

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 Разработка на объекте защиты системы оповещения и управления
эвакуацией людей при пожаре

Обучающийся

А.А. Скамьин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И.И. Рашоян

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2023

Аннотация

Тема работы: «Разработка на объекте защиты системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».

В разделе «Характеристика объекта защиты» представлены пожарно-технические характеристики здания и имеющиеся системы противопожарной защиты.

В разделе «Оценка соответствия системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объекте требованиям пожарной безопасности» представлены характеристики существующей СОУЭ.

В разделе «Разработка системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» проводилась разработка для объекта защиты системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

В разделе «Охрана труда» составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и произведена оценка производственных рисков и определены мероприятия по снижению профессионального риска на рабочем месте.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» определена антропогенная нагрузка организации на окружающую среду и оформлены результаты производственного экологического контроля.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнен расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Объем работы составляет 58 страниц, 19 таблиц и 10 рисунков.

Содержание

Введение	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений	8
1 Характеристика объекта защиты.....	9
1.1 Общая характеристика объекта защиты	9
1.2 Системы противопожарной защиты объекта	11
2 Оценка соответствия системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объекте требованиям пожарной безопасности.....	13
2.1 Характеристики существующей СОУЭ.....	13
2.2 Оценка соответствия существующей СОУЭ требованиям в области пожарной безопасности.....	15
3 Разработка системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.....	18
4 Охрана труда	34
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	45
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	49
Заключение	53
Список используемых источников	56

Введение

Количество крупных общественных зданий, таких как торговые центры, офисные здания, исследовательские центры и образовательные центры, резко возрастает. Творческая и инновационная идея архитекторов усложняет конструкцию и планировку зданий.

В случае внезапных стихийных бедствий и перегрузки электричества это может легко привести к возгоранию и задымлению, пожар в больших зданиях распространяется на обширные территории и приводит к физическим повреждениям зданий, опасностям для жизни людей и утраты имущества, а также загрязнению атмосферы.

Пожар в здании может привести к невероятным человеческим жертвам и еще большему ущербу имуществу. Эвакуация людей из большого общественного здания за разумный промежуток времени – непростая задача. Неконтролируемый пожар уничтожает все содержимое помещений в течение нескольких минут и здание может выгореть полностью за пару часов. При всём этом особо актуально проведение своевременной эвакуации людей из зданий.

Цель исследования – разработать на объекте защиты системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Задачи:

- описать пожарно-технические характеристики здания и имеющиеся системы противопожарной защиты;
- провести анализ нормативных требований по организации на объекте системы оповещения о пожаре;
- описать характеристики существующей СОУЭ (структуру, алгоритм работы, конкретные наименования применяемого оборудования, оповещателей, знаков и пр., их технические характеристики);

- выполнить оценку соответствия на основе действующих требований Приказа МЧС России от 09.02.2022 № 78, ФЗ №123, Постановления Правительства РФ от 16.09.2020 №1479, СП 3.13130;
- сделать вывод об эффективности СОУЭ и ее соответствии/несоответствии требованиям ПБ;
- предложить к внедрению на объекте защиты системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест производственного подразделения;
- провести идентификацию опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на выбранных для анализа рабочих местах;
- определить мероприятие по устранению высокого уровня профессионального риска на рабочем месте;
- определить антропогенную нагрузку организации, технологического процесса на окружающую среду;
- оформить результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха, результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами;
- выполнить расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

В работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [3].

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха [3].

Нормативные документы по пожарной безопасности – «национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила), правила пожарной безопасности, а также действовавшие до дня вступления в силу соответствующих технических регламентов нормы пожарной безопасности, стандарты, инструкции и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности» [11].

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [12].

Оценка профессиональных рисков – «это выявление возникающих в процессе осуществления трудовой деятельности опасностей, определение их величины и тяжести потенциальных последствий» [12].

Оценка воздействия на окружающую среду – «вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной

деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления» [3].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [11].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [10].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [11].

Перечень сокращений и обозначений

В работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АКБ – аккумуляторная батарея.

АПФД – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

ДПЛС – двухпроводная адресная линия.

КЗ – короткое замыкание.

ОПЗ – оповещатель пожарный звуковой.

ОРО – объект размещения отходов.

ППК – прибор пожарный контрольный.

РИП – резервный источник питания.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

1 Характеристика объекта защиты

1.1 Общая характеристика объекта защиты

Административное здание ООО «Газпром трансгаз Ухта» представляет собой в плане – прямоугольник со сторонами 12×30 м с двумя лестничными клетками.

Здание состоит из двух этажей, высотой 3 м каждый и подземного этажа высотой 2,7 м.

В составе помещений – помещения офисного, бытового и вспомогательного назначения.

Степень огнестойкости здания – II, класс конструктивной пожарной опасности – С1.

Общая площадь защищаемых помещений ~ 1080 м².

Помещения здания отделены ограждающими конструкциями, отнесенными к противопожарным преградам с пределом огнестойкости не менее 0,75 часа (перегородки, стены, перекрытия, двери). Ограждающие конструкции:

- наружные стены – кирпич толщиной 380 мм, минераловатный утеплитель, штукатурка фасадная;
- внутренние стены и перегородки – кирпич толщиной 120мм;
- перекрытия – сборные, железобетонные;
- кровля – плоская рулонная из мягких наплавливаемых материалов.

Лестницы – монолитные.

Кровля – плоская мягкая рулонная.

Помещения, оборудованные пожарной сигнализацией, относятся к классу П-Па по ПУЭ.

Внутренняя сеть хозяйственно-питьевого противопожарного водопровода выполнена по кольцевой схеме [1].

Трубопроводы системы водоснабжения проложены открыто, под

потолком подвала и скрыто – под облицовкой стен санузлов, в плинтусах и в подготовке пола.

В соответствии с СП 10.13130.2020 [1] все этажи здания оборудованы внутренним противопожарным водопроводом. Внутреннее пожаротушение предусмотрено от кранов пожарных настенных диаметром 50 мм с диаметром spryska 16 мм и длиной рукава 20м. Шкафы пожарных кранов располагаются на каждом этаже на лестничных клетках.

Наружное пожаротушение осуществляется из пожарных гидрантов, установленных на наружной водопроводной сети. Расход воды на наружное пожаротушение составляет 20 л/с.

Водоотведение от здания решено самотеком через внутриквартальную сеть в существующую городскую канализационную сеть. Водоотвод предусмотрен по асфальтобетонному покрытию проездов с последующим сбросом ливневых и талых вод в городскую ливневую канализационную сеть.

Система вентиляции – приточно-вытяжная, с естественным побуждением. Удаление воздуха осуществляется из санитарных узлов через вентиляционные каналы, оборудованные решетками. Вытяжная вентиляция остальных помещений предусмотрена через вышеуказанные помещения. Компенсация удаляемого воздуха осуществляется поступлением наружного воздуха через форточки и за счет перетекания воздуха из других помещений.

Электроснабжение здания осуществляется от трансформаторной подстанции. Линия питания – кабельная. В качестве вводно-распределительного устройства применяется щит, который установлен на первом этаже в помещении электрощитовой, расположенной под лестницей, а на каждом этаже устанавливается распределительный щиток.

Категории помещений проектируемого здания по взрывопожарной и пожарной опасности определены согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [8]. Категории помещений следующие:

- электрощитовая и кладовая – В3;
- вентиляционная камера – В2.

1.2 Системы противопожарной защиты объекта

В административном здании имеется установка пожарной сигнализации, которая предназначена для обнаружения пожара и извещения о пожаре дежурного персонала, включения системы оповещения о пожаре.

«Основным принципом действия извещателя пожарного ручного является замыкание контактов внутреннего микровыключателя который подключает в шлейф пожарной сигнализации добавочный резистор, что вызывает изменение сопротивления шлейфа ППК» [15].

«Основным принципом работы извещателя пожарного дымового является обнаружение частиц дыма в рабочей камере датчика за счет отражения светового излучения, исходящего из светодиода, от частиц дыма, что при обработке электрической схемой извещателя приводит к снижению внутреннего сопротивления датчика до 500 Ом» [15].

«Основным принципом работы теплового пожарного извещателя является размыкание контактов термочувствительного элемента при нагреве датчика выше чем 62 °С» [15].

«Обеспечение безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара достигается сочетанием комплекса принятых технических и организационных мероприятий, основными из которых являются:

- планировка площадки расположения проектируемого объекта обеспечивает возможность проезда пожарных машин. При этом разрывы между зданиями и сооружениями приняты с соблюдением противопожарных норм;
- согласно требованиям ст. 67 ФЗ № 123 подъезд пожарных автомобилей к зданию обеспечен со всех сторон;

- предусмотрены проезды для пожарной техники шириной 6,0 м. Конструкция дорожной одежды проезда для пожарной техники рассчитана на нагрузку от пожарных автомобилей;
- ширина эвакуационных выходов соответствует нормативным значениям. Открывание дверей на путях эвакуации предусмотрено по направлению к выходам;
- выход на крышу осуществляется через лестничную клетку по закрепленным металлическим стремянкам через противопожарный люк» [15].

Вывод по 1 разделу.

В разделе рассматривались пожарно-технические характеристики здания и имеющиеся системы противопожарной защиты.

Вентиляция и кондиционирование воздуха осуществляется посредством системы кондиционирования воздуха.

Освещение осуществляется лампами накаливания и люминесцентными в зависимости от назначения помещения.

Пожарная сигнализация осуществляется через устройства, устанавливаемые соответствующими службами. Приемно-контрольные приборы располагаются в помещении охраны.

Для помещений данного типа предусмотрена система оповещения о пожаре второго типа.

Датчики охраны устанавливаются на окнах и дверях. По периметру и в коридорах установлены видеокамеры слежения.

2 Оценка соответствия системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объекте требованиям пожарной безопасности

2.1 Характеристики существующей СОУЭ

Задачи системы оповещения сводятся к следующему:

- обнаружить пожар с помощью установки пожарной сигнализации; Возможно обнаружение пожара случайными людьми или персоналом;
- обеспечить оповещение людей о пожаре и указать пути эвакуации.

Согласно СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» на объекте предусмотрена в помещениях подвала и в помещениях этажей система оповещения и управления эвакуацией людей второго типа (звуковое оповещение)» [9].

В качестве технических средств оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в помещениях подвала здания приняты:

- звуковые оповещатели (сирена) типа ОПЗ «Антишок»;
- световые оповещатели типа «КОП-25», которые включены постоянно.

Сирены включаются при поступлении сигнала «ПОЖАР». Оповещатели звуковые устанавливаются на стенах и колоннах на высоте 2,5 м от пола, не менее 0,15 м от потолка. Оповещатели световые пожарные «КОП-25» с надписями «ВЫХОД» и с указательными стрелками над дверными проемами и на путях эвакуации.

Световые и звуковые оповещатели включены в реле прибора «С2000-КПБ», который осуществляет управление шестью исполнительными устройствами (световые и звуковые оповещатели) по интерфейсу RS-485 и контролирует «исправность цепей подключения исполнительных устройств

(отдельно на ОБРЫВ и КЗ)» [2].

К каждому релейному выходу «С2000-КПБ» подключено не более одного исполнительного устройства. Подключение производится через МПН (модуль подключения нагрузки).

Адресные извещатели «ДИП-34А», «ИПР513-3А» и «С2000-ИП-02-02» соединены в кольцевые двухпроводные адресные линии (ДПЛС) контроллеров «С2000-КДЛ». Контроллер двухпроводной линии «С2000-КДЛ» осуществляет контроль до 127 зон по двухпроводной линии с питанием от нее. Топология двухпроводной линии предусматривается типа «кольцо с ответвлениями» [2].

Питание извещателей осуществляется по двухпроводной линии связи. Логическое объединение извещателей произведено в момент программирования системы по помещениям или группам помещений.

При срабатывании одного пожарного извещателя приборы осуществляют перезапрос состояния сработавшего извещателя и, при подтверждении тревоги, переходит в режим «Внимание». При срабатывании двух и более извещателей прибор переходит в режим «Пожар». Одновременно сигналы «Внимание» и «Пожар» по интерфейсу RS 485 поступают на пульт контроля и управления «С2000-М».

Сети пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре выполняются пожаростойким кабелем КПСЭнг-FRLS с числом жил и сечением (мм²):

- шлейфы пожарной сигнализации и светового и звукового оповещения, шлейфы питания – $1 \times 2 \times 0,75$ мм²;
- линия связи RS485 – $2 \times 2 \times 0,5$ мм² [14].

Для обеспечения бесперебойного питания системы противопожарной защиты здания предусмотрена установка блока питания РИП.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприёмники автоматических установок охранно-пожарной сигнализации и оповещения являются потребителями электроэнергии первой

категории согласно ПУЭ, и ее электропитание предусмотрено от двух независимых источников электроснабжения:

- основной ввод – 220В, 50Гц;
- резервное питание – от АКБ, от источника вторичного электропитания РИП-24.

2.2 Оценка соответствия существующей СОУЭ требованиям в области пожарной безопасности

Емкость встроенных аккумуляторов должна быть выбрана из расчета работы установок в течение 24 часов в дежурном режиме и трех часов в режиме «ПОЖАР» [15].

Произведём расчёт емкости аккумуляторных батарей и сравним её с существующей.

Формула для расчёта ёмкости аккумуляторов:

$$C = I \cdot t \cdot K(I), \quad (1)$$

где t – время работы (час);

$K(I)$ – коэффициент свинцовых кислотных батарей ($K(I)=1$);

I – ток нагрузки (А).

В таблице 1 приведены расчёты токов потребления и ёмкости аккумуляторных батарей для резервного питания РИП24.

Таблица 1 – Расчёты токов потребления и ёмкости аккумуляторных батарей

Токопотребитель	Количество	Потребление тока в дежурном режиме, мА/ед	Потребление тока в режиме «Пожар», мА/ед	Потребление тока в дежурном режиме, мА	Потребление тока режиме «Пожар», мА
С2000-М	1	35	65	35	65
С2000-КПБ	2	70	70	140	140

Продолжение таблицы 1

Токопотребитель	Количество	Потребление тока в дежурном режиме, мА/ед	Потребление тока в режиме «Пожар», мА/ед	Потребление тока в дежурном режиме, мА	Потребление тока режиме «Пожар», мА
С2000-КДЛ	9	80	80	720	720
С2000-Ethernet	6	50	50	300	300
КОП-25	5	20	20	100	100
ОПЗ «Антишок»	5	-	55	-	275
Итого				1295	1600
В дежурном режиме 24 часа				31080	-
В режиме «Пожар» 3 часа				-	4800
С = 31,1+4,8= 35,9 Ач					
Выбранная ёмкость аккумуляторов 40А*ч удовлетворяет требованиям					

Таким образом, установленные аккумуляторные батареи, обеспечивают работоспособность автоматической системы пожарной сигнализации при отключении основного питания ~220В в течение 24 часов в дежурном режиме и в течение 3 часов в режиме тревоги.

Оценка соответствия существующей СОУЭ на основе действующих требований представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка соответствия существующей СОУЭ на основе действующих требований

Элементы СОУЭ	Основные положения по оборудованию помещений объекта защиты	Результат анализа
Тип СОУЭ	Учреждения органов управления организациями высотой до 6 этажей должны иметь СОУЭ второго типа (в случае административного здания ООО «Газпром трансгаз Ухта» – два этажа)	Выполняется
Элементы управления эвакуации	Световые оповещатели «Выход» устанавливаются: - в помещениях с одновременным пребыванием 50 и более человек – над эвакуационными выходами; - над эвакуационными выходами с этажей здания, непосредственно наружу или ведущими в безопасную зону; - в других местах, по усмотрению проектной организации, если в соответствии с положениями свода правил 3.1310.2009 в здании требуется установка световых оповещателей «Выход»	Не выполняется

Продолжение таблицы 2

Элементы СОУЭ	Основные положения по оборудованию помещений объекта защиты	Результат анализа
Элементы оповещения	<p>Для обеспечения условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения, - звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. <p>Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола</p>	Не выполняется

Выбор способа оповещения людей о пожаре осуществляется по СП 3.13130.2009. Согласно требованиям этого документа административное здание должно быть оборудовано звуковой системой оповещения. Оповещение осуществляется: трансляцией звукового сигнала о необходимости эвакуации.

Вывод по второму разделу.

В разделе анализировались характеристики существующей СОУЭ.

Выбор технических средств, их количество и места установки должны были быть определены согласно требованиям действующих нормативных документов, с учетом размеров помещений, количества входов в помещение, техническими характеристиками оборудования.

Элементы оповещения о пожаре не имеют сертификатов и установлены с нарушениями норм и правил пожарной безопасности по уровню звука, так как на момент анализа соответствия системы оповещения уровень звука был менее чем на 10 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума.

3 Разработка системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

Для оповещения и управления эвакуацией, находящихся в зданиях людей при возникшем пожаре, принята система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 2 типа. СОУЭ включает в себя:

- звуковое оповещение;
- размещение статических указателей «Выход»;
- статические или динамические указатели направления эвакуации.

«Выбор технических средств, их количество и места установки определены согласно требованиям действующих нормативных документов, с учетом размеров помещений, количества входов в помещение, техническими характеристиками оборудования» [15].

Выбор способа оповещения людей о пожаре осуществляется по СП 3.13130.2009. Согласно требованиям этого документа сооружение должно быть оборудовано автоматической системой оповещения. Звуковое оповещение осуществляется: трансляцией звукового сигнала тревоги о необходимости эвакуации.

Согласно СП 3.13130.2009 (Пункт 4.1) звуковые сигналы должны обеспечивать общий уровень звука не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения.

Произведем расчет необходимого звукового давления потолочных оповещателей по формуле 2:

$$SPL_{on} = SPL_{сум} - 20 \cdot \log\left(\frac{1}{L}\right), \quad (2)$$

где SPL_{on} – необходимое звуковое давление громкоговорителя;

$SPL_{сум}$ – суммарное звуковое давление с учетом уровня постоянного шума в помещении;

L – расстояние от громкоговорителя до точки измерения (для

помещений = 2.5 м).

Суммарное звуковое давление с учетом уровня постоянного шума в помещении рассчитаем по формуле 3:

$$SPL_{\text{сум}} = SPL_{\text{доп}} + 15, \quad (3)$$

где $SPL_{\text{доп}}$ – допустимый уровень постоянного шума в помещении (для производственных помещений составляет 65 дБА),

$$SPL_{\text{сум}} = 65 + 15 = 80 \text{ (дБа)};$$

$$SPL_{\text{он}} = 80 - 20 \cdot \log\left(\frac{1}{2.5}\right) = 88 \text{ (дБа)}.$$

Вывод: для обеспечения оптимального звукового давления используем потолочные оповещатели Маяк-12-3М, обеспечивающие звуковое давление 94 дБА при мощности включения в 1/3. При высоте установки громкоговорителя 3 метра эффективная площадь оповещения (озвучивания) составит 36 м².

Произведем расчет звукового давления для настенных звуковых оповещателей по формуле 4.

$$S_{\text{он}} = \frac{2}{3} L^2, \quad (4)$$

где L – расстояние от оповещателя до дальней точки измерения.

Известно, что $SPL_{\text{он}}$ для комбинированных звуковых оповещателей MIN-T составляет 99 дБА. Из этого условия найдем L :

$$L = \frac{1}{10^{(85-99)/20}} = 5 \text{ м.}$$

Это означает, что при высоте установки 1 метр комбинированный звуковой оповещатель MIN-T озвучит 16 м², соответственно при установке на высоте 3,5 метра г оповещатель MIN-T озвучит 204 м². Максимальное расстояние между звуковыми оповещателями составит 14 м.

Центральное оборудование СОУЭ будет располагаться в помещении диспетчерской – поста охраны на первом этаже здания.

С целью построения на объекте эффективной системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией предлагается интеллектуальная модель управления эвакуацией людей на основе «Интернета вещей при пожаре», которая позволяет людям динамически выстраивать маршрут эвакуации на основе ситуации в реальном времени, чтобы быстро добраться до безопасного выхода в крупных общественных зданиях.

Всякий раз, когда вспыхивает пожар, модуль Интернета вещей предупреждает людей о необходимости найти безопасный выход. Таким образом, предлагаемая система сводит к минимуму опасность и экономические потери, направляя оптимизированный путь эвакуации [20].

Проведём анализ интеллектуальных систем управления эвакуацией, охватывающих аспекты мониторинга скопления людей, прогнозирования стихийных бедствий, моделирования эвакуации и руководства по пути эвакуации.

В 2017 году Сваранадип Маджумдер представил систему мониторинга и эвакуации при пожаре на базе Интернета вещей, которая может использоваться в качестве интеллектуальной системы управления противопожарной защитой [16].

Цель состоит в том, чтобы проинформировать людей и аварийные службы о местоположении пожара и обеспечить безопасный путь эвакуации в режиме реального времени. Для создания безопасной системы используется

эвристический алгоритм методологии планирования маршрутов с ограниченной пропускной способностью [17]. Цзяньюн Ши [16] предложил агентную технологию для моделирования и анализа процесса эвакуации людей в условиях распространения пожара. Например, в режиме реального времени они смоделировали поведение людей на крытом стадионе, где проводятся Олимпийские игры 2008 года в Пекине. Также изложена методология изучения взаимосвязи между безопасностью людей и пожарной опасностью.

Аджиски предложил прототип модели, основанный на оценке пожарного риска, обнаружении пожара, осведомленности о ситуации с безопасностью и эффективной системе эвакуации.

Появление затора «во время эвакуации представляют серьезную проблему для любой системы управления эвакуацией. Пробки и заторы во время экстренной эвакуации возникают, когда потребность в проходе превышает доступную пропускную способность маршрута эвакуации» [16].

«Варайя указал, что интеллектуальная система как интеграция технологий управления, связи и вычислений, размещенная на пути эвакуации может помочь принимать эффективные решения при выборе маршрутов» [18].

«Аналогичным образом, Качру также утверждал, что надлежащая интеграция технологий управления, связи и вычислительной техники в Интеллектуальную систему (системы) эвакуации может помочь эвакуируемым принимать разумные и своевременные решения по выбору пути эвакуации. Действительно, соответствующее сочетание этих аспектов управления, связи и вычислительных технологий в IES могло бы позволить разработать более совершенную автоматизированную систему эвакуации, обеспечивающую безопасность эвакуируемых, особенно во время экстренной эвакуации при пожаре» [19].

Для того чтобы следить за действиями людей в скоплениях, необходимо предпринять два важных шага: определить местонахождение

скоплений и проследить за ними. Перед выполнением последней задачи важно получить «информацию о скоплениях, такую как местоположение и предполагаемое количество людей. Существует ряд технологий, которые можно использовать для определения точного местоположения скоплений людей при эвакуации, таких как ИК-датчики, широкополосная радиочастотная идентификация и беспроводные локальные сети (WLAN). Обнаружение, основанное на визуальном интеллекте, также использовалось исследователями для оценки количества» [17] людей в скоплениях (оценка плотности скоплений).

Когда обнаруживается скопление людей на определённом участке пути эвакуации, следующим шагом является непрерывное отслеживание скоплений. В «результате растущего внедрения технологий позиционирования на смартфонах, таких как Bluetooth и GPS, используется несколько датчиков, которые также используются для определения местоположения телефона. Методы отслеживания, основанные на видеонаблюдении, также использовались для отслеживания и реконструкции индивидуальных траекторий» [20].

Динамическое отслеживание объектов имеет важное значение в автоматизированных системах наблюдения. «RFID – это небольшое электронное устройство, состоящее из небольшого чипа и антенны. RFID-устройство не обязательно должно располагаться относительно сканера. Напротив, RFID-устройство может работать в радиусе нескольких метров от сканера. В последнее время RFID используется для координации универсальных вычислений и физических объектов, таких как продукты, транспортные средства и люди. Система RFID состоит из четырех основных компонентов: RFID-меток, RFID-считывателей, антенн и компьютерной сети, используемой для подключения считывателей» [18]. Антенны соединяют считыватели с метками таким образом, что считыватели могут передавать радиочастотные сигналы на метки и прослушивать ответы. Затем считыватель отправляет информацию в компьютерную систему, чтобы

информация могла быть обработана. За счёт обработки данной информации о передвижениях людей компьютер может регулировать плотность потока на участках путей эвакуации [17].

Технология АЕ-СУ в сочетании со светодиодными указателями выхода ДХС позволяет активно реагировать на динамические опасные ситуации, такие как пожары. Самый короткий путь из здания не всегда самый безопасный [16].

Система АЕ-СУ надёжно запускает до 240 адаптивных индикаторов выхода через шину, устойчивую к короткому замыканию и обрыву цепи.

Сценарий опасности может быть свободно присвоен каждому адаптивному светильнику-указателю выхода с помощью АЕ-СУ.

Блок управления с энергонезависимой памятью программ и большим сенсорным дисплеем автоматически отслеживает и управляет всеми компонентами системы АЕ-СУ, а также функциональностью подключенных адаптивных светильников. Возникающие неисправности отображаются на дисплее, передаются по сигнальным контактам и сохраняются в журнале проверок.

Встроенная функция поиска автоматически обнаруживает все светильники с указателями выхода ДХС, подключенные во время установки. Подключение центральной визуализации возможно через интерфейс.

Особенности данной системы управления эвакуацией:

- технология шинопровода с защитой от короткого замыкания и обрыва цепи. Это означает, что прокладка кабеля Е30 для шинной линии контура не требуется;
- адаптивное включение при изменении опасной ситуации. Это обеспечивает повышенный уровень безопасности при эвакуации из здания;
- децентрализованная конфигурация АЕ-СУ для установки до 240 светильников с указателями выхода ДХС;

- благодаря отдельной прокладке кабелей от конечных цепей 230 В и шинной линии контура 24 В к адаптивным светодиодным светильникам DXC для указателей выхода возможна гибридная работа статических и адаптивных светильников для указателей выхода, а также интеграция аварийных светильников и люминесцентных ламп для общего освещения в одной цепи;
- отдельные блоки управления для аварийного освещения и программирования сценариев обеспечивают повышенную безопасность при последующих модификациях;
- объединение АЕ-CU с системой обнаружения пожара обеспечивает целостность системы между оповещением и эвакуацией;
- самоадресация подключенных светильников DXC упрощает процесс монтажа и ввода в эксплуатацию.

Пример организации адаптивной системы управления эвакуацией АЕ-CU и светильников DXC изображен на рисунке 1.

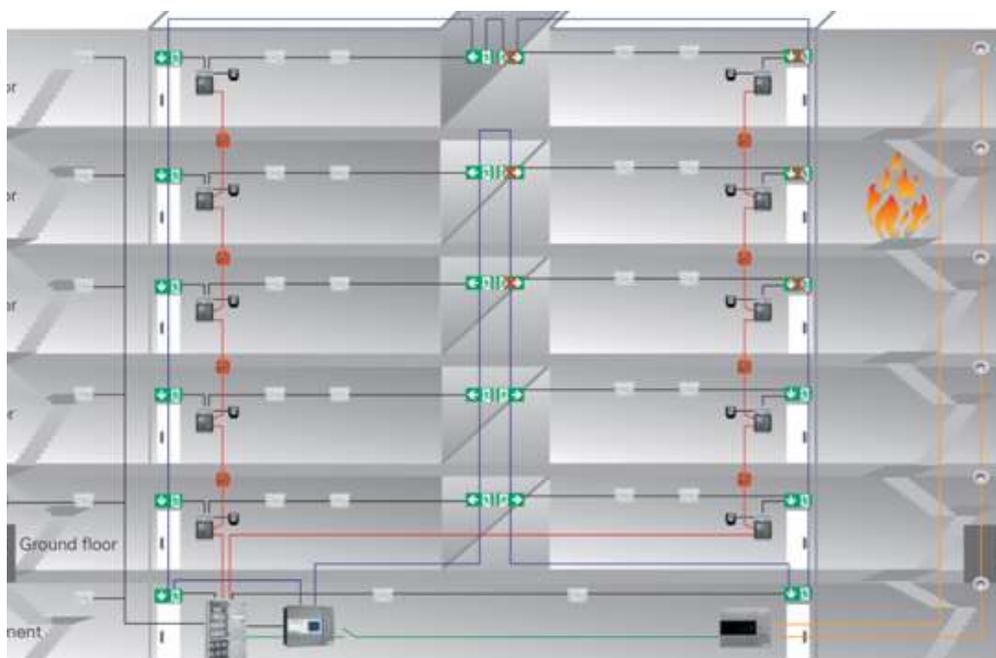


Рисунок 1 – Адаптивная система управления эвакуацией АЕ-CU и светильники DXC

Адаптивные сигнальные светильники для эвакуации из здания в качестве вспомогательной системно-технической меры. Статическое руководство маршрутом эвакуации: светильники-указатели выхода обозначают путь эвакуации из здания всегда в одном и том же направлении, независимо от опасной ситуации.

Динамическое руководство маршрутом эвакуации: светильники с указателями выхода блокируют небезопасные пути эвакуации в аварийных ситуациях, тем самым направляя тех, кто эвакуируется из здания, по безопасным путям эвакуации.

Адаптивное руководство маршрутом эвакуации: светильники со знаками выхода блокируют небезопасные пути эвакуации и включают их в работу повторно, как только пути эвакуации снова станут безопасными (рисунок 2). Это позволяет гибко реагировать на динамические опасные ситуации (например, в случае пожара).



Рисунок 2 – Пример адаптивного указателя направления пути эвакуации

Пример подключения указателей направления эвакуации DX с помощью беспотенциальных контактов:

Беспотенциальные сигнальные контакты пожарных извещателей (рисунок 3), систем видеонаблюдения или ключевых выключателей для обозначения зон как «заблокированных» или «небезопасных». Параллельное подключение входов DX невозможно.

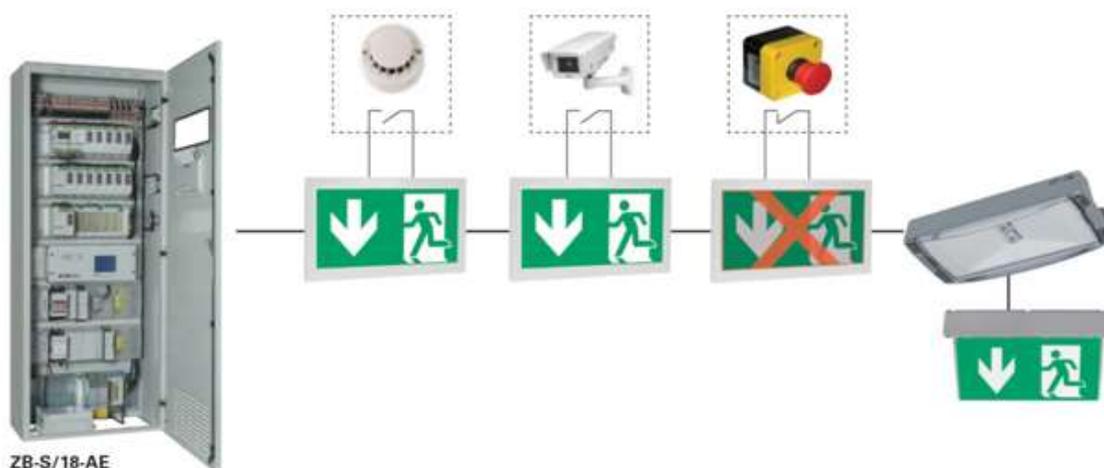


Рисунок 3 – Пример подключения указателей направления эвакуации светодиодных светильников DXС через шину loop

Таким образом, возможна гибридная работа светильников DXС, статических светильников и светильников сторонних производителей в одной цепи (рисунок 4).



Рисунок 4 – Комбинация различных указателей направления эвакуации

Шина контура и источник питания подключаются по отдельным кабелям (рисунок 5).

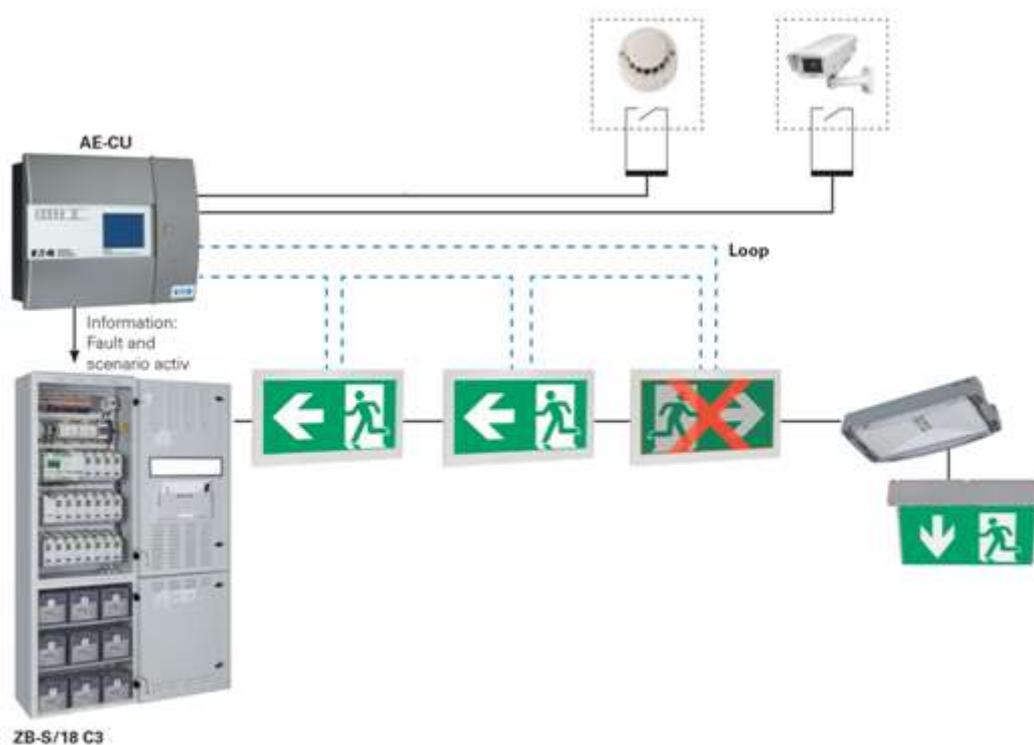


Рисунок 5 – Шина контура и источник питания

10011 DX CG-S – светильник аварийного знака эвакуации со светодиодной технологией Lightguide для настенного монтажа (рисунок 6).

Дополнительные функции:

- отображение красного «X» для обозначения закрытой или заблокированной области;
- активируется переключающим входом на модуле питания.

Положительные характеристики:

- подключение к локальному входу, например, к детектору дыма или аварийному выключателю через беспотенциальный контакт;
- улучшенная видимость при ярком освещении возможна благодаря дополнительным выбираемым функциональным режимам, например мигающему красному «X»;

- очень хорошая воспринимаемость за счет высокой яркости контрастного белого цвета более 500 кд/м² в соответствии со стандартом ISO 3864-1 и высокой однородности Lmin/Lmax более 0,8;
- снижение затрат на батарею за счет особенно низкого энергопотребления;
- минимальные требования к обслуживанию благодаря высокому сроку службы светодиодов (50000 часов);
- установка светодиодной пиктограммы без использования инструментов из монтажного комплекта.

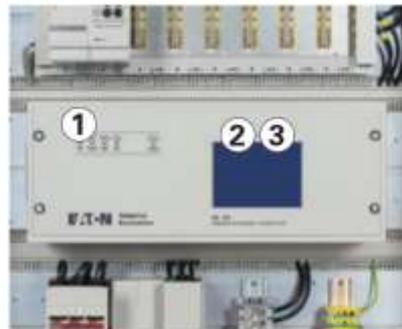


Рисунок 6 – Светильник 10011 DX CG-S аварийного знака эвакуации со светодиодной технологией Lightguide

Контроллер AE-CU (рисунок 7) для адаптивного управления до 240 регулируемые светильниками DXС:

- четыре линии защиты от короткого замыкания и обрыва цепи, каждая с 60 регулируемые светильниками DXС;
- два свободно программируемых сценария эвакуации здания, встроенных на заводе-изготовителе;
- более двух сценариев по запросу;

- максимум шесть ZB-S/US-S систем могут быть подключены в соответствии с AE-CU;
- автоматическая программная настройка адреса всех светильников Guidelines DXC для управления сценарием.



1 – светодиодные дисплеи: включение питания, сценарий активен, общая неисправность, сбой процессора, сбой питания, общее отключение; 2 – сенсорный дисплей, сообщения об управлении: сценарий активен, неисправность, отключение; 3 – сообщения о неисправностях: неисправность батареи (настенный монтаж AE-CU), двойной адрес, замыкание на землю, короткое замыкание контура, неисправность заряда, неисправность сети, неисправность связи контура, неисправность драйвера контура, неисправность реле неисправности, неисправность процессора, перегрузка контура, разрыв контура по адресу, разрыв контура + петля

Рисунок 7 – Контроллер AE-CU

AE-CU-W (рисунок 8) – адаптивный блок управления эвакуацией для настенного монтажа со встроенным источником питания на батарейках, использующий контурную технологию для управления адресуемыми адаптивными светильниками-указателями выхода с технологией 230 В / 216 В переменного / постоянного тока для систем освещения безопасности в

соответствии с DIN VDE 0100-560, DIN EN 50172 и V DIN V VDE 0108-100. С автоматическим устройством тестирования и контроля связи по шине контура и индивидуальным отображением состояния и названия подключения по шине контура для каждого светильника DXC с ориентацией.

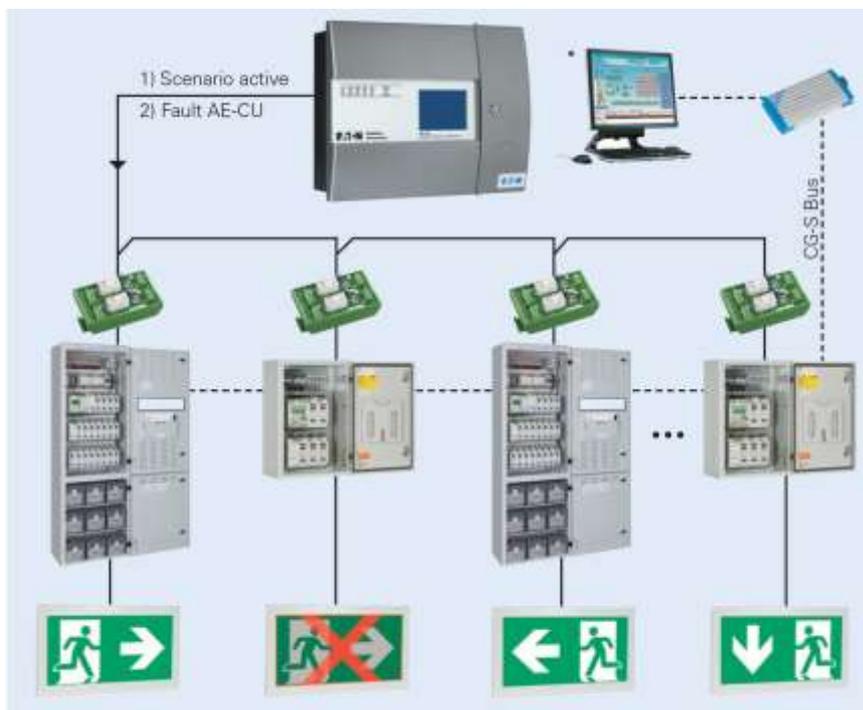


Рисунок 8 –Адаптивный блок управления эвакуацией АЕ-СU-В

Характеристики:

- первичное номинальное напряжение – 230 В переменного тока;
- первичный номинальный ток 75 мА;
- номинальная частота 50 Гц;
- степень защиты IP 30;
- класс изоляции I;
- температура окружающей среды от -5 °С до +40 °С;
- вторичное номинальное напряжение 18,5-29,5 В;
- батарея 2×12 В / 12 Ач;
- максимальный ток батареи 3,5 А (характеристика заряда:

- постоянное напряжение с температурной компенсацией, минимальное время резервного питания 30 ч);
- основной материал корпуса – листовая сталь, лицевой пластик с порошковым покрытием.
 - адресуемая контурная линия 4 активных входа для двух сценариев;
 - максимальная длина кольца 2000 м / I(ST) Y 4×2×0,8 мм;
 - максимальное количество светильников DX/ DXC с направляющими на контур – 60.

АЕ-СИГНАЛ – адаптивный блок управления эвакуацией для сборки в блоках ZB-S/18-АЕ с использованием контурной технологии для управления адресуемыми адаптивными светильниками для указателей выхода с технологией 230 В / 216 В переменного/постоянного тока для систем освещения безопасности в соответствии с DIN VDE 0100-560, DIN EN 50172 и V DIN V VDE 0108-100 (рисунок 9).



Рисунок 9 – АЕ-СИГНАЛ

Блок АЕ-СИГНАЛ выполнен с устройством автоматического тестирования и контроля связи по шине контура и индивидуальным отображением состояния и названия подключения по шине контура для каждого светильника ДХС с направляющей.

Контакты системы позволяют подключать к системе Eaton AE (рисунок 10) любой триггер (пожарный, видеонаблюдения) независимо от производителя.



Рисунок 10 – Система Eaton AE

Эта система может встраивать алгоритмы маршрутизации в реальном времени, которые предоставляют адаптивные планы эвакуации из здания.

После установки система программируется с учетом ряда потенциальных маршрутов выхода. Основываясь на информации с камер видеонаблюдения, систем обнаружения пожара и других устройств, которые точно определяют характер и местоположение опасности, система может выбрать самый безопасный и быстрый маршрут для людей, и назначенному системному оператору в здании предоставляется возможность принять или отклонить эту рекомендацию.

В отличие от «активных» и «динамических» систем, технология Eaton

полностью адаптируема, и ее инструкции могут быть изменены в режиме реального времени. Он был тщательно протестирован и соответствует действующим нормативным требованиям, хотя технология настолько нова, что стандарты еще предстоит полностью определить.

Производителем всего предложенного оборудования является компания «Eaton», Швейцария.

Выводы по 3 разделу.

Определено, что для обеспечения оптимального звукового давления предложены потолочные оповещатели Маяк-12-3М и настенные комбинированные звуковые оповещатели MIN-T.

На объекте предложено применить технологию аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации компания «Eaton» (Швейцария), которая обеспечивает более быструю, безопасную и гибкую эвакуацию, особенно при использовании в сочетании с системой оповещения.

Адаптивная система эвакуации Eaton AE:

- система, основанная на технологии CGLine+, которая позволяет управлять и мониторить статические аварийные светильники, а также светильники для адаптивной эвакуации и повышения доступности;
- включая резервное питание, обеспечивающее надежную работу контроллера в случае сбоя источника питания контроллера. Опционально доступно без резервного питания в случае наличия на объекте защищенной электросети;
- с 10-30 универсальными переключающими контактами (сухими контактами), которые могут быть легко подключены к таким триггерам, как пожарные системы, системы видеонаблюдения.

4 Охрана труда

Охрана труда является необходимым условием для обеспечения устойчивости труда на протяжении всей трудовой жизни человека и способствует созданию более здоровой, продолжительной и продуктивной среды.

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [4] произведём оценку профессиональных рисков.

Реестр опасностей на рабочем месте оператор сварочной установки в производственном здании представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Реестр опасностей на рабочем месте оператора сварочной установки

Опасность	ID	Опасное событие
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9. Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	9.3	Заболевания кожи (дерматиты) [4]
12. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.5	Воздействие на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих чистящие и обезжиривающие вещества
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха

Реестр опасностей на рабочем месте машиниста компрессора представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр опасностей на рабочем месте машиниста компрессора

Опасность	ID	Опасное событие
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9. Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
20. Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	20.1	Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Реестр опасностей на рабочем месте аккумуляторщика представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Реестр опасностей на рабочем месте аккумуляторщика

Опасность	ID	Опасное событие
9. Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвесями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
12. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.3	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ
23. Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением

Каждому риску будет соответствовать пара значений тяжесть-вероятность. Метод оценки рисков устанавливает уровень безопасности рабочего места на основе присвоения показателей для каждой пары и расчета уровня риска.

Анкета рисков на рабочем месте оператора сварочной установки представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Анкета на рабочем месте оператора сварочной установки

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Сварщик	8	8.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	9	9.3	Вероятно	4	Незначительная	2	8	Низкий
	12.5	12.5	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	13	13.1	Вероятно	4	Крупная	4	16	Средний
		13.2	Вероятно	4	Крупная	4	16	Средний
		13.3	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний

Анкета на рабочем месте машиниста компрессора представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Анкета профессиональных рисков машиниста компрессора

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Машинист компрессора	8	8.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	9	9.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	13	13.1	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	20	20.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	27	27.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Анкета на рабочем месте аккумуляторщика представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Анкета профессиональных рисков на рабочем месте аккумуляторщика

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Аккумуляторщик	9	9.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	12	12.3	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний
	23	23.1.	Возможно	3	Незначительная	2	6	Низкий
	27	27.1	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Анализ рисков включает в себя определение последствий и вероятностей риска, которые будут определять эффективность системных мер контроля. Анализ рисков связан с рассмотрением источников риска, последствий риска и вероятности его возникновения. Таким образом, необходимо определить параметры, влияющие на последствия и вероятности риска. Оценка вероятности представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка вероятности

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

Продолжение таблицы 9

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
5	Весьма вероятно	«Обязательно произойдет» [5]. «Практически несомненно» [5]. «Регулярно наблюдаемое событие» [5].	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 10.

Таблица 10 – 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)» [5]. «Несчастный случай на производстве со смертельным исходом» [5]. «Авария» [5]. «Пожар» [5].	5
4	Крупная	«Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней)» [5]. «Профессиональное заболевание» [5]. «Инцидент» [5].	4
3	Значительная	«Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней» [5]. «Инцидент» [5].	3
2	Незначительная	«Незначительная травма - микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь» [5]. «Инцидент» [5]. «Быстро потушенное загорание» [5].	2
1	Приемлемая	«Без травмы или заболевания» [5]. «Незначительный, быстроустраняемый ущерб» [5].	1

После количественной оценки вероятностей и серьезности рисков метод требует расчета уровня риска для соответствующего рабочего места с использованием формул.

Результаты и «вероятности могут быть объединены для представления уровня риска, генерируемого в соответствии с качественными критериями;

полуколичественный метод использует числовую шкалу оценок для представления результатов и вероятности, а также может комбинировать их и использовать формулу для получения уровня риска» [5].

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 5.

$$R=A \cdot U, \quad (5)$$

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка риска, R:

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

В соответствии с предлагаемой ранжирующей шкалой результатов оценки профессионального риска определяется значимость установленного значения профессионального риска для каждой из выявленных опасностей, а также на рабочем месте в целом с учетом комплексного влияния рискообразующих факторов.

Стандартный подход к снижению риска требует применения всего необходимого иерархического порядка мер.

Меры управления рисками представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Меры управления рисками

Опасность	Источник опасности	Меры управления риском
Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру	Высокая температура предметов в зоне рабочего места (заготовка, деталь инструмент)	Использование средств защиты рук. Контроль присутствия рук работника в зоне проведения сварочных работ

Продолжение таблицы 11

Опасность	Источник опасности	Меры управления риском
Электрический ток	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Проведение инструктажей по охране труда при работе с оборудованием, находящимся под напряжением. Заземление производственного оборудования. Своевременное обслуживание зарядных устройств для аккумуляторов
Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	Отравление воздушными взвешьями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны	Монтаж вентиляционного оборудования общей вентиляции здания. Установка местных отсосов
Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках	Использование тележек и подъёмных механизмов

После завершения процедуры оценки уровней профессиональных рисков в организации необходимо вести постоянную работу по контролю уровней рисков, установленных по результатам внедрения защитных мер.

Вывод по разделу.

В разделе разработаны мероприятия по уменьшению индекса профессионального риска.

Оценка рисков является важным инструментом в создании безопасных условий труда, тем самым повышая производительность и моральный дух сотрудников при одновременном снижении травматизма и профессиональных заболеваний.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки предприятия на окружающую среду (таблица 12).

Таблица 12 – 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 «Газпром трансгаз Ухта»	Административное здание	Газообразные	Бытовые сточные воды	Органические, коммунальные
Количество в год		0,007 т.	2500 тыс. т	627,093 т.

Основным видом воздействия проектируемого объекта на состояние окружающей среды в период эксплуатации является загрязнение атмосферного воздуха выбросами вредных веществ.

В связи с тем, что в помещениях здания ООО «Газпром трансгаз Ухта» находятся комнаты отдыха и бытовые помещения, наиболее значимой проблемой с точки зрения охраны окружающей среды, являются бытовые отходы.

Объект эксплуатации имеет 2 места хранения отходов до вывоза их в места постоянного размещения на городских полигонах и свалках.

Отходы, образующиеся при эксплуатации административного здания ООО «Газпром трансгаз Ухта», подлежат вывозу на полигоны промышленных отходов и организованному обезвреживанию в специальных, отведенных для этой цели местах.

«Во избежание загрязнения почвы бытовыми и дождевыми стоками предусматривается отвод этих стоков в существующие одноименные сети, на которых установлены смотровые колодцы, выполненные из сборного железобетона» [7].

Определим, соответствуют ли технологии ООО «Газпром трансгаз Ухта» наилучшим доступным. Результаты анализа представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты соответствия технологий на производстве [7]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Здание административное	Технологии обращения с отходами	Не соответствует

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

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

В рамках исполнения ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», а также «в целях соответствия процедурам системы менеджмента предприятием ежегодно проводится производственно-экологический контроль согласно программе» [7].

Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены в таблице 15.

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 16.

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 17.

Таблица 15 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованн ый выброс, г/с	Фактическ ий выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованн ого выброса в раз (гр. 8/гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованн ого выброса	Примечан ие
Номер	Наименование	Номер	Наименовани е							
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Административное здание	01	Вентиляцион ное оборудовани е	Азота диоксид	0,002	0,002	–	15.03.2023	0	–
				Азот (II) оксид	0,003	0,003	–	15.03.2023	0	–
				Углерод оксид	0,003	0,003	–	15.03.2023	0	–
Итого	–	–	–	–	0,008	0,008	–	-	0	–

Таблица 16 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективность очистки сточных вод, %	
			Проектный	Допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	Фактический			Проектное	Допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	Фактическое	Проектная	Фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
Очистная система ливневых вод	2009	Резервуар очистки ливневых вод объемом 60 м ³	6000	10000	2500	Нефтепродукты (песок)	15.03.2023	0,5	0,25	0,02	–	95

Таблица 17 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год 2022 г

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные [6]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,02	0	0	0,02
2	Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) [6]	7 33 100 01 72 4	4	0	0	20,0	0	20,0	0
3	Смет с территории предприятия	7 33 390 01 71 4	4	0	0	40,0	0	40,0	0
4	Картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные [6]	4 81 203 02 52 4	4	0	0	0,05	0	0,05	0

Продолжение таблицы 17

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
5	Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности [6]	4 05 122 02 60 5	5	0	0	1,5	0	1,5	0
6	Осадок очистных сооружений дождевой (ливневой) канализации малоопасный)	7 21 100 01 39 4	4	0	0	5,0	0	5,0	0
№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн								
	Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения			
	11	12	13	14	15	16			
1	0,02	0	0	0,02	0	0			
2	20,0	0	20,0	0	0	0			
3	40,0	0	40,0	0	0	0			

Продолжение таблицы 17

№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн							
	Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
	11	12	13	14	15	16		
4	0,05	0	0,05	0	0	0		
5	1,5	0	1,5	0	0	0		
6	5,0	0	5,0	0	0	0		
№ строки	Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн						Наличие отходов на конец года, тонн	
	Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО	Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление	
	17	18	19	20	21	22	23	
1	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	

Вывод по разделу.

В разделе определено, что отведение ливневых стоков административного здания ООО «Газпром трансгаз Ухта» организовано в водосборные лотки. Водоотведение осадков вокруг здания организовано по принципу от здания в сторону проездов. Вдоль цоколя здания на примыкании к газону устроена асфальто-бетонная отмостка с уклоном в сторону газона.

На контейнерной площадке проектом предусмотрено устройство дождеприемного колодца для сбора загрязненных стоков и защиты почв прилегающей территории от возможного биологического загрязнения (пищевые отходы).

Ливневые стоки, прошедшие очистку на локальных очистных сооружениях, поступают в резервуар запаса воды и используются для полива.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе предложено на объекте применить технологию аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton, которая обеспечивает более быструю, безопасную и гибкую эвакуацию, особенно при использовании в сочетании с системой оповещения.

План реализации предложенных мероприятий по обеспечению эвакуационных путей объекта защиты аварийным освещением и адаптивной СОУЭ представлен в таблице 18.

Таблица 18 – План реализации предложенных мероприятий по обеспечению эвакуационных путей объекта защиты аварийным освещением и адаптивной СОУЭ

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton	2024 год
Монтаж системы аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton	2024 год
Пуско-наладочные работы	2024 год

Рассмотрим два варианта развития событий до реализации предложенных мероприятий и после:

- вариант 1 – на момент прибытия первых отделений пожарной охраны эвакуация из здания исследуемого объекта защиты не будет окончена и все силы прибывающих подразделений будет направлены на спасение людей из задымленных помещений;
- вариант 2 – на момент прибытия первых отделений пожарной охраны благодаря адаптивной системе эвакуации Eaton эвакуация из здания исследуемого объекта защиты будет проведена полностью, все силы прибывающих подразделений будет направлены на тушение пожара.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обозначение	1 вариант	2 вариант
«Время локализации пожара» [17]	мин	t	20	8
«Удельная стоимость материальных ценностей» [17]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^{м.ц}$	70000	70000
«Удельная стоимость ремонтных работ» [17]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^р$	15000	15000
«Удельные издержки при восстановительных работах» [17]	руб.·м ⁻²	$I_{уд}$	10000	10000
«Удельные единовременные вложения в здание (сооружение)» [17]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^з$	15000	15000
«Удельные единовременные вложения в оборудование» [17]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^о$	15000	15000
«Прибыль объекта» [17]	руб.·дни ⁻¹	$П_{пр}$	50000000	
«Продолжительность простоя объекта» [17]	дни	$T_{пр}$	120	10
«Линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки» [17]	м·с ⁻¹	I	1	
«Вероятность возникновения пожара» [17]	год ⁻¹	$Q_{п}$	6×10^{-4}	

Рассчитаем площадь пожара по формуле 6.

$$F'_n = \pi \times (I \cdot t)^2, \quad (6)$$

где I – «линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки, м·с⁻¹;

t – время локализации пожара, с» [13].

$$F'_{п-1} = 3,14 \times (1 \cdot 35)^2 = 1256 \text{ м}^2,$$

$$F'_{п-2} = 3,14 \times (1 \cdot 8)^2 = 201 \text{ м}^2,$$

Математическое ожидание экономических потерь от пожара ($M(I)$) вычисляют по формуле 7.

$$M(\Pi) = M(\Pi_{н.б}) + M(\Pi_{о.р}) + M(\Pi_{п.о}) \quad (7)$$

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

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

$M(\Pi_{п.о})$ – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром, руб.·год⁻¹» [17].

Математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства ($M(\Pi_{н.б})$) вычисляют по формуле 8.

$$M(\Pi_{н.б}) = F_{п} (C_{уд}^{м.ц} \cdot R_{у} + C_{уд}^{р} \cdot R_{п}) \cdot Q_{п} \quad (8)$$

где $F_{п}$ – «площадь возможного пожара на объекте, м²;

$C_{уд}^{м.ц}$ – удельная стоимость материальных ценностей, руб.·м⁻²;

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

$C_{уд}^{р}$ – удельная стоимость ремонтных работ, руб.·м⁻²;

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

$Q_{п}$ – вероятность возникновения пожара в объекте, год⁻¹» [17].

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

$$M(\Pi_{н.б})_2 = 201 \cdot (70000 \cdot 1 + 15000 \cdot 1) \cdot 0,0006 = 10251 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара ($M(\Pi_{о.р})$) вычисляют по формуле 9.

$$M(\Pi_{о.р}) = F_{п} [I_{уд} + E_{н} (K_{уд}^3 + K_{уд}^0)] \cdot Q_{п},$$

$$M(\Pi_{o.p}) = F_n \cdot [I_{y\partial} + E_n \cdot (K_{y\partial}^3 + K_{y\partial}^o)] \cdot Q_n \quad (9)$$

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

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

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

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

[17].

$$M(\Pi_{o.p})_1 = 1256 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 12509,76 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{o.p})_2 = 201 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 2001,96 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь от обусловленного пожаром простоя объекта (недополученная прибыль) ($M(\Pi_{п.о})$) вычисляют по формуле 10.

$$M(\Pi_{п.о}) = \Pi_{пр} \cdot T_{пр} \cdot Q_{п} \quad (10)$$

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

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [17].

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

$$M(\Pi_{п.о})_2 = 50000000 \cdot 10 \cdot 0,0006 = 300000 \text{ руб.}$$

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

$$M(\Pi)_2 = 10251 + 2001,96 + 300000 = 312252,96 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от предложенных мероприятий по предотвращению потерь от пожаров рассчитывается по формуле 11.

$$\Pi_{прГ} = M(\Pi)_1 - M(\Pi)_2, \text{ руб.} \quad (11)$$

$$P_{\text{прТ}}=3789515,36-312252,96=3477262,4 \text{ руб.}$$

Стоимость реализация мероприятий представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Стоимость реализации мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton	100000
Монтаж системы аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton	1500000
Пуско-наладочные работы	100000
Итого:	1700000

Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности в первый год рассчитывают по формуле 12.

$$Э_T = P_{\text{прТ}} - З_T \quad (12)$$

где $Э_T$ – экономический эффект реализации мероприятия;

$З_T$ – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия» [17].

$$Э_T=34772,62,4-1700000=1777262,4 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт окупаемости предложенных мероприятий по формуле 13:

$$T_{\text{ед}} = \frac{З_T}{P_{\text{прТ}}}, \text{ лет} \quad (13)$$

$$T_{\text{ед}} = \frac{1700000}{3477262,4} = 0,49 \text{ года}$$

Вывод по разделу: предотвращение экономических потерь от пожаров ООО «Газпром трансгаз Ухта» при монтаже аварийного освещения и адаптивной эвакуации Eaton составит 3477262,4 руб., окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 0,49 года.

Заключение

В первом разделе рассматривались пожарно-технические характеристики здания и имеющиеся системы противопожарной защиты.

Вентиляция и кондиционирование воздуха осуществляется посредством системы кондиционирования воздуха.

Освещение осуществляется лампами накаливания и люминесцентными в зависимости от назначения помещения.

Пожарная сигнализация осуществляется через устройства, устанавливаемые соответствующими службами. Приемно-контрольные приборы располагаются в помещении охраны.

Для помещений данного типа предусмотрена система оповещения о пожаре второго типа.

Датчики охраны устанавливаются на окнах и дверях. По периметру и в коридорах установлены видеокамеры слежения.

Во втором разделе определено, что согласно требованиям СП 3.13130.2009 помещения объекта защиты должны быть оборудованы автоматической системой оповещения второго типа. Оповещение осуществляется: трансляцией звукового сигнала о необходимости эвакуации.

Выбор технических средств, их количество и места установки должны были быть определены согласно требованиям действующих нормативных документов, с учетом размеров помещений, количества входов в помещение, техническими характеристиками оборудования.

Элементы оповещения о пожаре не имеют сертификатов и установлены с нарушениями норм и правил пожарной безопасности по уровню звука, так как на момент анализа соответствия системы оповещения уровень звука был менее чем на 10 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума.

В третьем разделе определено, что для обеспечения оптимального звукового давления предложены потолочные громкоговорители CS-05 производства компании Inter-M (Корея), обеспечивающие звуковое давление

94 дБА при мощности включения в 1/3. Максимальное расстояние между громкоговорителями составит 14 м.

В растущем объеме литературы исследуется, как моделировать различные варианты поведения при выборе выхода при моделировании эвакуации. Для решения этой проблемы были предложены различные подходы с использованием моделей дискретного выбора.

На объекте предложено применить технологию аварийного освещения, и адаптивной системы эвакуации Eaton, которая обеспечивает более быструю, безопасную и гибкую эвакуацию, особенно при использовании в сочетании с системой оповещения.

Адаптивная система эвакуации Eaton AE:

- система, основанная на технологии CGLine+, которая позволяет управлять и мониторить статические аварийные светильники, а также светильники для адаптивной эвакуации и повышения доступности;
- включая резервное питание, обеспечивающее надежную работу контроллера в случае сбоя источника питания контроллера. Опционально доступно без резервного питания в случае наличия на объекте защищенной электросети;
- с 10-30 универсальными переключающими контактами (сухими контактами), которые могут быть легко подключены к таким триггерам, как пожарные системы, системы видеонаблюдения.

В четвёртом разделе разработаны мероприятия по уменьшению индекса профессионального риска.

Использование конечных результатов оценки рисков в качестве входных данных для завершения процесса принятия системного решения.

В пятом разделе определено, что отведение ливневых стоков административного здания ООО «Газпром трансгаз Ухта» организовано в водосборные лотки. Водоотведение осадков вокруг здания организовано по принципу от здания в сторону проездов. Вдоль цоколя здания на примыкании

к газону устроена асфальто-бетонная отмостка с уклоном в сторону газона.

На контейнерной площадке проектом предусмотрено устройство дождеприемного колодца для сбора загрязненных стоков и защиты почв прилегающей территории от возможного биологического загрязнения (пищевые отходы).

Ливневые стоки, прошедшие очистку на локальных очистных сооружениях, поступают в резервуар запаса воды и используются для полива. Контроль за качеством сбрасываемых стоков осуществляется заинтересованными организациями. Места отбора проб, периодичность и контролируемые параметры установлены приказом по организации.

Предотвращение экономических потерь от пожаров ООО «Газпром трансгаз Ухта» при монтаже аварийного освещения и адаптивной эвакуации Eaton составит 3477262,4 руб., окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 0,49 года.

Список используемых источников

1. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 10.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684> (дата обращения: 17.09.2023).
2. Данилова Е. А., Грошева Е. С., Карташова А. С., Бекниязов Н. А. Анализ современных технических средств оповещения и управления эвакуацией // НиКа. 2014. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-tehnicheskikh-sredstv-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey> (дата обращения: 05.10.2023).
3. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 10.09.2023).
4. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=1d8jr94kat939272210> (дата обращения: 10.09.2023).
5. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=1d8jqdwcsm8100411018> (дата обращения: 10.09.2023).
6. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 10.09.2023).
7. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от

23.06.2020). URL:
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=377676&ysclid=1dsbgkkxui183890770> (дата обращения: 10.09.2023).

8. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 17.09.2023).

9. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 07.09.2023).

10. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.08.2023).

11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.09.2023).

12. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 21.09.2023).

13. Фрезе Т. Ю. Методы оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: практикум : учебное пособие / Тольятти : ТГУ, 2020. 258 с. ISBN 978-5-8259-1456-5. URL: <https://e.lanbook.com/book/159637> (дата обращения: 01.09.2023).

14. Хоанг Тхо Дык, Корольченко А. Я. Выбор системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2013. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-sistemy-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-pri-pozhare> (дата обращения: 05.10.2023).

15. Чепрасов С. А. Обоснование применения систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей при пожарах в зданиях и сооружениях // Современные проблемы гражданской защиты. 2015. №2 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-primeneniya-sistem-opovescheniya-i-upravleniya-evakuatsiey-soue-lyudey-pri-pozharah-v-zdaniyah-i-sooruzheniyah> (дата обращения: 05.10.2023).

16. Chen, L., Tang, T.-Q., Huang, H.-J., & Song, Z. (2018). Elementary students' evacuation route choice in a classroom: A questionnaire-based method. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 492, 1066–1074. doi:10.1016/j.physa.2017.11.036.

17. Cruz-Piris, L., Marsa-Maestre, I., & Lopez-Carmona, M. A. (2019). A variable-length chromosome genetic algorithm to solve a road traffic coordination multipath problem. *IEEE Access*, 7, 111968–111981. doi:10.1109/ACCESS.2019.2935041.

18. Haghani, M., & Sarvi, M. (2019). Simulating dynamics of adaptive exit-choice changing in crowd evacuations: Model implementation and behavioural interpretations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 103, 56–82. doi:10.1016/j.trc.2019.04.009.

19. Lovreglio, R., Ronchi, E., & Kinsey, M. J. (2020). An Online Survey of Pedestrian Evacuation Model Usage and Users. *Fire Technology*, 56, 1133–1153. doi:10.1007/s10694-019-00923-8.

20. Zhou, J., Guo, Y., Dong, S., Zhang, M., & Mao, T. (2019). Simulation of pedestrian evacuation route choice using social force model in large-scale public space: Comparison of five evacuation strategies. *PLOS ONE*, 14, e0221872. doi:10.1371/journal.pone.0221872.