

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 мероприятий по повышению пожарной безопасности  
электроустановок производственного объекта

Обучающийся

И.С. Димитрюк

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, И.И. Рапоян

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

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема: «Разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности электроустановок производственного объекта».

В разделе «Анализ нормативных требований пожарной безопасности на производственном объекте» представлена общая характеристика объекта защиты, имеющиеся системы противопожарной защиты; проанализированы нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности на объекте.

В разделе «Анализ пожарной опасности электроустановок производственного объекта» выполнен анализ пожарной опасности электроустановок на основе действующих требований и идентифицированы нарушения требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок.

В разделе «Разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности электроустановок» предлагаются методы, способы, средства для повышения пожарной безопасности электроустановок и устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности.

В разделе «Охрана труда» составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест и определены мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска на рабочих местах.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» оформлены результаты производственного контроля в области охраны окружающей среды.

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

Количественная характеристика: объем работы составляет 62 страницы, 6 рисунков, 18 таблиц.

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	6
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Анализ нормативных требований пожарной безопасности на производственном объекте.....	9
1.1 Общая характеристика объекта защиты .....	9
1.2 Анализ нормативных требований по обеспечению пожарной безопасности на объекте.....	15
2 Анализ пожарной опасности электроустановок производственного объекта.....	21
2.1 Анализ пожарной опасности электроустановок .....	21
2.2 Анализ нарушений требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок.....	26
3 Разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности электроустановок .....	29
4 Охрана труда.....	36
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	41
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности .....	47
Заключение .....	54
Список используемых источников.....	58

## Введение

Интенсивный рост потребления электроэнергии во всех отраслях народного хозяйства требует постоянного внимания к повышению пожаробезопасности электроустановок.

Анализ противопожарного состояния объектов различного назначения показывает, что их пожарная безопасность во многом зависит от технического состояния электрооборудования и электроустановок в целом. Недооценка этого факта нередко приводит к возникновению пожаров (в том числе и крупных) со значительным материальным ущербом.

Трансформатор является основным оборудованием электростанций и подстанций. Проблема его безопасности напрямую влияет на нормальную работу всей электростанции или подстанции. В случае пожара это влияет не только на нормальную работу и загрузку системы, но и на нормальную работу и загрузку системы.

Цель исследования – разработать мероприятия для повышения пожарной безопасности электроустановок.

Задачи практики:

- описать общую характеристику объекта защиты;
- провести анализ нормативных требований по обеспечению пожарной безопасности на объекте;
- выполнить анализ пожарной опасности электроустановок на основе действующих требований;
- идентифицировать нарушения требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок;
- проанализировать возможные методы, способы, средства для повышения пожарной безопасности электроустановок и устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности;
- описать подробно технические характеристики и обосновать количество применяемого оборудования;

- составить реестр профессиональных рисков для рабочих мест структурного подразделения (3-5);
- посчитать по формуле количественную оценку риска;
- определить мероприятия 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.

Идентификация риска – «процесс выявления, распознавания и регистрации рисков» [20].

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [5].

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков – «классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [19].

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 [6].

Опасность – «источник, ситуация или действие, которые потенциально могут нанести вред человеку или привести к ухудшению здоровья или сочетание перечисленного» [20].

Оценка профессиональных рисков – «это выявление возникающих в процессе осуществления трудовой деятельности опасностей, определение их величины и тяжести потенциальных последствий» [20].

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» [20].

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» [5].

Оценка риска – «обобщенный процесс идентификации оценки и определения уровня риска» [20].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [19].

Профилактические меры – «заблаговременные меры (мероприятия) по устранению причины/причин потенциально возможного возникновения случаев воздействия опасных и /или вредных производственных факторов на работающего или другой нежелательной, но потенциально возможной, неблагоприятной ситуации» [20].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [19].

Уровень риска – «комбинация вероятности появления риска и тяжести его последствий» [20].

## Перечень сокращений и обозначений

В работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АПС – система автоматической пожарной сигнализации.

АПТ – автоматическое пожаротушение трансформатора.

АСУ ТП – автоматическая система управления технологическим процессом.

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения.

ГЩУ – главный щит управления.

КРУЭ – комплектные распределительные устройства в металлической оболочке с элегазовой изоляцией.

ОПУ – общеподстанционный пункт управления.

ОРО – объект размещения отходов.

ПН – пожарный насос.

ППР – правила противопожарного режима.

ПС – подстанция.

ПЭК – производственный экологический контроль.

РПН – регулирование под напряжением.

РУ – распределительное устройство.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ТРoТПБ – технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

# **1 Анализ нормативных требований пожарной безопасности на производственном объекте**

## **1.1 Общая характеристика объекта защиты**

Объект исследования – реконструируемая подстанция «Зелёный угол».

Территория реконструируемой подстанции «Зелёный угол» (далее здание ПС) расположена в Первореченском районе г. Владивосток, по адресу: Просёлочная ул., 100. Территория подстанции расположена в населенном районе, минимальное расстояние от ограды ПС до жилых домов не менее 50 м.

Назначение подстанции – энергоснабжение водозабора и очистных сооружений, железной дороги, объекта оборонного комплекса и нефтехимии г. Владивосток, а также жилых районов.

Ближайшей к ПС пожарной частью является ПСЧ-21, расположенной по адресу: г. Владивосток, Русская ул., 73а. Расстояние от пожарной части до площадки ПС порядка 6 км.

Данное расстояние позволяет обеспечить прибытие пожарных расчетов к ПС в течение 10 минут, тем самым выполняется требование п.1, ст.76 ФЗ № 123-ФЗ.

В связи с реконструкцией ПС 220/110/10 кВ предусматривается сооружение следующих зданий и сооружений:

- здание общеподстанционного пункта управления (ОПУ), совмещенное с КРУЭ 220кВ, КРУЭ 110 кВ и КРУ 10 кВ;
- порталы 220/110/10кВ;
- кабельные линии, соединяющие порталы и здание ОПУ;
- маслосборник и маслоотводы;
- резервуары пожарного запаса воды;
- охранное и технологическое видеонаблюдение;
- пожарную сигнализацию и пожаротушение;

- охранную сигнализацию здания ПС и территории ПС;
- молниезащиту здания ПС и территории подстанции.

Генеральный план подстанции изображен на рисунке 1.

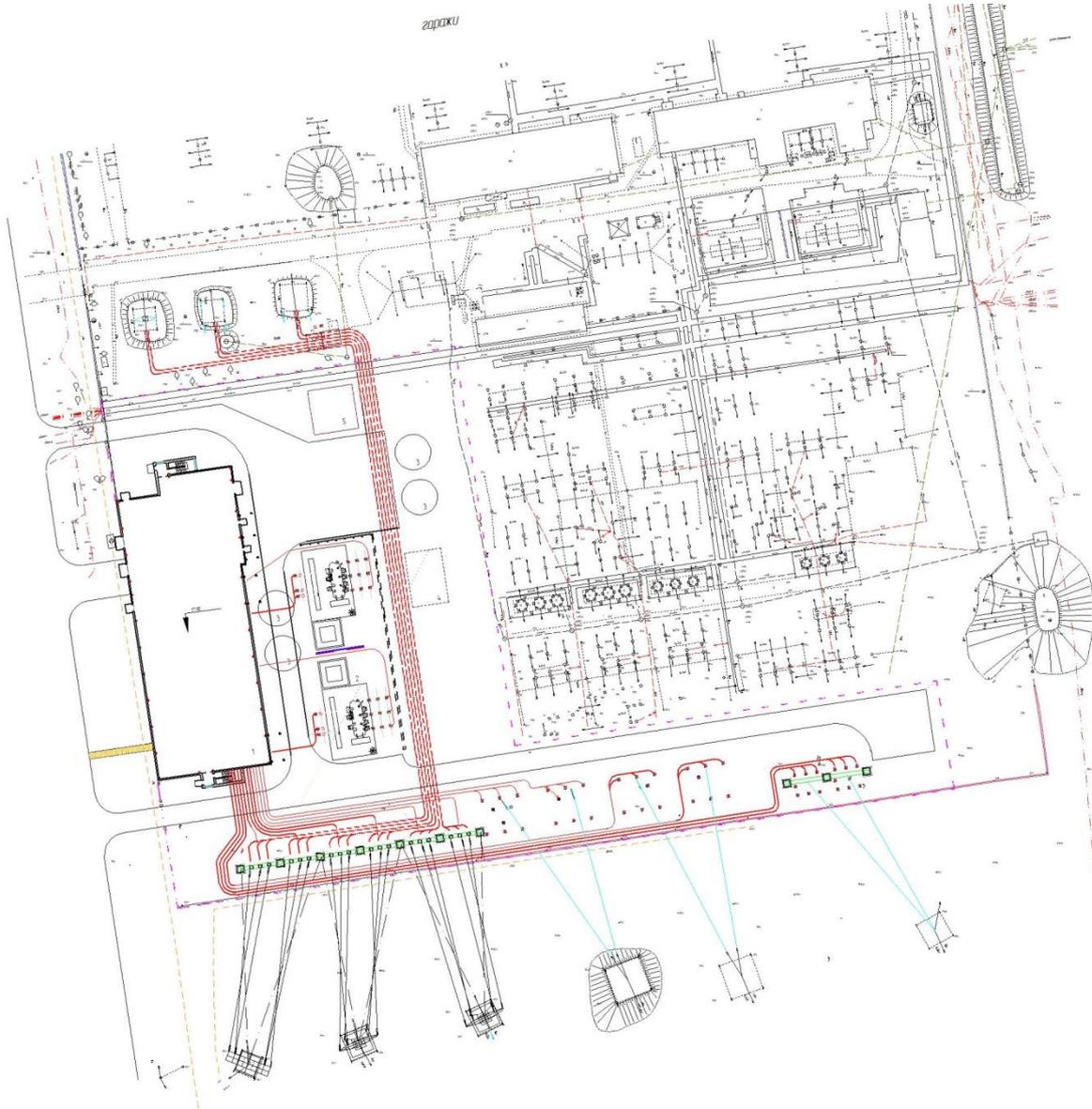


Рисунок 1 – Генеральный план подстанции

В соответствии с требованиями п.п. 4.3, 6.1.2. СП 4.13130.2013 минимальные противопожарные расстояния между зданиями и сооружениями II степени огнестойкости ПС, а также расстояния до ближайших жилых и общественных зданий, должны быть не менее 9 м. Требования нормативных

значений расстояний между зданием ПС и жилой застройкой в проекте обеспечиваются.

Расстояния между зданием подстанции и порталами 220 и 110 кВ выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ 7-го издания.

В соответствии с РД 153-34.0-49.101-2003 [3], проектируется, что расстояние от граней здания подстанции до деревьев должно быть не менее 5 м, а до кустарников — не менее 1,5 м.

Водоснабжение подстанции на хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды осуществляется от городского водопровода.

Отопление здания ПС осуществляется электрическими радиаторами с функцией автоматического поддержания заданной температуры.

Практически во всех помещениях (за исключением аккумуляторной и помещений РУ 0,4 кВ) применяется приточно-вытяжная вентиляция с рекуператорами. Подогрев воздуха в приточных воздуховодах осуществляется электрокалориферами, при этом приточные воздуховоды до калориферов теплоизолируются.

В кабельных отсеках предусматривается дымоудаление, которое осуществляется вытяжной вентиляцией с механическим побуждением.

На ПС предусматривается, что класс пожарной опасности строительных конструкций (К0) соответствует принятому классу конструктивной пожарной опасности здания ПС (статья 87, п.6, таблица 22 ТРoТПБ).

«Конструктивные элементы здания предусматриваются с пределом огнестойкости не менее, соответствующих принятой степени огнестойкости здания ПС (статья 87, п. 2, таблица 21 ТРoТПБ):

- несущие элементы – R 90;
- наружные ненесущие стены – E 15;
- междуэтажные перекрытия – REI 45;
- внутренние стены лестничных клеток – REI 90;
- марши и площадки лестниц в лестничных клетках – R 60» [4].

«В соответствии со статьёй 87, п.3 ТРoТПБ, пределы огнестойкости заполнения проемов (дверей, ворот, окон и люков) не нормируется, за исключением заполнения проемов в противопожарных преградах» [4].

«В соответствии с требованиями п.п. 4.13, 6.1.2. СП 56.13330.2021 минимальные противопожарные расстояния между зданиями и сооружениями II степени огнестойкости ПС, а также расстояния до ближайших жилых и общественных зданий, должны быть не менее 9 м. Требования нормативных значений расстояний между зданием ПС и жилой застройкой в проекте обеспечиваются» [4].

«Ширина ворот автомобильных въездов на территорию ПС, в соответствии с требованиями статьи 98, п.11 ТРoТПБ, должна обеспечивать беспрепятственный проезд основных и специальных пожарных автомобилей. Ширина въездных ворот принята не менее 4,5 м» [4].

«Ширина подъездных и внутриплощадочных дорог на территории ПС проектируется шириной 4,5 м (п.п. 5.4, 5.17 СП 56.13330.2021)» [13].

«Подъездные автодороги и внутриплощадочная автодорога выполнена из щебеночного асфальтобетона. При этом, автодороги ПС обеспечивают допустимые нагрузки основных и специальных пожарных автомобилей (статья 67, п.9 ТРoТПБ)» [4].

«На территории ПС предусматривается возможность подъезда и забора воды пожарными автомобилями из резервуаров запаса воды для пожаротушения, а также предусмотрена площадка для их разворота в соответствии с требованиями статьи 98, п.8 ТРoТПБ» [4].

В соответствии с требованиями п.7.2(е) СП 7.13130.2009, помещения категории В1 (6 кабельных помещений) в здании ПС оснащены системой вытяжной противодымной вентиляции при пожаре. Данные системы являются автономными для каждого помещения (п.7.1 СП 7.13130.2009) [12].

Водоснабжение для внутреннего и внешнего пожаротушения ПС обеспечивается от двух резервуаров запаса воды, объемом по 250 м<sup>3</sup>.

Предусматривается подогрев и теплоизоляция резервуаров и

подводящих трубопроводов для предотвращению замерзания воды (п.10.11 СП 8.13130.2020). Кроме того, резервуары оснащены установками контроля уровня и температуры воды, патрубками с соединительными головками для забора воды пожарным автотранспортом. На подающих трубопроводах установлены задвижки с электроприводом, которые перекрывают подачу воды в резервуары при достижении максимального уровня.

Служебные и вспомогательные помещения ПС отделены от помещений с технологическим оборудованием (распределительные устройства, токоограничивающие реакторы и т.п.) стенами из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее R 120.

Кабельные помещения выполнены из материалов группы НГ с пределом огнестойкости строительных конструкций не менее EI 45 (п.6.5.10 СП 4.13130).

Кабельные помещения здания ПС отделены от лестниц и вышерасположенных помещений противопожарными перегородками 1-го типа и противопожарными перекрытиями 3-го типа (предел огнестойкости не менее REI 45), что соответствует требованиям п.2.3.113 ПУЭ.

Двери выходов из кабельных помещений предусмотрены противопожарными с пределом огнестойкости не менее REI 45 и оборудуются приспособлениями для самозакрывания и уплотнениями в притворах. Открывание дверей должно быть по направлению ближайшего выхода (п.6.1.37. СП 4.13130.2013 и п.2.3.113 ПУЭ).

«Система внутреннего противопожарного водопровода здания выполнена кольцевой, при этом расход воды обеспечивается не менее 10,4 л/с (2 струи по 5,2 л/с), что соответствует требованиям таблицы 7.1 СП 10.13130.2020. Продолжительность работы пожарных кранов обеспечивается не менее 1 часа (п.6.1.23 СП 10.13130.2020)» [1].

Общее количество пожарных кранов в здании ПС – 14.

«В шкафу пожарного крана, защищаемого помещения, располагается пожарный рукав, пожарный ствол и два ручных огнетушителя [18] (п.п.7.2 СП

10.13130.2020)» [1].

«В соответствии с требованиями п. 7.3 СП 10.13130.2020, в системе внутреннего пожаротушения применяются пожарные краны с комплектующими с DN 65. Внутренние сети противопожарного водопровода выполнены из стальных электросварных труб с окраской красной краской» [4].

«Внутри здания ПС пожарные краны размещены у входов, на площадках лестничных клеток и коридорах, при этом их расположение не мешает эвакуации людей (п. 6.2.1 СП 10.13130.2020)» [4].

«Пожарные гидранты установлены на сети наружного противопожарного водопровода с условием обеспечения пожаротушения любой точки территории ПС не менее чем от двух пожарных гидрантов» [4].

«Расстояние от пожарных гидрантов до края проезжей части автомобильной дороги предусматривается не более 2,5 м, до стен здания – не менее 5 м (п. 8.8 СП 8.13130.2020)» [15].

«Помещения здания ПС обеспечиваются первичными средствами пожаротушения (огнетушителями) из расчета 2 углекислотных огнетушителя вместимостью 5 л на 400 м<sup>2</sup> защищаемой площади помещения» [4].

«В соответствии с требованиями таблицы 2, СП 3.13130.2009 здание подстанции оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 2-го типа» [16]. В соответствии с табл.1 СП 3.13130.2009 СОУЭ 2-го типа включает в себя:

- «звуковые оповещатели (сирены) персонала о пожаре;
- эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения;
- световые оповещатели «Выход» [4].

«Помещения подстанции, пространства за подвесными потолками и в кабельных каналах оснащены системой автоматической пожарной сигнализацией (СП 484.1311500.2020)» [17].

Выходы из кабельных помещений ПС в соответствии с требованиями п. 3 ст. 89 ТРОТПБ предусматриваются наружу: непосредственно; через коридор; в

соседнее помещение, имеющее выход наружу через коридор.

Маслоприемники автотрансформаторов оснащаются приемками, выполняющими роль огнепреградителей, заполненных слоем гравия, толщиной 0,25 м и размерами 1×1 м, что соответствует п.9.14 РД 153-34.0-49.101-2003 .

## **1.2 Анализ нормативных требований по обеспечению пожарной безопасности на объекте**

В соответствии со ст.5, п.3 ТРoТПБ, система обеспечения пожарной безопасности подстанции должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Целью создания системы противопожарной защиты ПС является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий. Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечивается снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества и тушением пожара (статья 51, п.п. 1, 2 ТРoТПБ).

Системой автоматического пожаротушения, способной тушить пожары класса А и В по ст.8 ФЗ № 123-ФЗ, оснащаются помещения категории В1: кабельные помещения (класс пожара А) и автотрансформаторы АТ1, АТ2 (класс пожара В).

Анализ нормативных требований по организации противопожарной защиты проведён по проверочным листам МЧС РФ (Приказ МЧС России от 9 февраля 2022 года № 78, Приложение 1). Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ нормативных требований противопожарной защиты

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы	
		да	нет
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:			
выполнены ли в полном объеме требования пожарной безопасности, установленные ТРoТПБ и нормативными документами по пожарной безопасности?	Статья 6 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – ТРoТПБ) [23]	-	+
выполнены ли в полном объеме требования пожарной безопасности, установленные ТРoТПБ, и результаты исследований, расчетов и (или) испытаний подтверждают обеспечение пожарной безопасности объекта защиты в соответствии с частью 7 ст. 6 ТРoТПБ?		-	+
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:			
обеспечения наружного противопожарного водоснабжения?	Статьи 4, 6, 62, 68, 78, 80, 90, 99 ТРoТПБ [12]	+	-
защиты зданий, сооружений, помещений и оборудования автоматической установкой пожаротушения и (или) АПС?	Статьи 4, 6, 54, 61, 78, 81, 82, 83, 91, 103, 104, глава 26 ТРoТПБ	+	-
обеспечения защиты зданий, сооружений, помещений и оборудования иными системам противопожарной защиты (системой коллективной защиты, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, системой противодымной защиты, системы внутреннего противопожарного водопровода)? [10]	Статьи 4, 6, 54, 55, 56, 78, 81, 82, 84, 85, 86, 106, 107, глава 31 ТРoТПБ	+	-
соответствия алгоритма работы технических систем (средств) противопожарной защиты?	Статьи 4, 6, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86 ТРoТПБ	-	+

Продолжение таблицы 1

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы	
		да	нет
Исключено ли наличие на объектах энергетики в газонепроницаемых стенах, отделяющих помещения с контрольно-измерительными приборами и устройствами управления от газорегуляторных пунктов и газорегуляторных установок, сквозных отверстий и щелей?	Пункт 157 Постановления Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (далее – ППР)	+	-
Выполнена ли прокладка коммуникаций через газонепроницаемые стены только с применением специальных устройств (сальников)?	Пункт 157 ППР	+	-
Исключено ли проведение монтажа или ремонта оборудования при неработающей вентиляции?	Пункт 158 ППР	+	-
Исключено ли устройство в помещениях и коридорах закрытых распределительных устройств и подстанций электростанций кладовых, не относящихся к распределительному устройству, а также хранение электротехнического оборудования, запасных частей, емкостей с горючими жидкостями и баллонов с различными газами?	Пункт 158 ППР	+	-
Устанавливаются ли в кабельных сооружениях не реже чем через 60 метров указатели ближайшего выхода?	Пункт 159 ППР	+	-
Наносятся ли в кабельных сооружениях на дверях секционных перегородок указатели (схема) движения до ближайшего выхода?	Пункт 159 ППР	+	-
Установлены ли у выходных люков из кабельных сооружений лестницы так, чтобы они не мешали проходу по тоннелю (этажу)?	Пункт 159 ППР	+	-
Содержатся ли маслоприемные устройства под трансформаторами и реакторами, маслоотводы (или специальные дренажи) в исправном состоянии для исключения при аварии растекания масла и попадания его в кабельные каналы и другие сооружения?	Пункт 160 ППР	+	-
Содержится ли в пределах бортовых ограждений маслоприемника гравийная засыпка в чистом состоянии?	Пункт 161 ППР	+	-
Осуществляется ли замена гравия при образовании на гравийной засыпке сплошного поверхностного слоя пыли и песка, замасливания его более чем на 50 процентов поверхности, а также при образовании на гравийной засыпке твердых отложений от нефтепродуктов толщиной более 3 миллиметров, появлении растительности выше 0,2 метра или невозможности его промывки и очистки?	Пункт 161 ППР	+	-

Продолжение таблицы 1

Контрольные вопросы	Реквизиты НПА с указанием их структурных единиц	Ответы на вопросы	
		да	нет
Выполнены ли бортовые ограждения маслоприемников непрерывными по всему периметру устройства?	Пункт 162 ППР	+	-
Оборудованы ли и обозначены ли места установки мобильной пожарной техники и места заземления, определенные специалистами энергетических объектов?	Пункт 163 ППР	+	-

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечивается следующими способами (статья 52 ТРОТПБ):

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространение пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство системы обнаружения пожара;
- устройство систем автоматического водяного пожаротушения;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степеням огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности здания ПС.

Целью создания системы предотвращения пожара на ПС является исключение условий возникновения пожара. Данная цель достигается исключением условий образования горючей среды и исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания (статья 48, п.п. 1, 2 ТРОТПБ).

Исключение условий образования горючей среды на ПС обеспечивается следующими способами (статья 49 ТРОТПБ):

- применение устройств защиты оборудования ПС, исключających

выход горючих веществ в объем помещения;

- удаление из помещений ПС, технологического оборудования и кабельных каналов пожароопасных отходов, отложений пыли, пуха.

Исключение условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания на ПС достигается следующими способами:

- применение на подстанции электрооборудования соответствующего по классу пожароопасной зоны;
- применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок, которые могут привести к появлению источников зажигания;
- применение на ПС оборудования, режимов проведения технологического процесса, отделочных материалов покрытий исключающих образование статического электричества;
- устройство молниезащиты здания и территории ПС;
- применение устройств (преград, перекрытий, клапанов и т.п.), исключающих возможность распространения пламени из одного объема в другой.

Вывод по 1 разделу.

Непрактично предполагать, что предписывающее нормативное требование может охватывать все необходимые меры противопожарной защиты объектов электроэнергетики. Таким образом, система противопожарной защиты должна основываться на подходе, основанном на производительности, который позволяет применять соответствующий уровень противопожарной защиты на основе анализа пожарной опасности в сочетании с оценкой пожарного риска.

Анализ нормативных требований по организации противопожарной защиты по проверочным листам МЧС РФ, утверждённым в приказе МЧС России от 09.02.2022 № 78 показал, что на подстанции находится в неисправном состоянии система автоматического пожаротушения, способная тушить автотрансформаторы АТ1, АТ2.

## **2 Анализ пожарной опасности электроустановок производственного объекта**

### **2.1 Анализ пожарной опасности электроустановок**

Основным пожароопасным оборудованием являются силовые трансформаторы. Данные трансформаторы классифицируются по номинальному напряжению, мощности, климатическому исполнению, методу охлаждения и возможности регулирования мощности под нагрузкой.

Составными частями трансформатора являются: корпус, шихтованный сердечник, обмотки высокого и низкого напряжения, ввода высокого и низкого напряжения, система РПН (регулирования под напряжением), система охлаждения, система автоматического контроля за работой трансформатора под нагрузкой.

Основным источником воспламенения внутри блока управления является неисправность электрооборудования. Электрическое и коммуникационное оборудование работают при высоком напряжении. Возгорание может произойти из-за неправильно изготовленных устройств, незакрепленных соединений или неисправностей электрических проводов, приводящих к возникновению электрических дуг, короткого замыкания и появлению горячих поверхностей. К распределительному устройству подключены высоковольтные кабели передачи. Возможен выход из строя высоковольтного кабеля, что приводит к образованию электрической дуги и перегреву поверхностей. Там, где предусмотрены распределительные устройства с газовой изоляцией, потеря изолирующей среды может привести к возникновению электрической дуги и перегреву кабелей передачи.

В ограниченном пространстве помещений может произойти возгорание неправильно размещенных отходов, таких как пропитанные маслом тряпки.

Запас топлива в контрольном контейнере состоит из полимерных материалов, используемых в компонентах оборудования и изоляции

электрических кабелей. Другим источником запаса горючих материалов могут быть неуправляемые отходы или складирование горючих материалов.

Распределительное устройство с газовой изоляцией состоит из автоматических выключателей и разъединителей, изолированных газом. РУ обычно изготавливаются в основном из негорючих материалов. Из-за изоляции высоковольтных кабелей может наблюдаться ограниченная пожарная нагрузка.

Кабельные вводы, подключающиеся к РУ, являются возможным источником отказа, связанного с неправильным производством или физическим повреждением. При выходе из строя вводов вероятным результатом являются электрические дуги, которые могут привести к воспламенению окружающих горючих материалов.

В зависимости от конструкции подстанции могут быть предусмотрены конденсаторные батареи. Конденсаторные батареи используются для коррекции коэффициента мощности для противодействия индуктивной нагрузке на линиях электропередачи. Батареи конденсаторов могут иметь воздушное охлаждение или масляную изоляцию, и, как и во многих электронных устройствах, повсюду используются пластиковые полимеры и изоляция кабелей. Потеря охлаждения может привести к перегреву и выходу из строя батарей конденсаторов, воспламеняя окружающие горючие материалы. Обрыв соединений или неправильное техническое обслуживание могут привести к возникновению дуговой вспышки, способной воспламенить изоляционную масляную среду.

Повышающий трансформатор и шунтирующие реакторы предусмотрены на подстанциях, где он используется для повышения тока низкого напряжения, до высокого напряжения для облегчения передачи электроэнергии с меньшими потерями. Трансформатор соединен передающими кабелями в двух местах: с нижней стороны и с верхней стороны с помощью вводов [4].

Трансформатор обеспечивает наибольшую пожарную нагрузку и

представляет наиболее значительную пожароопасность в инфраструктуре энергетической системы. Трансформаторы имеют несколько режимов отказа в следующих компонентах: обмотке, шине, переключателе нагрузки, основных компонентах, внешнем баке, системе защиты от неисправностей и системе охлаждения. При возникновении этих неисправностей может возникнуть высокая температура, электрические дуги и дуговая вспышка.

Реакторы на верхней стороне трансформатора обеспечивают способы ограничения скачков напряжения. Реактор изготовлен из проволочных катушек с высоковольтными кабелями передачи с полимерной изоляцией. Реактор с воздушной активной зоной выполняет ту же функцию шунтирующего устройства с масляным охлаждением, но в более ограниченном масштабе.

Кабельные вводы для передачи электроэнергии, подсоединенные к реактору, подвержены выходу из строя из-за неправильного изготовления или физического повреждения. Высоковольтные разряды могут значительно нагревать реакторы, повреждая изоляцию и приводя к возникновению электрической дуги [4].

При необходимости следует, как минимум, оценить следующие типичные сценарии возникновения пожара на беспилотной подстанции переменного тока:

- возгорание главного и вспомогательного трансформатора, например, из-за перегрузки, неисправностей, порчи масла или отсутствия охлаждения;
- возгорание или взрыв высоковольтного распределительного устройства из-за неисправностей, некачественного обслуживания;
- низковольтное оборудование загорается из-за короткого замыкания или перегрузки.

Основной горючей загрузкой трансформатора является трансформаторное масло. Поскольку в трансформаторах мощностью 630 кВА и более для охлаждения применяют масло, то оно присутствует на подстанции

в огромных количествах. Самый мощный автотрансформатор данной подстанции АОДТЦН-267000/500/220/10, габариты которого составляют 10×5×11 м (длина × ширина × высота), вмещает в себя 60 тонн трансформаторного масла.

Масла и сложные эфиры классифицируются как горючие жидкости класса ШВ. Несмотря на то, что изолирующие жидкости обеспечивают превосходную огнестойкость, неисправности трансформатора могут создать потенциал для возникновения электрических дуг и дуговых вспышек, способных генерировать устойчивые очень высокие температуры, которые могут легко воспламенить горючие жидкости (рисунок 2).



Рисунок 2 – Загорание трансформатора

Управление рисками пожара для электрических подстанций включает в себя следующее: контроль загрузки топлива, контроль источника зажигания, контроль задымления, контроль электропроводки, молниезащиту, отключение питания, а также реагирование на чрезвычайные ситуации и планирование противопожарных мероприятий.

## **2.2 Анализ нарушений требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок**

В анализируемых нормативных документах явно не требуются системы пожаротушения на всех трансформаторах, скорее, это требуется для достижения целей проектирования эффективной системы пожарной защиты. Если система противопожарной защиты будет принята в качестве инструмента снижения рисков, то предлагаются дополнительные рекомендации по проектированию и установке системы пожаротушения на трансформаторы подстанции.

С целью эффективной противопожарной защиты на трансформаторы должны быть установлены автоматические стационарные системы пожаротушения [14].

На объекте смонтированы и не функционируют установки автоматического водяного дренчерного пожаротушения, однако эти установки требуют капитального ремонта ввиду износа и выхода гарантийного и постгарантийного сроков эксплуатации ряда компонентов установок (такие как оросители, насосы, электрифицированные задвижки).

Отсутствие исправной системы автоматического пожаротушения, способная тушить пожары на автотрансформаторах АТ1, АТ2 (класс пожара В) является нарушением СП 486.1311500.2020.

На объекте ранее предусмотрено восемь дренчерных секций пожаротушения с размещением узлов управления (электрифицированных задвижек) в камерах задвижек в непосредственной близости у защищаемых трансформаторов (КЗ N2, N3).

В рамках реконструкции предусматривается:

- замена питающих трубопроводов до электрифицированных задвижек;
- замена электрифицированных задвижек тушения и дренажа;
- замена оросителей на аналогичные с теми же параметрами.

Водоснабжение должно быть организовано таким образом, чтобы повреждение какого-либо отдельного участка магистрали из-за пожара в пределах охраняемой территории не приводило к нарушению подачи воды в прилегающую территорию.

Должны быть предусмотрены два отдельных источника подачи воды к трубопроводу распределения противопожарной воды, причем основная подача осуществляется от дренчерного клапана. Вторичная подача предпочтительно должна осуществляться из другой секции пожарной магистрали. Вторичный источник питания может быть активирован вручную.

Вывод по второму разделу.

В разделе выполнен анализ пожарной опасности электроустановок на основе действующих требований и идентифицированы нарушения требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок – в частности отсутствия системы автоматического пожаротушения силовых трансформаторов.

Подход к противопожарной защите требует автоматического тушения и контроля небольших зарождающихся пожаров, а не тушения крупного, полностью развившегося пожара.

Тем не менее, для самого крупного пожара, который с наибольшей вероятностью может возникнуть, должна быть обеспечена эффективная система пожаротушения.

Философия противопожарной защиты сводится к следующим ключевым концепциям:

- сводят к минимуму возгорание и рост пожара;
- ограничить последствия пожара;
- обеспечивают быстрое обнаружение пожара и его тушение.

Неисправность оборудования является серьезным источником возгорания на всей территории подстанции.

Электрическая система должна быть спроектирована и установлена в соответствии с требованиями нормативных актов для обеспечения

соответствующих уплотнений, материалов, корпусов и методов строительства, которые сводят к минимуму электрические неисправности. Должны быть предусмотрены методы выявления неисправностей в системе, которые автоматически отключают неисправные компоненты системы.

Повсюду следует использовать негорючие металлические электрические корпуса, чтобы возгорание горючих поверхностей от электрических разрядов и замыканий, вызванных внутренними компонентами, локализовалось в площади корпуса.

Выход из строя системы охлаждения или применение механических повреждений потенциально могут привести к образованию горячей поверхности, что может привести к возгоранию.

Система пожаротушения или обнаружения пожара должна быть заблокирована для безопасного отключения, чтобы снизить риск возникновения пожара.

### **3 Разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности электроустановок**

Системы дренчерного орошения используются для маслonaполненных устройств, таких как трансформаторы и реакторы, дизель-генераторные отделения, хранилища горючих газов, топливные установки и насосные станции. Системы газового пожаротушения должны быть предусмотрены для аккумуляторных отделений, диспетчерских, помещений высокого/низкого напряжения и чувствительных электронных помещений.

Несколько избранных тематических исследований, посвященных источникам воспламенения и пожаротушения на электроподстанциях, были взяты из различных литературных источников.

«Учитывая высокую пожарную опасность масляных силовых трансформаторов, ГК «Пожнефтехим», российский производитель оборудования и пенообразователей для систем пожаротушения промышленных объектов, обращает внимание на возможность значительно повысить эффективность тушения распыленной водой за счет дополнения подачи пены в начальной фазе пожара. Современные дренчерные оросители с осцилляторами «Антифайер» и пленкообразующие пенообразователи «Аквафом» типа AFFF способны эффективно и быстро справляться с пожарами ЛВЖ и ГЖ (тушение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей водой недопустимо, так как ведет к распространению огня)» [3].

«Не менее актуально предложение применять дренчерные оросители специального назначения «Антифайер» вместо устаревших, недостаточно приспособленных оросителей, а также вместо лафетных стволов и при реализации установок пожаротушения распыленной водой без фазы подачи пены» [3].

«СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной

сигнализации. Требования пожарной безопасности», таблица 4 – Оборудование регламентирует оснащение автоматическими установками пожаротушения (АУПТ) масляных силовых трансформаторов:

- с напряжением 500 кВ и выше (независимо от площади);
- напряжением 220-330 кВ и выше, мощностью 200МВА и выше;
- напряжением 10 кВ и выше, установленные у здания гидроэлектростанций, с единичной мощностью 63МВА и выше;
- напряжением 110 кВ и выше, установленные в камерах закрытых подстанций глубокого ввода и в закрытых распределительных установках электростанций и подстанций, мощностью 63МВА и выше» [3].

«Карты орошения дренчерных оросителей «Антифайер» для подачи пены (или воды) настраиваются таким образом, чтобы за счет соударения струй создавался объем распыляемой пены низкой кратности (или воды), быстро снижающий интенсивность горения трансформаторного масла. При образовании на горячей поверхности изолирующей тонкой пленки горение прекращается» [3]. Пример настройки карт орошения трансформатора представлен на рисунке 3.

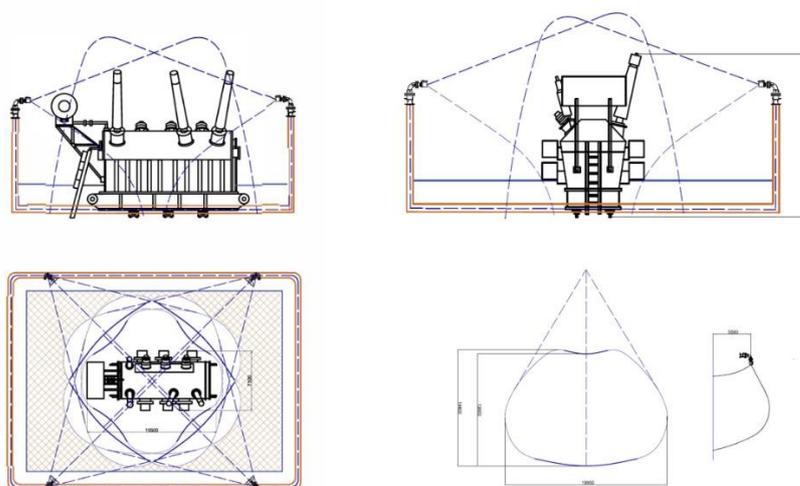


Рисунок 3 – Карты орошения дренчерных оросителей «Антифайер»

«Пожаротушение масляного силового трансформатора включает два этапа: ликвидация горения (или снижение его интенсивности) и охлаждение. На первом этапе в течение 3-5 минут подается пленкообразующая пена низкой кратности через ороситель. Пленкообразующие свойства высокоэффективных фторсинтетических пенообразователей (тип AFFF) эффективно ликвидируют возгорание горючих жидкостей, а также обеспечивают охлаждение трансформатора» [3].

«После завершения подачи пены начинается подача распыленной воды. В систему начинает поступать вода и осуществляется интенсивное охлаждение трансформатора до достижения 30 минут общей работы установки» [3].

«Автоматические установки пожаротушения масляных трансформаторов только на основе распыленной воды, без начальной фазы подачи пленкообразующей пены, могут допускаться» [3].

На ПС предлагается водяная дренчерная система автоматического пожаротушения трансформаторов тонкораспылённой водой.

Принимаются следующие параметры:

- интенсивность орошения защищаемой площади помещения не менее – 0,34 л/(с м<sup>2</sup>);
- минимальная площадь, защищаемая, не менее, м<sup>2</sup> – 180 × К, где К – коэффициент равный для группы К = S<sub>факт.</sub>/180;
- S<sub>факт.</sub> – фактическая площадь, защищаемого объекта;
- продолжительность подачи воды не менее – 60 мин;
- максимальное расстояние между оросителями – 3 м.

Система принимается не водозаполненной, так как температура воздуха вокруг трансформаторов ПС менее 5 °С.

Расстояние от центра теплового замка побудительной системы дренчерного оросителя до плоскости перекрытия должно быть в пределах 0,08-0,3 м, в исключительных случаях это расстояние допускается увеличивать до 0,4 м.

В пределах одной зоны тушения проектируется устанавливать оросители с равной производительностью, одинаковым типом и конструктивным исполнением.

Автоматическое включение дренчерных установок проектируется осуществлять по сигналам от одного из видов технических средств или по совокупности сигналов этих технических средств:

- пожарных извещателей АПС;
- АСУ ТП подстанции.

К питающим, подводящим и распределительным сетям (рисунок 4) не допускается присоединение производственного и санитарно-технического оборудования.

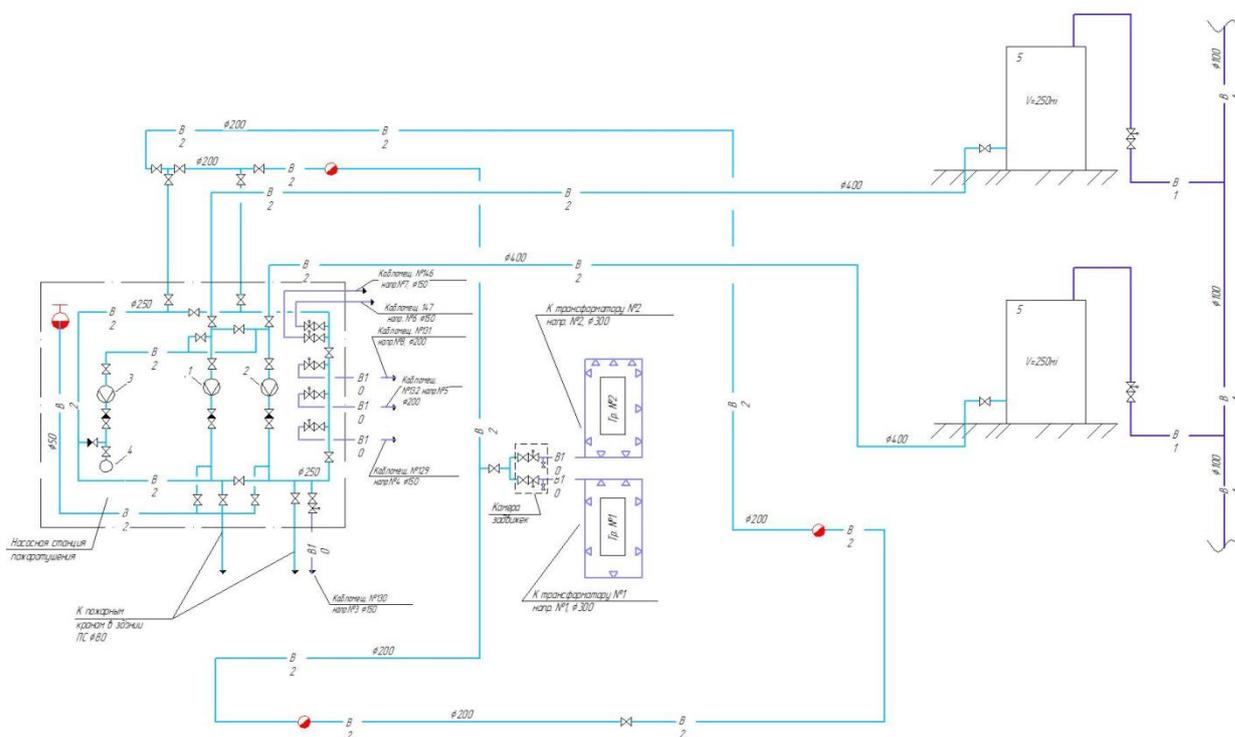


Рисунок 4 – Схема сетей системы пожаротушения

Количество оросителей на одной ветви распределительных трубопроводов не ограничивается; при этом распределительная сеть пожаротушения должна обеспечить нормативную интенсивность орошения. Расположение оросителей систем пожаротушения на распределительной сети

может быть симметричным (с кольцевым или тупиковым питающим трубопроводом) или несимметричным (с кольцевым или тупиковым питающим трубопроводом).

Технические средства системы пожаротушения (кроме оросителей (рисунок 5), измерительных приборов и трубопроводов) должны быть окрашены в красный цвет.

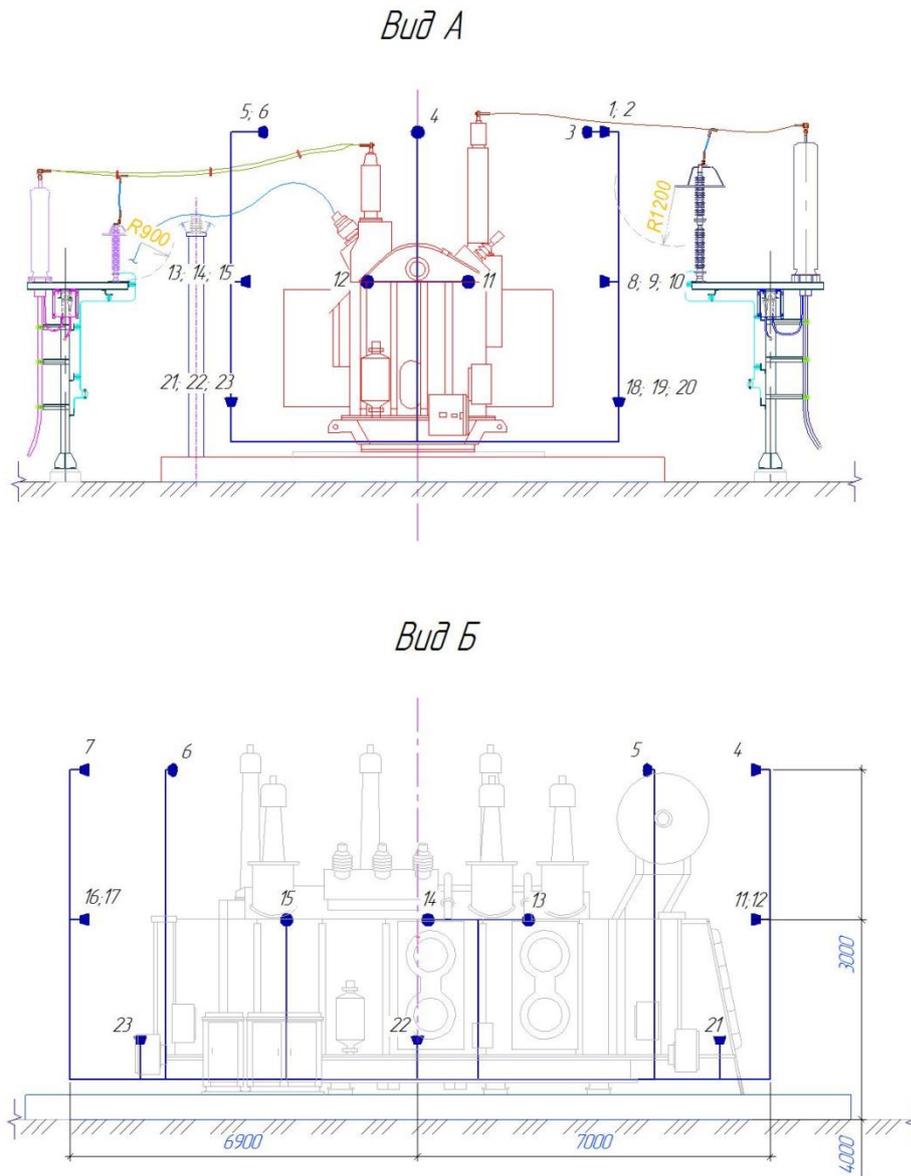


Рисунок 5 – Размещение оросителей вокруг трансформатора

Тупиковые или кольцевые питающие трубопроводы систем

пожаротушения должны быть оборудованы промывочными заглушками либо запорными устройствами с номинальным диаметром не менее DN 50, если диаметр этих трубопроводов меньше DN 50, то диаметр промывочных заглушек либо запорных устройств должен соответствовать номинальному диаметру трубопровода. При этом в тупиковых трубопроводах промывочное устройство устанавливается в конце участка, в кольцевых – в наиболее удаленном от узла управления месте.

Питающие и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств.

Все трубопроводы АУПТ должны иметь цифровое или буквенно-цифровое обозначение согласно гидравлической схеме [2].

В связи с тем, что система пожаротушения трансформатора на ПС предназначена для защиты оборудования под напряжением, металлические трубопроводы должны быть заземлены.

Узлы управления АУПТ размещаются в насосной пожаротушения на первом этаже здания ПС и выделяются остекленными или сетчатыми перегородками.

Узлы управления должны обеспечивать:

- подачу воды на тушение пожаров АУПТ;
- заполнение питающих и распределительных трубопроводов систем пожаротушения подстанции;
- слив воды из питающих и распределительных трубопроводов;
- компенсацию утечек из гидравлических систем пожаротушения;
- проверку сигнализации срабатывания узла управления;
- измерение давления до и после узла управления.

Компоновка систем пожаротушения должна обеспечивать демонтаж измерительных устройств для их поверки без перерыва работоспособности систем.

В установку пожаротушения входят:

- подземный трубопровод длиной 300 метров диаметром 250 мм,

соединяющий насосную пожаротушения и подземные водоёмы.

- два подземных водоёма для воды емкостью 250 м<sup>3</sup> каждый;
- насосная пожаротушения, где установлены два пожарных насоса с электродвигателем типа АЛ-103-4 производительностью 320 м<sup>3</sup>/час при давлении 8-10 кгс/см<sup>2</sup> и запорная арматура. Мощность электродвигателя пожарного насоса S=190 кВт;
- подземный противопожарный водопровод диаметром 250 мм и протяженностью 1150 метров;
- распределительные камеры систем водяного пожаротушения автотрансформаторов, резервной фазы и кабельного этажа, где имеются напорные и сливные задвижки с электроприводом.
- напорные задвижки с электроприводом мощностью 0,6 кВт для каждой фазы.
- сливные задвижки с электроприводом мощностью 0,18 кВт для каждой фазы.

Автоматизация установок пожаротушения построена на КТО «Спрут-2».

В насосной пожаротушения необходимо установить:

- 2 насоса пожаротушения;
- насос пневмобака;
- шкафы управления пожаротушения АТ-1 и АТГ-2, откуда осуществляется управление сливными и напорными задвижками, пуск и останов насосов пожаротушения ;
- силовая сборка 0,4 кВ;
- напорные ручные задвижки;
- пневмобак.

В камере задвижек кабельного полуэтажа установить:

- шкаф сборки, с которого осуществляется питание автоматики пожаротушения трансформаторов и приводов задвижек;

- шкаф управления задвижками;
- шкаф управления.
- напорные задвижки с электрическим приводом Н-К1, Н- К2;
- напорные задвижки ручные 2-К, 3- К;
- сливные задвижки с электрическим приводом Д- К1, Д-К2;

На панели находятся:

- кнопки пуска пожаротушения;
- кнопка останова устройства пожаротушения;
- рубильники шунтирования цепей контроля отсутствия напряжения на АТ-1 и АТГ-2;
- переключатели режима работы пожарных насосов;
- автомат оперативного тока схемы пуска пожаротушения;
- указательные реле.

«Пуск системы пожаротушения должен производиться только через устройство контроля отключения выключателей АТ со всех сторон электропитания» [4].

Ручной пуск: для пуска системы пожаротушения вручную выполнить следующие операции:

- закрыть сливную задвижку соответствующей фазы или отсека трансформатора;
- открыть напорную задвижку соответствующей фазы или отсека трансформатора;
- запустить ПН № 1 (в случае его отказа ПН № 2).
- проверить запуск ПН № 1 (ПН № 2) по нагрузке на щитовом приборе.

Для останова пожаротушения необходимо нажать кнопку «Останов пуска пожаротушения» на панели ГЩУ или произвести операции ключами в обратном порядке.

При отказе дистанционного пуска – оперировать задвижками вручную.

Автоматический пуск пожаротушения АТ-1 и АТГ-2: автоматика

действует в той же последовательности, что и при ручном пуске:

- закрывается сливная задвижка соответствующей фазы;
- открывается напорная задвижка соответствующей фазы;
- запускается рабочий ПН (резервный ПН, если откажет рабочий ПН).

Если автоматический пуск не произошёл, можно запустить схему автоматики кнопкой «Пуск автоматики пожаротушения АТ-1 (АТГ-2)» пофазно на панели.

Останов схемы производится кнопкой «Останов пуска пожаротушения» на панели ГЩУ. При использовании резервной фазы вместо любой рабочей пуск водяного пожаротушения резервной фазы происходит от автоматики соответствующей фазы АТГ-2.

При возникновении пожара на неработающей резервной фазе пуск пожаротушения производится вручную из насосной пожаротушения в следующей последовательности:

- закрывается сливная задвижка с электрическим приводом резервной фазы;
- открывается напорная задвижка с электрическим приводом резервной фазы;
- на панели ГЩУ включается ключом управления ПН 1 или ПН 2.

Выводы по 3 разделу.

В разделе предлагаются методы, способы, средства для повышения пожарной безопасности электроустановок и устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности.

На ПС предлагается вместо неисправной дренчерной системы орошения трансформаторов использовать водяную систему автоматического пожаротушения трансформаторов тонкораспылённой водой при помощи использования пенных оросителей, с интенсивностью орошения защищаемой площади помещения не менее – 0,34 л/(с м<sup>2</sup>) и продолжительностью тушения (охлаждения) не менее 60 мин.

Количество оросителей САПК принято в количестве 23 шт. Питающие

и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств.

Пуск пожаротушения АТ-1 и АТГ-2 производится автоматически и вручную.

Если автоматический пуск не произошёл, можно запустить схему автоматики кнопкой «Пуск автоматики пожаротушения АТ-1 (АТГ-2)» пофазно на панели. Останов схемы производится кнопкой «Останов пуска пожаротушения» на панели ГЩУ.

При использовании резервной фазы вместо любой рабочей пуск водяного пожаротушения резервной фазы происходит от автоматики соответствующей фазы АТГ-2.

При возникновении пожара на неработающей резервной фазе пуск пожаротушения производится вручную из насосной пожаротушения.

## 4 Охрана труда

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 [7] для рабочих мест:

- электромонтёра;
- монтажника;
- водителя.

Планирование безопасной работы на высоте означает:

- определение опасностей;
- оценка опасностей;
- контроль опасностей.

Реестр рисков на рабочих местах электромонтёра, монтажника и водителя представлен в таблицах 2-4.

Таблица 2 – Реестр рисков на рабочем месте электромонтёра

Опасность	ID	Опасное событие
3 Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
	3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
13. Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
	13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха
13. Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.9	Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру
14. Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру

Продолжение таблицы 2

Опасность	ID	Опасное событие
27. Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
	27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
	27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
	27.4	Воздействие электрической дуги
27. Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
27. Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи	27.7	Поражение электрическим током

Таблица 3 – Реестр рисков на рабочем месте монтажника

Опасность	ID	Опасное событие
3 Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
7. Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
22. Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме
23. Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках

Таблица 4 – Реестр рисков на рабочем месте водителя

Опасность	ID	Опасное событие
7. Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
	7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ

Продолжение таблицы 4

Опасность	ID	Опасное событие
8. Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования

Оценка вероятности представлена в таблице 5.

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 6.

Таблица 5 – Оценка вероятности

Степень вероятности	Характеристика	Коэффициент, А
1 Весьма маловероятно	«Практически исключено» [8]. «Зависит от следования инструкции» [8]. «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8].	1
2 Маловероятно	«Сложно представить, однако может произойти» [8]. «Зависит от следования инструкции» [8]. «Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки» [8].	2
3 Возможно	«Иногда может произойти» [8]. «Зависит от обучения (квалификации)» [8]. «Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая» [8]	3
4 Вероятно	«Зависит от случая, высокая степень возможности реализации» [8]. «Часто слышим о подобных фактах» [8]. «Периодически наблюдаемое событие» [8]	4
5 Весьма вероятно	«Обязательно произойдет» [8]. «Практически несомненно» [8]. «Регулярно наблюдаемое событие» [8]	5

Таблица 6 – 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)» [8]. «Несчастный случай на производстве со смертельным исходом» [8]. «Авария» [8]. «Пожар» [8]	5

Продолжение таблицы 6

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
4	Крупная	«Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней)» [8]. «Профессиональное заболевание» [8]. «Инцидент» [8]	4
3	Значительная	«Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней» [8]. «Инцидент» [8]	3
2	Незначительная	«Незначительная травма - микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь» [8]. «Инцидент» [8]. «Быстро потушенное загорание» [8]	2
1	Приемлемая	«Без травмы или заболевания» [8]. «Незначительный, быстроустраняемый ущерб» [8]	1

Количественная оценка профессионального риска рассчитывается по формуле 1.

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

где А – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

Оценка риска, R:

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

По результатам проведенной идентификации на каждом рабочем месте заполняется Анкета (таблица 7) в соответствии Приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» [8].

Таблица 7 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Электромонтер	3	3.2	4	4	4	4	16	Средний
		3.3	3	3	5	5	15	Средний
	13	13.1	3	3	3	3	9	Средний
		13.3	3	3	3	3	9	Средний
		13.9	3	3	3	3	9	Средний
	14	14.1	3	3	3	3	9	Средний
	27	27.1	4	4	5	5	20	Высокий
		27.2	3	3	5	5	15	Средний
		27.3	3	3	5	5	15	Средний
		27.4	3	3	5	5	15	Средний
		27.5	3	3	5	5	15	Средний
	27	27.6	2	2	5	5	10	Средний
27.7		3	3	5	5	15	Средний	
Монтажник	3	3.4	4	4	2	2	8	Низкий
	7	7.1	3	3	4	4	12	Средний
	22	22.1	3	3	4	4	12	Средний
	23	23.1	4	4	3	3	12	Средний
Водитель	7	7.2	3	3	3	3	9	Средний
		7.5	4	4	3	3	12	Средний
	8	8.1	4	4	4	4	16	Средний

Меры управления рисками представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Меры управления рисками

Опасность	Выполняемая работа	Источник опасности	Меры управления риском
Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением	Работы с электрооборудованием	Напряжение на электрооборудовании	Контроль отключения электроснабжения оборудования на котором предстоят работы. Установка заземления на корпус трансформатора (рисунок 6)
Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности	Работы на высоте	Высота рабочего места	Применение ограждений, знаков безопасности и надписей

Предлагаемая установка заземления на корпус трансформатора

изображена на рисунке 6.

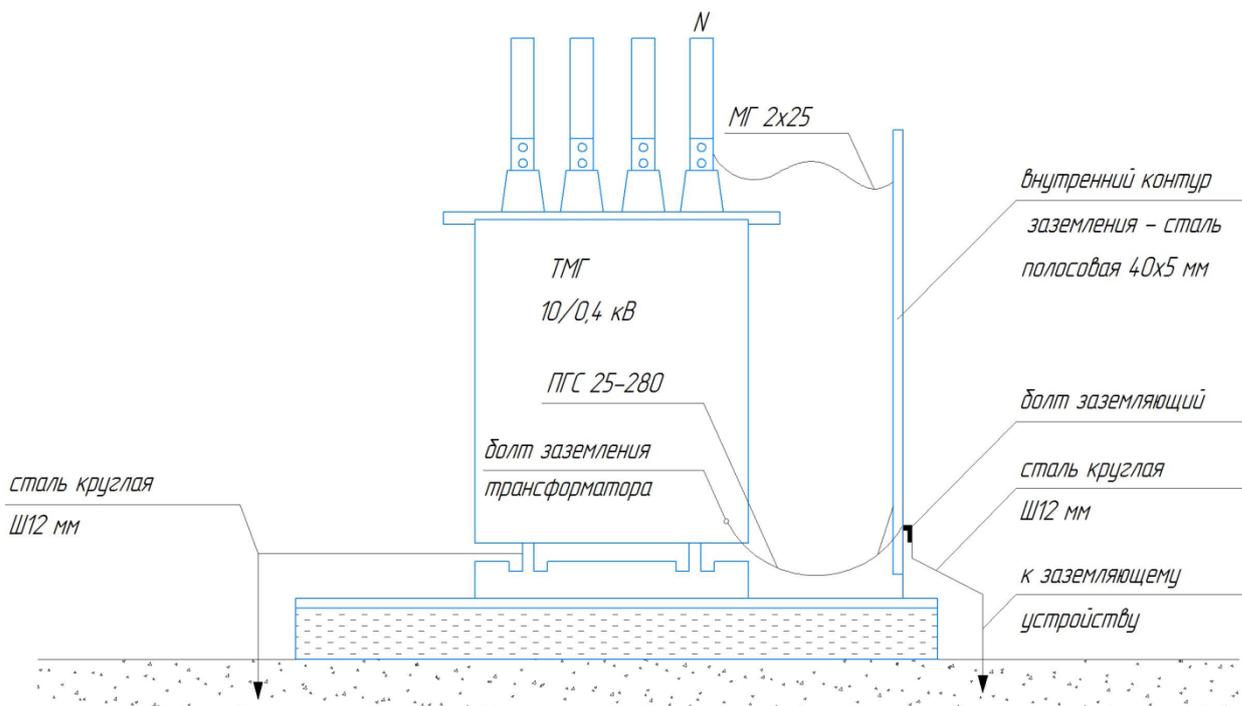


Рисунок 6 – Предлагаемая установка заземления на корпус трансформатора

Установка заземления на корпус трансформатора обеспечит электробезопасность работ по обслуживанию трансформатора и его оборудования.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что основные опасности с высоким риском воздействия на работников организации связаны с воздействием высокого напряжения электрооборудования и высоты рабочего места при падении, при этом предложены меры снижения рисков: контроль оборудования, находящегося под напряжением, установка заземления на корпус трансформатора и применением ограждений с соответствующими знаками безопасности на площадках, находящихся на высоте.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки ПС «Зелёный угол» на окружающую среду (таблица 9).

Таблица 9 – Антропогенная нагрузка ПС «Зелёный угол» на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ПС «Зелёный угол»	Подстанция	Азота диоксид, азот (II) оксид, углерод оксид	-	ТКО
Количество в год		0,121512 т	-	81,003 т

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

Таблица 10 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [11]

Структурное подразделение		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
номер	наименование		
1	Подстанция	Обращение с отходами	Не соответствует

Предлагается технология переработки минеральных масел для дальнейшего использования.

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень загрязняющих веществ

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

Результаты ПЭК окружающей среды представлены в таблицах 12-14.

Таблица 12 – 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 согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
номер	наименование	номер	наименование							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Подстанция	0125	Вытяжная вентиляция	Азота диоксид	0,05	0,030764	0	25.04.2023	0	-
				Азот (II) оксид	0,05	0,030764	0	25.04.2023	0	-
				Углерод оксид	0,05	0,059984	0	25.04.2023	0	-
Итого	-	-	-	-	0,15	0,121512	0	-	0	-

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

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м <sup>3</sup> /сут.; тыс. м <sup>3</sup> /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup>			Эффективность очистки сточных вод, %	
			проектный	допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	фактический			проектное	допустимое, в соответствии и с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	фактическое	проектная	фактическая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16
Очистные сооружения отсутствуют												

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

№ 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства) [9]	47110101521	1	0	0	0,005	0	0	0,005
2	Отходы минеральных масел индустриальных	40613001313	3	0	0	42,10	0	42,10	0
3	Провод медный, покрытый никелем, утративший потребительские свойства [9]	48230401523	3	0	0	3,50	0	3,50	0

Продолжение таблицы 14

№ строки	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн							
	всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения		
	11	12	13	14	15	16		
1	0,005	-	-	0,005	-	-		
2	42,10	-	42,10	-	-	-		
3	3,5	-	3,5	-	-	-		
№ 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	
2	-	-	-	-	-	0	0	
3	-	-	-	-	-	0	0	

Вывод по разделу.

В целях предотвращения случайного пролива трансформаторного масла при эксплуатации и технического обслуживания трансформаторов необходимо предусмотреть установку емкостей с песком в зоне размещения трансформаторов.

В процессе эксплуатации подстанции образуются следующие отходы:

- лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства);
- отходы минеральных масел промышленных;
- провод медный, покрытый никелем, утративший потребительские свойства.

Сбор отходов осуществляется в сборный контейнер емкостью 0,75 м<sup>3</sup>, установленный на специальной контейнерной площадке. Контейнерная площадка имеет твердое покрытие, непроницаемое для токсичных веществ. Для временного хранения строительных отходов при проведении реконструкции подстанции предусматривается установка контейнеров емкостью 6 м<sup>3</sup>. Контейнеры устанавливаются на специальной площадке с твердым покрытием.

Вывоз бытовых и строительных отходов производится по мере накопления по договору с АО «Спецавтотранс» на санкционированный полигон.

## **6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности**

В работе предлагаются методы, способы, средства для повышения пожарной безопасности электроустановок и устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности.

На ПС предлагается водяная дренчерная система автоматического пожаротушения трансформаторов, с интенсивностью орошения защищаемой площади помещения не менее – 0,34 л/(с м<sup>2</sup>) и продолжительностью тушения (охлаждения) не менее 60 мин.

Количество оросителей САПК принято в количестве 23 шт. Питающие и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств.

План реализации данных мероприятий представлен в таблице 15.

Таблица 15 – План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте

Мероприятия	Срок исполнения
Разработка проекта водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов	2024 год
Монтаж водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов	2024 год
Пуско-наладочные работы	2024 год

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- если трансформаторы электрической подстанции не оборудованы системой пожаротушения, при возникновении загорания трансформатора (маслобака) тушение производится привозными средствами пожарных подразделений, на начальном этапе пожара тушение производится первичными средствами работниками подстанции;

- если электрическая подстанция оборудована водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов.

Рассчитаем площадь пожара подстанции по формуле 2:

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

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

$B_{\text{св.г}}$  – время свободного горения, мин.» [21]

$$F''_{\text{пож}} = 3,14(1,5 \times 14)^2 = 1384,74 \text{ м}^2,$$

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	1 вариант	2 вариант
Площадь пожара	м <sup>2</sup>	1384,74	10
Площадь здания	м <sup>2</sup>	3946,85	
Стоимость оборудования	руб./м <sup>2</sup>	20000	20000
Стоимость частей зданий и строений	руб./м <sup>2</sup>	10000	10000
Вероятность возникновения загорания на исследуемом объекте	1/м <sup>2</sup> в год	$2,2 \cdot 10^{-5}$	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [21]	$P_2$	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [21]	$P_1$	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [21]	$P_3$	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [21]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [21]	$\kappa$	1,63	

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров производится по формуле 3.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (3)$$

«где  $M(\Pi_1)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;  
 $M(\Pi_2)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;  
 $M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [21]:

$$M(\Pi_1) = JFC_m F_{\text{пож}} (1+k)p_1; \quad (4)$$

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

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

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

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

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [21].

$$M(\Pi_2) = JF(C_m F'_{\text{пож}} + C_k) 0,52(1+k)(1-p_1)p_2; \quad (5)$$

«где  $p_2$  – вероятность тушения пожара привозными средствами;

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

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

[21].

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 2,2 \times 10^{-5} \times 3946,85 \times 10000 \times 1384,74 \times (1+1,63) \times 0,86 = 2719541,81 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,2 \times 10^{-5} \times 3946,85 \times (10000 \times 1384,74 + 20000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = 297402,89 \text{ руб./год}.$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 2,2 \times 10^{-5} \times 3946,85 \times 10000 \times 10 \times (1+1,63) \times 0,86 = 19639,37 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,2 \times 10^{-5} \times 3946,85 \times (10000 \times 10 + 20000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = 2573,54 \text{ руб./год};$$

Общие ожидаемые потери от пожаров составят:

- если трансформаторы электрической подстанции не оборудованы системой пожаротушения, при возникновении загорания трансформатора тушение производится привозными средствами пожарных подразделений, на начальном этапе пожара тушение производится первичными средствами работниками подстанции:

$$M(\Pi)_1 = 2719541,81 + 297402,89 = 3016944,70 \text{ руб./год};$$

- если электрическая подстанция оборудована водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов:

$$M(\Pi)_2 = 19639,37 + 2573,54 = 22212,91 \text{ руб./год}.$$

Стоимость реализации разработанного плана мероприятий представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка проекта водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов	50000
Монтаж водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов	1300000
Стоимость оборудования	3000000
Пуско-наладочные работы	200000
Итого:	4350000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем по формуле 6:

$$P = A + C \quad (6)$$

где  $A$  – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств, руб./год;  
 $C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [21].

$$P=300000+510000=810000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 7:

$$C_2 = C_{m.p.} + C_{c.o.n.} \quad (7)$$

где « $C_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;  
 $C_{с.о.п.}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [21].

$$C_2=150000+360000=510000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 8:

$$C_{m.p.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (8)$$

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

$H_{т.р.}$  – норма текущего ремонта, %» [21].

$$C_{m.p.} = \frac{3000000 \times 5}{100} = 150000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 9:

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \times Ч \times \text{ЗПЛ} \quad (9)$$

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

ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./месс» [21].

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \times 1 \times 30000 = 360000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств рассчитываются по формуле 10:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (10)$$

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

$H_a$  – норма амортизации, %» [21].

$$A = \frac{3000000 \times 10}{100} = 300000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории подстанции составит (формула 11):

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (11)$$

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

t – год осуществления затрат;

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

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

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

$P_1, P_2$  – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год» [21].

Расчёт денежных потоков представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта	$M(\Pi_1)-M(\Pi_2)$	$P_2-P_1$	$\frac{1}{(1+НД)^t}$	$[M(\Pi_1)-M(\Pi_2)-(C_2-C_1)] \cdot \frac{1}{(1+НД)^t}$	$K_2-K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта)
1	2994731,79	810000	0,91	1988105,93	4350000	-2361894,07
2	2994731,79	810000	0,83	1813327,39	-	1813327,39
3	2994731,79	810000	0,75	1638548,84	-	1638548,84
4	2994731,79	810000	0,68	1485617,62	-	1485617,62
5	2994731,79	810000	0,62	1354533,71	-	1354533,71
6	2994731,79	810000	0,56	1223449,80	-	1223449,80
7	2994731,79	810000	0,51	1114213,21	-	1114213,21
8	2994731,79	810000	0,47	1026823,94	-	1026823,94
9	2994731,79	810000	0,42	917587,35	-	917587,35
10	2994731,79	810000	0,39	852045,40	-	852045,40

Вывод по разделу 6.

В разделе разработан план монтажа водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов и рассчитан экономический эффект от его реализации.

Интегральный экономический эффект от монтажа водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов за десять лет составит 9064253,19 рублей.

## Заключение

В первом разделе представлена общая характеристика объекта защиты, имеющиеся системы противопожарной защиты; проанализированы нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности на объекте. Непрактично предполагать, что предписывающее нормативное требование может охватывать все необходимые меры противопожарной защиты объектов электроэнергетики. Таким образом, система противопожарной защиты должна основываться на подходе, основанном на производительности, который позволяет применять соответствующий уровень противопожарной защиты на основе анализа пожарной опасности в сочетании с оценкой пожарного риска.

Анализ нормативных требований по организации противопожарной защиты по проверочным листам МЧС РФ, утверждённым в приказе МЧС России от 09.02.2022 № 78 показал, что на подстанции находится в неисправном состоянии система автоматического пожаротушения, способная тушить автотрансформаторы АТ1, АТ2.

Во втором разделе выполнен анализ пожарной опасности электроустановок на основе действующих требований и идентифицированы нарушения требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок.

В разделе выполнен анализ пожарной опасности электроустановок на основе действующих требований и идентифицированы нарушения требований пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок – в частности отсутствия системы автоматического пожаротушения силовых трансформаторов.

Подход к противопожарной защите требует автоматического тушения и контроля небольших зарождающихся пожаров, а не тушения крупного, полностью развившегося пожара.

Тем не менее, для самого крупного пожара, который с наибольшей вероятностью может возникнуть, должна быть обеспечена эффективная

система пожаротушения.

Философия противопожарной защиты сводится к следующим ключевым концепциям:

- сводят к минимуму возгорание и рост пожара;
- ограничить последствия пожара;
- обеспечивают быстрое обнаружение пожара и его тушение.

Неисправность оборудования является серьезным источником возгорания на всей территории подстанции.

Электрическая система должна быть спроектирована и установлена в соответствии с требованиями нормативных актов для обеспечения соответствующих уплотнений, материалов, корпусов и методов строительства, которые сводят к минимуму электрические неисправности. Должны быть предусмотрены методы выявления неисправностей в системе, которые автоматически отключают неисправные компоненты системы.

Повсюду следует использовать негорючие металлические электрические корпуса, чтобы возгорание горючих поверхностей от электрических разрядов и замыканий, вызванных внутренними компонентами, локализовалось в площади корпуса.

Выход из строя системы охлаждения или применение механических повреждений потенциально могут привести к образованию горячей поверхности, что может привести к возгоранию.

Система пожаротушения или обнаружения пожара должна быть заблокирована для безопасного отключения, чтобы снизить риск возникновения пожара.

В третьем разделе предлагаются методы, способы, средства для повышения пожарной безопасности электроустановок и устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности.

На ПС предлагается вместо неисправной дренчерной системы орошения трансформаторов использовать водяную систему автоматического пожаротушения трансформаторов тонкораспылённой водой при помощи

использования пенных оросителей, с интенсивностью орошения защищаемой площади помещения не менее – 0,34 л/(с м<sup>2</sup>) и продолжительностью тушения (охлаждения) не менее 60 мин.

Количество оросителей САПК принято в количестве 23 шт. Питающие и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств.

Пуск пожаротушения АТ-1 и АТГ-2 производится автоматически и вручную.

Если автоматический пуск не произошёл, можно запустить схему автоматики кнопкой «Пуск автоматики пожаротушения АТ-1 (АТГ-2)» пофазно на панели. Останов схемы производится кнопкой «Останов пуска пожаротушения» на панели ГЩУ.

При использовании резервной фазы вместо любой рабочей пуск водяного пожаротушения резервной фазы происходит от автоматики соответствующей фазы АТГ-2.

При возникновении пожара на неработающей резервной фазе пуск пожаротушения производится вручную из насосной пожаротушения.

В четвёртом разделе определено, что основные опасности с высоким риском воздействия на работников организации связаны с воздействием высокого напряжения электрооборудования и высоты рабочего места при падении, при этом предложены меры снижения рисков: контроль оборудования, находящегося под напряжением, установка заземления на корпус трансформатора и применением ограждений с соответствующими знаками безопасности на площадках, находящихся на высоте.

В пятом разделе установлено, что в целях предотвращения случайного пролива трансформаторного масла при эксплуатации и технического обслуживания трансформаторов необходимо предусмотреть установку емкостей с песком в зоне размещения трансформаторов.

В процессе эксплуатации подстанции образуются следующие отходы:

– лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие

потребительские свойства);

- отходы минеральных масел промышленных;
- провод медный, покрытый никелем, утративший потребительские свойства.

Сбор отходов осуществляется в сборный контейнер емкостью 0,75 м<sup>3</sup>, установленный на специальной контейнерной площадке. Контейнерная площадка имеет твердое покрытие, непроницаемое для токсичных веществ. Для временного хранения строительных отходов при проведении реконструкции подстанции предусматривается установка контейнеров емкостью 6 м<sup>3</sup>. Контейнеры устанавливаются на специальной площадке с твердым покрытием.

Вывоз бытовых и строительных отходов производится по мере накопления по договору с АО «Спецавтотранс» на санкционированный полигон.

В шестом разделе установлено, что экономический эффект от монтажа водяной дренчерной системы автоматического пожаротушения трансформаторов за десять лет составит 9064253,19 рублей.

## 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: 12.02.2024).
2. Защита трансформаторных подстанций от пожара [Электронный ресурс]. URL: [https://www.pnx-spb.ru/media\\_centr/mneniya-i-publikacii/zashchita-transformatornykh-podstantsiy-ot-pozhara-maslyanyu-silovoy-transformator-tekhnologii-i-ust/?ysclid=lw4wnfcdgf484448068](https://www.pnx-spb.ru/media_centr/mneniya-i-publikacii/zashchita-transformatornykh-podstantsiy-ot-pozhara-maslyanyu-silovoy-transformator-tekhnologii-i-ust/?ysclid=lw4wnfcdgf484448068) (дата обращения: 02.01.2024).
3. Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий [Электронный ресурс] : РД 153-34.0-49.101-2003. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032413> (дата обращения: 02.01.2024).
4. Килимник О. В. Декларация пожарной безопасности энергетических предприятий на примере ПС 500 кВ Каскадная // Пожаровзрывобезопасность. 2009. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deklaratsiya-pozharnoy-bezopasnosti-energeticheskikh-predpriyatiy-na-primere-ps-500-kv-kaskadnaya> (дата обращения: 12.02.2024).
5. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 12.02.2024).
6. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 12.02.2024).
7. 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=1>

d8jp94kat939272210 (дата обращения: 12.02.2024).

8. 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=1d8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 12.02.2024).

9. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 12.02.2024).

10. Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемых должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 9 февраля 2022 года № 78. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728305630?marker=7DK0K9> (дата обращения: 22.01.2024).

11. 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=1dsbgkxui183890770> (дата обращения: 12.02.2024).

12. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 7.13130.2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833?ysclid=ln8txb4qir762347675> (дата обращения: 10.02.2024).

13. Производственные здания [Электронный ресурс]: СП 56.13330.2021.

URL: <https://docs.cntd.ru/document/728193558?marker=7D20K3> (дата обращения: 21.12.2021).

14. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 12.02.2024).

15. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 12.02.2024).

16. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 12.02.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 12.02.2024).

18. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Электронный ресурс] : СП 9.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071153> (дата обращения: 11.02.2024).

19. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219> (дата обращения: 12.02.2024).

20. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 12.02.2024).

21. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной

квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5.