимизация этих процессов с целью выявления и устранения потенциальных угроз.

Наконец, замена старых или опасных материалов и оборудования на более современные и безопасные может революционно изменить условия труда, существенно уменьшая вероятность аварий.

Принятие и осуществление вышеперечисленных мер играет жизненно важную роль в формировании надежной и безопасной рабочей среды, способствующей благополучию сотрудников и стабильности производственного процесса.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки ООО «ЭЛХАРТ» на окружающую среду (таблица 15).

Таблица 15 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
ООО «ЭЛХАРТ»	Торговый центр	Газообразные	-	Органические, коммунальные
Количество в год		0,009 т	-	589,053 т

ООО «ЭЛХАРТ» «воздействует на окружающую среду выбросами из вентиляционных установок здания, бытовыми сточными водами и при неправильном обращении с коммунальными отходами» [7].

Определим, соответствуют ли технологии ООО «ЭЛХАРТ» наилучшим доступным. Результаты анализа представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты соответствия технологий на производстве

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
номер	наименование		
1	Торговый центр	Технологии очистки воздуха вентиляционных установок здания торговли	Не соответствует

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

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

«На объекте предусмотрены три системы канализации: хозяйственно-бытовая, производственная (от моечных) и дождевая. Хозяйственно-бытовая и производственная канализация предназначена для приема и отвода стоков от санитарных приборов, устанавливаемых в здании. Сточные воды хозяйственно-бытовой и производственной канализации по самотечным трубопроводам и отдельным выпускам отводятся в перекачиваемую одноименную наружную сеть канализации 400 мм, с последующим подключением в городской коллектор диаметром 900 мм и подачей на городские канализационные очистные сооружения полной биологической очистки» [7].

В рамках исполнения ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3] предприятием ежегодно проводится производственно-экологический контроль (далее – ПЭК) согласно программе.

Вся информация о фактах превышения ПДК направлялась в адрес надзорных органов.

Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены в таблице 18.

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 19.

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 20.

Таблица 18 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Номер источника	Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
	номер	наименование	номер	наименование							
1	1	Торговый центр	1	Вентиляционная труба	Азота диоксид	0,004	0,002	-	-	-	-
					Азот (II) оксид	0,006	0,003	-	-	-	-
					Углерод оксид	0,006	0,003	-	-	-	-
Итого						0,016	0,009	-	-	-	-

Таблица 19 – 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, %	
			проект ный	допустимый, в соответствии с разрешительн ым документом на право пользования водным объектом	факти ческий			прое ктно е	допустимое, в соответстви и с разрешение м на сброс веществ и микроорган измов в водные объекты	факти ческо е	проектн ая	факти ческа я
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 20 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год 2023 г.

Но мер стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	Лампы ртутные, ртутно- кварцевые, люминесцентн ые [8]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,044	0	0	0,044
2	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированн ый (исключая крупногабарит ный) [8]	7 33 100 01 72 4	4	0	0	267,3	0	267,3	0

Продолжение таблицы 20

Но мер стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				хранение	накопление				
3	Смет с территории предприятия	7 33 390 01 71 4	4	0	0	47,895	0	47895	0
4	Отходы бумаги и картона	4 05 122 02 60 5	5	0	0	0,014	0	0,014	0
5	Пищевые отходы кухонь и организаций общественног о питания несортированн ые	7 36 100 01 30 5	5	0	0	273,8	0	273,8	0

Продолжение таблицы 20

Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн					
всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения
11	12	13	14	15	16
0,044	-	0,044	-	-	-
267,3	-	267,3	-	-	-
47,895	-	47,895	-	-	-
0,014	-	0,014	-	-	-
273,8	-	273,8	-	-	-

Продолжение таблицы 20

Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
всего	хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	захоронение на собственных ОРО	хранение на сторонних ОРО	захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление
17	18	19	20	21	22	23
0,044	-	-	-	-	0	0
267,3						
47,895						
0,014						
273,8						

«Торговый центр, осуществляя свою деятельность, обуславливает эмиссию в окружающую среду ряда загрязняющих веществ, среди которых присутствуют оксиды азота, монооксид углерода, альдегиды, ненасыщенные углеводороды и пыльные частицы, выходящие» [7] через вытяжные вентиляционные системы. Проведение процедур для устранения этих загрязнителей не осуществляется в случае их низких концентраций, благодаря применению современного оборудования и технологических решений, которые позволяют держать уровень вредных веществ в пределах установленных нормативов.

Вывод по разделу.

В пятом разделе делается акцент на ключевых загрязнителях, выбрасываемых в атмосферу.

Очистка воздуха от наименее концентрированных вредных веществ не осуществляется, поскольку современные технологии и оборудование торгового центра способны контролировать присутствие загрязнителей на уровне, который не превышает установленные нормы безопасности. Это говорит о том, что текущие меры контроля качества воздуха обеспечивают соблюдение экологических стандартов и защищают здоровье населения и окружающую среду от потенциально опасного воздействия.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Разработка плана мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

План мероприятий представим в виде таблицы 21.

Таблица 21 – План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности _____ ООО «ЭЛХАРТ» _____ на 2025 год (наименование организации)				
Наименование структурного подразделения, рабочего места	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Источник финансирования мероприятия
1	2	3	4	5
ООО «ЭЛХАРТ»	Разработка приказа об установлении противопожарного режима	Обеспечение пожарной безопасности	Январь	Бюджет организации
ООО «ЭЛХАРТ»	Проведение исследований с применением зонной модели. Проверка противопожарного оборудования	Обеспечение пожарной безопасности	Ежемесячно	Бюджет организации
ООО «ЭЛХАРТ»	Установка системы оповещения	Обеспечение пожарной безопасности ТЦ	Февраль	Бюджет организации
ООО «ЭЛХАРТ»	Установка системы пожаротушения	Обеспечение пожарной безопасности ТЦ	Март	Бюджет организации

Смета затрат на финансирование мероприятий по обеспечению пожарной безопасности представим в виде таблицы 22.

Таблица 22 – Смета затрат на финансирование мероприятий

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Разработка и утверждение локальных документов о мерах пожарной безопасности: - приказа об установлении противопожарного режима.	-	1	15000	15000
Проверка противопожарного оборудования	-	1	75000	75000
Установка системы оповещения	-	1	250000	250000
Установка системы пожаротушения	-	1	250000	250000

В рамках повышения мер безопасности предприятия, налицо потребность внедрения системы оповещения и автоматического пожаротушения. Такие улучшения помогут оперативно реагировать на любые чрезвычайные ситуации, связанные с возгоранием. Ориентировочная стоимость реализации указанных мероприятий составит порядка 590 тысяч рублей. Эти средства планируется привлечь в качестве финансирования необходимых работ.

Данные для расчёта материальных потерь в здании представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Данные для расчёта материальных потерь

Данные	Измерение	Значение показателя	
		базовый вариант	проектный вариант
Площадь объекта	м ²	5740	
Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов	руб/м ²	40000	
Стоимость 1 м ² здания	руб/м ²	14000	14000
Вероятность загорания	1/м ² в год	$3,1 \cdot 10^{-5}$	
Вероятность тушения пожара в здании	—	0,79	

Продолжение таблицы 23

Данные	Измерение	Значение показателя	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Коэффициент, учитывающий степень уничтожения здания	—	0,52	
Коэффициент, учитывающий косвенные потери	—	1,63	
Линейная скорость распространения горения по помещениям	м/мин	0,5	
Время свободного горения	мин	20	5

«Расчет математического ожидания потерь при возникновении пожара в организации. Интегральный экономический эффект» [17].

«Критерием экономической эффективности противопожарного мероприятия (совокупности мероприятий) является получаемый от его реализации интегральный экономический эффект (И), учитывающий материальные потери от пожаров, а также капитальные вложения и затраты на выполнение мероприятия. Расчет производим по рекомендациям» [17].

Годовые материальные потери от пожара при наличии первичных средств пожаротушения $M(\Pi)_1$ определяются по формуле 18:

$$M(\Pi)_1 = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (18)$$

где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения, руб.;

$M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения, руб.

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения определяются по формуле 19:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot p_1, \quad (19)$$

где J – вероятность возникновения пожара, 1/м² в год;

F – площадь объекта, м²;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб/м²;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами, м²;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери.

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения определяются по формуле 20:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_k) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \cdot (1-p_1) \cdot p_2, \quad (20)$$

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, руб/м²;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами, м².

«Для 1-го варианта материальные потери от пожаров в помещениях составят» [17].

$$\begin{aligned} M(\Pi_1) &= 3,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5740 \cdot 14000 \cdot 300(1 + 1,63) \cdot 0,79 = 1552764 \text{руб/год} \\ M(\Pi_2) &= 3,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5740 \cdot (14000 \cdot 300 + 40000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) \\ &= 216679 \text{руб/год} \end{aligned}$$

«Для 2-го варианта материальные потери от пожаров в помещениях составят» [17]

$$M(\Pi 1) = 3,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5740 \cdot 14000 \cdot 200(1 + 1,63) \cdot 0,79 = 1034939 \text{ руб/год}$$

$$M(\Pi 2) = 3,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5740 \cdot (14000 \cdot 200 + 40000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) = 145101 \text{ руб/год}$$

«Общие ожидаемые материальные потери от пожаров в помещениях по двум вариантам составят, если отсутствует автоматическая система пожарной сигнализации и система оповещения о пожаре 2-го типа» [17].

$$M(\Pi 1) = 1552764 + 216679 = 1769443 \text{ руб/год}$$

$$M(\Pi 2) = 1034939 + 145101 = 1180040 \text{ руб/год}$$

«Эксплуатационные расходы Р на реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности» [17] определим по формуле 21.

$$P = A + C, \quad (21)$$

где А – затраты на амортизацию оборудования, руб/год;

С – текущие затраты на содержание оборудования (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт), руб/год.

«Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения» [17] определяются по формуле 22:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100 \%}, \quad (22)$$

где K_2 – капитальные затраты на приобретение оборудования (автоматических систем тушения пожара, пожарной сигнализации и т.п.), руб.;

H_a – норма амортизации, %.

«Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения для базового варианта» [17]:

$$A_1 = \frac{100000 \cdot 0,01}{100 \%} = 1000 \text{ руб.}$$

«Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения для проектного варианта» [17]:

$$A_2 = \frac{250000 \cdot 0,01}{100 \%} = 2500 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы Р на реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности для базового варианта:

$$P_1 = 1000 + 25000 = 26000 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы Р на реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности для проектного варианта:

$$P_2 = 2500 + 25000 = 27500 \text{ руб.}$$

ЧДД определяются по формуле 23:

$$И_t = ([M(П)1 - M(П)2] - [P_2 - P_1]) \cdot \frac{1}{(1 + НД)^t} - (K_2 - K_1), \quad (23)$$

где t – «год осуществления затрат;

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

$M(П1)$, $M(П2)$ – 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 (только на первом году реализации проекта), руб.;

P_1 , P_2 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом

вариантах в t -м году, руб/год» [17].

«Чистый дисконтированный поток доходов по каждому году реализации мероприятия для первого года» [17]:

$$I_1 = ([1769443 - 1180040] - [27250 - 26000]) \cdot 1,08 - (225000 - 0) = -46571,3$$

«Результаты расчета чистого дисконтированного потока доходов по каждому году реализации мероприятия заносятся в табл. 3 «Денежные потоки». Интегральный экономический эффект определяется путем суммирования чистых дисконтированных потоков доходов по каждому году проекта» [18] определяются по формуле 24:

$$I = \sum_{t=0}^T I_t, \quad (24)$$

где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

I_t – чистый дисконтированный поток доходов на t -м году проекта.

Результаты представим в виде таблицы 24.

Таблица 24 – Расчет математического ожидания и интегрального эффекта

Год осуществления проекта T	$M(\Pi_1) - M(\Pi_2)$	$P_2 - P_1$	$1/(1+HД)^t$	$[M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - (P_2 - P_1)] \cdot 1/(1+HД)^t$	$K_2 - K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (I)
1	589403	1500	1,08	633855,24	225000	634935,24
2	589403	1500	1,17	686676,51	0	687846,51
3	589403	1500	1,26	739497,78	0	740757,78
4	589403	1500	1,36	798188,08	0	799548,08
5	589403	1500	1,47	862747,41	0	864217,41
6	589403	1500	1,59	933175,77	0	934765,77
7	589403	1500	1,71	1003604,13	0	1005314,13
8	589403	1500	1,85	1085770,55	0	1087620,55
9	589403	1500	2,00	1173806	0	1175806
10	589403	1500	2,16	1267710,48	0	1269870,48

Вывод по разделу.

В разделе разработан план организационных и технических мероприятий по Постановлению № 1479, который является важным нормативным актом, направленным на обеспечение безопасности от пожаров в Российской Федерации. Оно устанавливает обязательные меры и требования для противопожарной защиты, а также механизмы контроля за их соблюдением.

Рассчитанный интегральный экономический эффект 9200681,95 руб. отражает общую экономическую выгоду от проекта и рассчитывается как общая сумма периодической экономии или дохода, полученных в течение всего периода реализации предложенного плана. Эта сумма корректируется с учетом временной стоимости денег, что достигается путем дисконтирования к стартовому моменту.

Заключение

В первом разделе определено, что на объекте установлена практика проведения ежегодного обучения сотрудников основам пожарной безопасности. Такой инструктаж способствует повышению информированности команды о мерах предосторожности и действиях в экстренных ситуациях, а также содействует усовершенствованию их навыков быстрой реакции при пожаре. К тому же, оперативное сообщение сведений о численности присутствующих в здании лиц в пожарную службу улучшает эффективность контроля над надежностью системы пожаротушения и безопасности.

Определено, что лестничные пролеты спроектированы с достаточной шириной, обеспечивая эффективную эвакуацию посетителей и персонала. Количество эвакуационных выходов превышает два, увеличивая безопасность при экстренных ситуациях. Наружные пожарные лестницы сооружены с соблюдением требований безопасности, включая надежные ограждения и корректный угол наклона.

В ходе анализа системы обеспечения пожарной безопасности торгового центра пришли к выводу, что регулярная проверка, обслуживание и тестирование системы гарантируют, что в случае пожароопасной ситуации системы будут функционировать должным образом, способствуя немедленному реагированию и минимизации ущерба от загораний и пожаров.

В первом разделе рассчитаны основные параметра устройства молниезащиты здания торгового центра, которая также направлена на обеспечение пожарной безопасности объекта защиты во время грозовой деятельности и природных явлений, особенно в весеннее и летнее время.

Во втором разделе определено, что потенциальный риск при возможных сценариях пожара превосходит допустимые пределы. Это указывает на необходимость введения дополнительных мер предосторожности для повышения уровня безопасности объекта.

Дополнительно подчеркивается, что для проведения анализа могут быть использованы разнообразные модели, отбор которых зависит от специфики ситуации, условий и четко определенных потребностей объекта. Зонная модель, применяемая в данном исследовании, предоставляет ценные данные о распространении дыма и тепла, также помогает предсказать поведение структурных элементов здания при пожаре. Однако следует осознавать, что такая модель пренебрегает определенными физическими аспектами горения, что потенциально может снижать точность прогнозов по сравнению с более детализированными полевыми методами расчета, учитывающими больший спектр переменных и более глубоко анализирующими процессы пожара. Это подчеркивает важность выбора модели расчета с учетом ее точности и способности отражать конкретные характеристики и потребности объекта по пожарной безопасности.

В третьем разделе рассмотрены меры повышения пожарной безопасности на объекте защиты.

Проведены расчеты параметров установки пожаротушения высокократной пеной и определено требуемое количество пенообразователя для тушения склада алкогольной продукции продовольственного магазина, размещённого в зоне разгрузки торгового центра.

Проведен анализ требований нормативных документов. В разделе предложен и внедрен на объекте проект нового стандарта «Требования по пожарной безопасности», который разработан специально для повышения уровня противопожарной защиты рассматриваемого торгового центра. Это особенно важно для отделов, где массово присутствуют посетители. Стандарт предусматривает введение строгих правил, предназначенных для эффективного предупреждения возгораний, сокращения рисков пожара и грамотных действий в чрезвычайных ситуациях. Рассмотрены организационные аспекты.

Четвертый раздел подводит итоги о важности мер по уменьшению профессиональных рисков на рабочих местах как ключевого элемента

обеспечения безопасности сотрудников. Реализация данных мер в рамках системы управления безопасностью на производстве позволяет значительно преобразить эксплуатационную безопасность, минимизировать вероятность возникновения чрезвычайных событий и улучшать условия труда. Для обеспечения назначенных целей предлагается ввести ряд конкретных действий:

Во-первых, стоит спланировать создание и применение новых норм безопасности, ориентированных на предупреждение и ограничение профессиональных опасностей.

Во-вторых, следует усилить требования к качеству и применению средств индивидуальной защиты работников, а также обеспечить их строгое использование в рабочем процессе.

Третье направление – организация образовательных мероприятий, включая обучение сотрудников безаварийным методам работы и проведение периодических инструктажей с целью повышения осведомленности о возможных опасностях.

Четвертое направление включает модификацию технологических процессов для снижения рабочих рисков, а также аудит и оптимизация этих процессов с целью выявления и устранения потенциальных угроз.

Наконец, замена старых или опасных материалов и оборудования на более современные и безопасные может революционно изменить условия труда, существенно уменьшая вероятность аварий.

Принятие и осуществление вышеперечисленных мер играет жизненно важную роль в формировании надежной и безопасной рабочей среды, способствующей благополучию сотрудников и стабильности производственного процесса.

В пятом разделе делается акцент на ключевых загрязнителях, выбрасываемых в атмосферу.

Очистка воздуха от наименее концентрированных вредных веществ не осуществляется, поскольку современные технологии и оборудование

торгового центра способны контролировать присутствие загрязнителей на уровне, который не превышает установленные нормы безопасности. Это говорит о том, что текущие меры контроля качества воздуха обеспечивают соблюдение экологических стандартов и защищают здоровье населения и окружающую среду от потенциально опасного воздействия.

В шестом разделе разработан план организационных и технических мероприятий по Постановлению № 1479, который является важным нормативным актом, направленным на обеспечение безопасности от пожаров в Российской Федерации. Оно устанавливает обязательные меры и требования для противопожарной защиты, а также механизмы контроля за их соблюдением.

Рассчитанный интегральный экономический эффект 9200681,95 руб. отражает общую экономическую выгоду от проекта и рассчитывается как общая сумма периодической экономии или дохода, полученных в течение всего периода реализации предложенного плана. Эта сумма корректируется с учетом временной стоимости денег, что достигается путем дисконтирования к стартовому моменту.

Список используемых источников

1. Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения. М.: Альфа-Пресс, 2018. 488 с.
2. Вербицкий В. В. Автомобильные эксплуатационные материалы. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 108 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/317228> (дата обращения: 01.04.2023).
3. Горин С. Л. Транспортные средства на альтернативных источниках энергии: учебное пособие. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2023. 95 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/342164> (дата обращения: 01.04.2023).
4. Горькова Н. В. Охрана труда. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 220 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/310208> (дата обращения: 01.04.2024).
5. Кессельман Г. С., Махмудбеков Э. А. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа. М.: Недра, 2019. 404 с.
6. Коршак А. А., Корабейников Г. Е., Муфтахов Е. М. Нефтебазы и АЗС: учеб. пособие. Уфа: Дизайн полиграф сервис, 2020. 405 с.
7. Краснощеков Е. А., Сукомел А. С. Задачник по теплопередаче. М.: Энергия, 2021. 235 с.
8. Кутузов В. В., Саратов Д. Н., Терехин С. Н., Филиппов А. Г. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации: Учебник – гриф УМО «Рекомендовано» по университетскому политехническому образованию для курсантов, студентов и слушателей ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров, магистров «Техносферная безопасность» и по специальности «Пожарная безопасность»; СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2021. 274 с.
9. Навацкий А. А., Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И., Федоров А. В. Производственная и пожарная автоматика: Учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. 374 с.

10. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Правила противопожарного режима», ФЗ-69 «О пожарной безопасности».

11. Приказ Минтруда России № 926 от 28 декабря 2021 г. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков

12. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда" (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2021 N 66318)

13. Порошин В. Б. Прочность элементов конструкций при однократном и циклическом нагружении: учебник. Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 360 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/282026> (дата обращения: 01.04.2024).

14. Собурь С. В. Доступно о пожарной безопасности. М.: Пожарная книга, 2021. 554 с.

15. Собурь С. В. Пожарная безопасность объектов электроэнергетики. Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 192 с.

16. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

17. СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

18. Тоцкий Д. В. Пожарная безопасность на предприятиях нефтяной промышленности. // Молодой исследователь Дона. 2022. № 1 (34). С. 67-70.

19. Холоша Д. В. Основные методы по обеспечению пожарной безопасности в резервуарных парках. В сборнике: Современные проблемы науки, общества и образования. сборник статей V Международной научно–практической конференции. Пенза, 2022. С. 16-19.

20. Федоров В. С. Основы обеспечения пожарной безопасности зданий. М.: АСВ, 2018. 176 с.

21. Шалай В. В. Проектирование и эксплуатация нефтебаз и АЗС: учебное пособие. Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 316 с. URL:

<https://e.lanbook.com/book/281759> (дата обращения: 20.02.2024).