

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))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему: Соблюдение требований пожарной безопасности, предъявляемых к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики

Студент

М.В. Цуканов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, Р.А. Шепс

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы: «Соблюдение требований пожарной безопасности, предъявляемых к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики».

В разделе «Требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики» рассмотрены требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики.

В разделе «Анализ соблюдения требований пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики» рассмотрено назначение объекта исследования и представлен план расположения зданий, строений и оборудования объекта, проанализирована характеристика основных конструкций, помещений здания, проведен анализ пожарной безопасности подстанции 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон».

В разделе «Разработка инженерных систем, необходимых для обеспечения требований пожарной безопасности» произведено исследование пожарной сигнализации на объекте, разработаны инновационные технические решения по оборудованию объекта автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов.

В разделе «Охрана труда» проанализирована нормативно-правовая основа охраны труда по проведению всех видов инструктажей по охране труда, рассмотрен порядок проведения первичного инструктажа и разработана регламентированная процедура проведения первичного инструктажа.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» представлен перечень отходов с указанием их класса опасности, разработана регламентированная процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» разработан план мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте; произведён расчёт ожидаемых потерь ООО «Трейдкон» от пожаров на подстанции 220/110/10 кВ; рассчитаны эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем, оценён экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории подстанции 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон».

Количественная характеристика работы: объем работы составляет 63 страницы, 4 рисунка, 6 таблиц, графический материал на 7 листах.

Содержание

Введение.....	5
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики.....	9
2 Анализ соблюдения требований пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики	18
3 Разработка инженерных систем, необходимых для обеспечения требований пожарной безопасности	32
4 Охрана труда.....	43
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	46
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	50
Заключение	58
Список используемых источников.....	61

Введение

Оборудование на подстанциях работает при относительно высоких уровнях энергопотребления.

Подстанции содержат ряд особенностей, которые представляют особую пожарную опасность.

В частности, трансформаторы и реакторы с масляным охлаждением, а также большие кабельные сети содержат значительные массы легковоспламеняющихся материалов.

Проектная документация по строительству новых или реконструкции подстанций должна быть проверена на предмет оценки пожарной опасности.

Актуальность исследуемой темы ВКР направлена на обеспечение пожарной безопасности подстанции 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон».

Цель исследования – разработать инженерные системы, необходимые для обеспечения требований пожарной безопасности, предъявляемых к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики.

Задачи работы:

- рассмотреть требования пожарной безопасности для энергетических объектов;
- рассмотреть назначение объекта исследования и его расположение на местности;
- проанализировать характеристику основных конструкций, помещений здания;
- произвести анализ характеристики пожарной безопасности исследуемого объекта энергетики;
- рассмотреть наиболее вероятные места возникновения пожаров;
- провести анализ и оценку пожарной сигнализации на объекте;
- рассмотреть инновационные технические решения по оборудованию объекта автоматической системой пожарной

сигнализации, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов;

- проанализировать нормативно-правовую основу охраны труда по проведению инструктажей по охране труда;
- рассмотреть порядок проведения первичного инструктажа;
- разработать регламентированную процедуру проведения первичного инструктажа;
- рассмотреть перечень отходов с указанием класса опасности;
- проанализировать антропогенное воздействие объекта на окружающую среду;
- разработать регламентированную процедуру получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу;
- разработать план мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте;
- произвести расчёт ожидаемых потерь ООО «Трейдкон» от пожаров на подстанции 220/110/10 кВ;
- рассчитать эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем пожаротушения;
- рассчитать экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории и помещениях подстанции 220/110/10 кВ.

Термины и определения

В настоящей ВКР применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности [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» [19].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [19].

Пожарный извещатель – «техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре» [19].

Правила пожарной безопасности – вид нормативного документа по пожарной безопасности, регламентирующего для группы однородных объектов защиты или видов деятельности требования пожарной безопасности, которые устанавливают правила (положения, описывающие действия, предназначенные для выполнения) поведения людей, порядок организации производства, выполнения работ (услуг) и содержания помещений, зданий (сооружений) и территории, обеспечивающие безопасность людей, предупреждение и тушение пожара [3].

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].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АТ – автотрансформатор.

ВКР – выпускная квалификационная работа.

ВОЛС – волоконно-оптические линии связи.

ЗИП – запасные части и принадлежности.

КРУЭ – комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией в металлической оболочке.

НМУ – неблагоприятные метеорологические условия.

ППР – правила противопожарного режима.

ПС – подстанция.

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

РДУ – региональное диспетчерское управление.

РУ – распределительное устройство.

САПТ – системы автоматического пожаротушения автотрансформаторов.

САПС – системы автоматической пожарной сигнализации.

СКУД – система контроля и управления доступом.

ТК – трудовой кодекс.

ТП – технологический процесс.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

ЩПТ – щит постоянного тока.

1 Требования пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики

Целью создания системы предотвращения пожара на объектах энергетики 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 (ст.48, п.п. 1, 2 ФЗ № 123-ФЗ).

В соответствии с пунктом 1 статьи 6 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении одного из следующих условий:

- 1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;
- 2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности.

В соответствии со статьей 4 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»:

- к нормативным правовым актам Российской Федерации по пожарной безопасности относятся технические регламенты, принятые в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», федеральные законы и иные нормативные

правовые акты Российской Федерации, устанавливающие обязательные для исполнения требования пожарной безопасности.

- к нормативным документам по пожарной безопасности относятся национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности, а также иные документы, содержащие требования пожарной безопасности, применение которых на добровольной основе обеспечивает соблюдение требований настоящего Федерального закона.

В соответствии со ст.5, п.3 ФЗ № 123-ФЗ, система обеспечения пожарной безопасности подстанции должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Защите АУПС подлежат все помещения объекта кроме помещений:

- с мокрыми процессами (душевые, санузлы, охлаждаемые камеры, помещения мойки и т. п.);
- венткамер (приточных, а также вытяжных, не обслуживающих производственные помещения категории А или Б), насосных водоснабжения, бойлерных и других помещений для инженерного оборудования здания, в которых отсутствуют горючие материалы;
- категории В4 и Д по пожарной опасности;
- лестничных клеток.

Система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) предназначена:

- для оповещения людей о пожаре и других чрезвычайных ситуациях в здании;
- для руководства эвакуацией людей с целью предотвращения паники и заторов на путях эвакуации.

Система создается с целью своевременной эвакуации людей при возникновении пожара или в других ситуациях, которые могут нанести вред здоровью или жизни людей, находящихся в здании объектов энергетики.

В соответствии с требованиями СП 3.13130-2009 «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях», таблица 2, помещения объектов энергетики оборудуются системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре по 2-ому типу оповещения [12].

Второй тип оповещения включает в себя звуковое оповещения (сирена) и световой (таблички с надписью ВЫХОД и указателями к аварийному выходу).

Рассмотрим требования пожарной безопасности для объектов энергетики, указанные в Постановлении Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 [3].

Системы противопожарной защиты зданий, сооружений и строений обеспечивают возможность эвакуации людей в безопасную зону до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара.

Кабели и провода систем противопожарной защиты, средств обеспечения деятельности подразделений пожарной охраны, систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, аварийного освещения на путях эвакуации внутреннего противопожарного водопровода, сохраняют работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для полной эвакуации людей в безопасную зону.

Кабели от трансформаторных подстанций резервных источников питания до вводно-распределительных устройств прокладываются в отдельных огнестойких каналах и имеют огнезащиту.

Исключение условий образования горючей среды на объектах энергетики обеспечивается следующими способами (ст.49 ФЗ № 123-ФЗ):

- применение в строительных конструкциях здания подстанции, отделке помещений, конструкциях подвесных потолков, двойных полов и т.п. негорючих веществ и материалов;

- установка пожароопасного технологического оборудования (реакторов, силовых кабелей и т.п.) в изолированных помещениях и камерах;
- применение устройств защиты оборудования на объектах энергетики, исключающих выход горючих веществ в объем помещения;
- удаление из помещений объектов энергетики, технологического оборудования и кабельных каналов пожароопасных отходов, отложений пыли, пуха.

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

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

На объекте запрещается:

- запрещается использовать для проживания людей производственные здания и склады, расположенные на территориях предприятий;

- запрещается совместное применение (если это не предусмотрено технологическим регламентом), хранение и транспортировка веществ и материалов, которые при взаимодействии друг с другом способны воспламеняться, взрываться или образовывать горючие и токсичные газы (смеси);
- запрещается в помещениях складов применять дежурное освещение, использовать газовые плиты и электронагревательные приборы, устанавливать штепсельные розетки;
- снимать предусмотренные проектной документацией двери эвакуационных выходов, другие двери, препятствующие распространению опасных факторов пожара на путях эвакуации;
- производить изменения объемно-планировочных решений и размещение инженерных коммуникаций и оборудования, в результате которых ограничивается доступ к огнетушителям, пожарным кранам и другим системам обеспечения пожарной безопасности или уменьшается зона действия автоматических систем противопожарной защиты (автоматической пожарной сигнализации, систем дымоудаления, систем оповещения и управления эвакуацией).

При эксплуатации эвакуационных путей и выходов руководитель организации обеспечивает соблюдение проектных решений и требований нормативных документов по пожарной безопасности (в т.ч по освещенности, количеству, размерам и объемно-планировочным решениям эвакуационных путей и выходов, а также по наличию на путях эвакуации знаков пожарной безопасности).

Двери на путях эвакуации должны открываться свободно и по направлению выхода из здания, за исключением дверей, открывание которых не нормируется требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

Запоры на дверях эвакуационных выходов должны обеспечивать людям, находящимся внутри здания, возможность свободного открывания запоров изнутри без ключа.

Запрещается оставлять по окончании рабочего времени не обесточенным электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях, в которых отсутствует дежурный персонал, за исключением дежурного освещения, систем противопожарной защиты, а также других электроустановок и электротехнических приборов, если это обусловлено их функциональным назначением и (или) предусмотрено требованиями инструкции по эксплуатации.

Руководитель организации обеспечивает исправное состояние пожарных гидрантов, их утепление и очистку от снега и льда в зимнее время, доступность подъезда пожарной техники к пожарным гидрантам в любое время года.

Запрещается стоянка автотранспорта на крышках колодцев пожарных гидрантов.

Руководитель организации должен обеспечить укомплектованность пожарных кранов внутреннего противопожарного водопровода пожарными рукавами, ручными пожарными стволами и вентилями, организовать перекатку пожарных рукавов (не реже 1 раза в год).

Пожарный рукав должен быть присоединен к пожарному крану и пожарному стволу.

Пожарные шкафы крепятся к стене, при этом обеспечивается полное открывание дверец шкафов не менее чем на 90 градусов.

Руководитель организации обеспечивает исправное состояние и проведение проверок работоспособности задвижки с электроприводом (не реже 2 раз в год), установленной на обводной линии водомерного узла, с занесением в журнал даты проверки и характеристики технического состояния задвижки.

Руководитель организации должен обеспечить исправное состояние систем и средств противопожарной защиты объекта (автоматических установок пожарной сигнализации, системы оповещения людей о пожаре, систем противопожарного водоснабжения и т.д.) и организует не реже 1 раза в квартал проведение проверки работоспособности указанных систем и средств противопожарной защиты объекта с оформлением соответствующего акта проверки.

При монтаже, ремонте и обслуживании средств обеспечения пожарной безопасности здания должны соблюдаться проектные решения, требования нормативных документов по пожарной безопасности и (или) специальных технических условий.

На объекте должна храниться исполнительная документация на установки и системы противопожарной защиты объекта.

Устройства для samozакрывания дверей должны находиться в исправном состоянии. Не допускается устанавливать какие-либо приспособления, препятствующие нормальному их закрыванию.

Помещение охраны (пожарный пост) обеспечивается телефонной связью и исправными ручными электрическими фонарями.

Руководитель организации должен обеспечить объект огнетушителями по нормам согласно приложениям № 1 и 2 ППР в РФ.

Первичные средства пожаротушения должны иметь соответствующие сертификаты.

Внутренние пожарные краны предназначены для подачи воды при тушении твердых горючих материалов и охлаждения нагретых поверхностей.

Пожарные краны внутреннего противопожарного водопровода должны быть укомплектованы пожарными рукавами, ручными пожарными стволами и вентилями, не реже 1 раза в год организуется перекатка пожарных рукавов на новую скатку.

Пожарный рукав должен быть присоединен к пожарному крану и пожарному стволу и размещаться в навесных, встроенных или приставных

пожарных шкафах из негорючих материалов, имеющих элементы для обеспечения их опломбирования и фиксации в закрытом положении.

Пожарные шкафы (за исключением встроенных пожарных шкафов) крепятся к несущим или ограждающим строительным конструкциям, при этом обеспечивается открывание дверей шкафов не менее чем на 90 градусов.

Расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией, определяется расчетом в зависимости от мощности тепловыделения очага пожара, теплопотерь в ограждающие строительные конструкции помещений и вентиляционных каналов, температуры удаляемых продуктов горения, параметров наружного воздуха, состояния проемов, геометрических размеров (п.7.4 СП 7.13130.2013) [7].

Выводы по 1 разделу.

Целью создания системы противопожарной защиты объектов энергетики 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 (ст.51, п.п. 1, 2 ФЗ № 123-ФЗ).

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечивается следующими способами (ст. 52 ФЗ № 123-ФЗ):

- 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;
- устройство аварийного слива масла из маслонаполненного оборудования;
- применение первичных средств пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Молниезащиту здания и территории объектов энергетики проектируется осуществлять системой молниезащиты на основе штыревых молниеприемников.

В цепи заземляющих и нулевых проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей. Присоединение заземляющих и нулевых проводников к частям электрооборудования должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением, в соответствии с «ПУЭ».

В процессе монтажа и включения электрических коммуникаций необходимо предусмотреть проведение необходимых защитных мероприятий в соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Эксплуатация оборудования объекта энергетики должна осуществляться персоналом, изучившим техническую и эксплуатационную документацию на систему в целом и ее отдельные компоненты.

2 Анализ соблюдения требований пожарной безопасности, предъявляемые к технологическому оборудованию, проектированию, строительству и реконструкции объектов энергетики

В качестве объекта исследования рассматриваются реконструируемые объекты ПС 220/110/10 кВ (далее – ПС).

Здание подстанции двухэтажное, с обслуживаемым чердаком размером $25,98 \times 73,84$ м, площадь застройки здания составляет 1853 м^2 , общая площадь здания – $3946,85 \text{ м}^2$, строительный объем здания – $22102,7 \text{ м}^3$, высота здания – 16,195 м.

Здание конструктивно запроектировано с монолитным железобетонным каркасом. Продольную и поперечную устойчивость здания обеспечивают железобетонные рамы из колонн размером 40×40 см и балки перекрытия, которые соединены жесткими рамными узлами.

Основанием под фундаменты здания служит свайное основание.

Под каркас здания фундаменты отдельно стоящие – свайные ростверки из монолитных железобетонных конструкций.

Сваи предусмотрены забивные сечением 30×30 см длиной 8,0 м из бетона марки В20, F100, W6.

Наружные стены предусмотрены самонесущие кирпичные с теплоизолирующей прокладкой и воздушной (вентиляционной) прослойкой в середине стены, внутренние стены, стены лестничных клеток и перегородки предусмотрены из керамзитобетонных блоков типа «Fibo 5» толщиной 200 и 300 мм. Под внутренние и под наружные стены – фундаменты ленточные из монолитного железобетона на свайном основании.

Междуэтажные перекрытия – монолитные железобетонные плиты по железобетонным балкам.

Покрытие предусмотрено из стальных профилированных листов с негорючим утеплителем.

Лестничные площадки – монолитные железобетонные, лестничные марши – железобетонные ступени по металлическим оштукатуренным или покрытым негорючим составом косоурам.

В здании предусмотрены 2 лестничные клетки типа Л1.

На первом этаже здания (отметка 0.000) расположены следующие помещения:

- камера токоограничивающих реакторов;
- помещение баллонов с элегазом;
- помещение щитов постоянного тока ЩПТ-1 и ЩПТ-2;
- помещения аккумуляторных батарей АБ-1 и АБ-2;
- помещения РУ-0,4 кВ;
- камеры ДРГ1 и ДРГ2;
- помещение токоограничивающих реакторов;
- кабельные помещения (6 помещений);
- кабинет начальника ПС;
- помещение технической документации;
- комната мастеров;
- помещение для наладочного персонала;
- бытовое помещение для выездных бригад;
- помещение для хранения средств защиты;
- вентиляционные камеры;
- мастерская;
- кладовые;
- насосная пожаротушения;
- пожарный пост;
- проходная;
- кладовая инструмента;
- раздевалка;
- кладовая уборного инвентаря;

- технологический коридор;
- бытовые и сантехнические помещения.

На втором этаже здания (отметка 4.200, 5.000) расположены:

- помещение связи;
- помещение АРМ РЗА;
- помещение панелей РЗА;
- помещение АРМ дежурного;
- КРУЭ 110 кВ
- КРУЭ 220 кВ
- РУ 10 кВ №1 и №2;
- помещение; временного хранения отходов;
- ЗИП КРУЭ;
- помещение для отдыха;
- помещение для тренажеров;
- технологический коридор;
- бытовые и сантехнические помещения.

На чердаке (отметка 8.850) расположена вентиляционная камера.

На подстанции предусматривается применение силовых кабелей с медными жилами, с оболочками с пониженным дымовыделением и не распространяющих горение с индексом «нг-LS».

Прокладка кабелей осуществляется по кабельным конструкциям, расположенным в кабельных помещениях.

Также на 1 и 2 этажах кабели прокладываются в двойных полах со съемными плитами, в подвесных потолках и по стенам в коробах и трубах.

Для электроснабжения собственных нужд подстанции устанавливаются трансформаторы 10 / 0,4 кВ сухого исполнения.

На подстанции устанавливаются две аккумуляторные батареи закрытого исполнения, каждая из которых работает в автономном режиме, на ЩПТ имеются реле контроля повышения напряжения, срабатывающее на

отключение зарядных агрегатов при напряжении более 2,3 В на элемент аккумуляторной батареи.

Стойки под порталы проектируются стальными, болтовыми, оцинкованными.

Фундаменты под порталы – монолитные железобетонные высокие ростверки на свайном основании из забивных свай длиной 8,0м.

Кабельное хозяйство от порталов 220/110/10 кВ к зданию ПС прокладывается в траншеях глубиной 1,5м с сигнальной мембраной, причем фазы кабелей 220 и 110 кВ, выполняются отдельными кабелями, прокладываемыми в трубах.

Силовые кабели проектируются с медными жилами, с оболочками с пониженным дымовыделением и не распространяющим горение с индексом «нг-LS».

Классификация зданий и сооружений осуществляется с учетом следующих критериев (ст. 29 ФЗ № 123-ФЗ):

- степень огнестойкости зданий и сооружений;
- класс конструктивной пожарной опасности;
- класс функциональной пожарной опасности.

Степени огнестойкости зданий и сооружений ПС приняты в соответствии с требованиями ст.87, табл.21 ФЗ № 123-ФЗ.

Класс конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений принимался в соответствии с требованиями ст.87, табл.22 ФЗ № 123-ФЗ.

Класс функциональной пожарной опасности в соответствии со ст.32, п.5 ФЗ № 123-ФЗ для производственных зданий и сооружений определяется как Ф5.1.

Кроме того, категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности определяются в соответствии с требованиями главы 8 ФЗ № 123-ФЗ и табл. 6.1 СП 2.131130.2020 [13]. Категорий помещений ПС по взрывопожарной и пожарной опасности приведены ниже.

Пожарно-техническая классификация помещений и зданий ПС приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Пожарно-технические характеристики помещений и зданий ПС

Наименование здания, помещения	Категория пожарной опасности	Степень огнестойкости	Миним. пределы огнестойкости конструкций	Класс конструкт пожарной опасности
1	4	5	6	7
Здание ПС	В	II	перекрытия REI 45 несущие элем. R 90 наружные стены E 15 балки R 15 настилы с утеплителем RE 15	C0
Токоограниченные реакторы	B3			
камеры ДРГ (2 помещения)	B3			
ЩПТ №1, №2	B3			
Аккумуляторная (2 помещения)	Д			
Кислотная	Д			
РУ 0,4 кВ	B3			
Венткамеры (4 помещения)	Д			
Мастерская	B3			
Насосная пожаротушения	Д			
Помещение средств защиты	B3			
Кладовая инструмента	B4			
Баллонная элегаза	Д			
Кладовая хозинвентаря	B4			
КРУЭ 220 кВ	B3			
КРУЭ 110 кВ	B3			
ЗИП КРУЭ	B3			
РУ 10 кВ (2 помещения)	B3			
Помещение связи	B3			
Помещение временного хранения отходов	B3			
Панели РЗА	B3			
АРМ РЗА, АСУ ТП	B3			
Помещение для тренажеров и снятия нагрузки	B3			
Венткамера	B1			

В кабельном помещении проходят силовые не маслonaполненные кабели 10 кВ для РУ-10 кВ № 1.

Основную пожарную нагрузку кабельного помещения составляет полиэтиленовая и полихлорвиниловая изоляция кабелей.

Ориентировочное среднее количество полиэтилена в кабельном помещении составляет 950 кг, полихлорвинила – 150 кг.

Низшая теплота сгорания полиэтилена составляет 47,14 МДж/кг, полихлорвинила – 14,31 МДж/кг.

Пожарная нагрузка в соответствии с формулой Б.1 СП 12.13130.2009 будет равна 46931,5 МДж [11].

Площадь на которой размещена пожарная нагрузка составляет 21 м².

Удельная пожарная нагрузка составит 2234,8 МДж/м²

В соответствии с таблицей Б.1 СП 12.13130.2009 кабельное помещение с данной удельной пожарной нагрузкой следует отнести к категории В1.

Проектом предусматривается, что класс пожарной опасности строительных конструкций (К0) соответствует принятому классу конструктивной пожарной опасности здания ПС (ст.87, п.6, табл.22 ФЗ № 123-ФЗ).

Конструктивные элементы здания предусматриваются с пределом огнестойкости не менее, соответствующих принятой степени огнестойкости здания ПС (ст.87, п.2, табл.21, ст.87 ФЗ № 123-ФЗ):

- 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.

В соответствии со ст.87, п.3 ФЗ № 123-ФЗ, пределы огнестойкости заполнения проемов (дверей, ворот, окон и люков) не нормируется, за исключением заполнения проемов в противопожарных преградах. Двери, выходящие в коридор, являются газодымонепроницаемыми.

Так как длина коридоров в здании более 60 м в соответствии с п.6.1.23 СП 4.13130.2013 в коридорах на этажах предусматривается установка

противопожарных перегородок 2-го типа, в которых устанавливаются противопожарные двери 3-го типа и оборудуются приспособлениями для самозакрывания и уплотнениями в притворах [14].

Проектом предусматривается, что огнестойкость узлов крепления и сочленения строительных конструкций выполняется не ниже требуемой огнестойкости стыкуемых конструкций (ст.137, п.2 ФЗ № 123-ФЗ). Узлы пересечения кабелями и другим технологическим оборудованием ограждающих конструкций здания ПС также должны иметь огнестойкость не ниже требуемой огнестойкости, установленной для данных конструкций (ст.137, п.4 ФЗ № 123-ФЗ).

Заделка отверстий в ограждающих конструкциях помещений, после прокладки коммуникаций, предусматривается уплотнение материалами, обеспечивающими огнестойкость не менее REI 45 (п.4.2.108 ПУЭ). При этом не допускается прокладка кабелей через преграды пучками. В этих местах кабели должны быть рассредоточены и каждый уплотнен несгораемым материалом (п.8.27 РД 153-34.0-49.101-2003) [2].

Служебные и вспомогательные помещения ПС должны отделяться от помещений с технологическим оборудованием (распределительные устройства, ДГК, токоограничивающие реакторы и т.п.) стенами из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее R 120 (п.9.3 РД 153-34.0-49.101-2003) [2].

Проектом предусматривается, что кабельные помещения выполняются из материалов группы НГ с пределом огнестойкости строительных конструкций не менее EI 45 (п.6.5.10 СП 4.13130.2013) [14].

Кабельные помещения здания ПС отделяются 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.

Проектом предусматривается, что кабельные сооружения и конструкции, на которые укладываются кабели, выполняются из негорючих материалов (п.2.3.18 ПУЭ).

Двери выходов из кабельных помещений предусматриваются 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.6.5.6. СП 4.13130.2013 и п.2.3.113 ПУЭ) [7].

Проектом предусматривается, что кабельные сооружения и конструкции, на которые укладываются кабели, выполняются из негорючих материалов (п.2.3.18 ПУЭ).

В соответствии с п.6.2.12. СП 4.13130-2013 в здании ПС помещения категории В1 (6 помещений кабельного этажа) отделяются от помещений Д, В, коридоров и лестниц противопожарными перегородками 1-го типа и перекрытиями 3-го типа (предел огнестойкости не менее REI 45). В противопожарных перегородках 1-го типа предусматривается установка противопожарных дверей с пределом огнестойкости не менее REI 45. Противопожарные двери также должны быть оборудованы устройствами самозакрывания, уплотнениями притворов и открываться в направлении ближайшего выхода (п.6.5.6. СП 4.13130.2013 и п.2.3.113 ПУЭ). При этом противопожарные преграды (перекрытие, перегородки) выполняются с классом пожарной опасности К0 (п.5.3.3. СП 2.13130.2020).

Выходы из кабельных помещений ПС в соответствии с требованиями п. 3 ст. 89 ФЗ №123-ФЗ предусматриваются наружу:

- непосредственно (кабельные помещения №129 и №130);
- через коридор (кабельные помещения №131 и №132);
- в соседнее помещение (кабельные помещения №146 и №147), 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.

В местах ввода кабелей в помещения РУ ПС, помещение АРМ дежурного предусматривается применение перегородок с пределом огнестойкости не менее REI 45, что соответствует требованиям п.2.3.82 ПУЭ.

Проектом предусматривается строительство на ПС маслосборника закрытого типа. Объем маслосборника рассчитывается на прием полного объема масла автотрансформаторов ПС, а также 80 % расхода воды при работе автоматических систем пожаротушения автотрансформаторов в течение получаса. При этом маслосборник оборудуется сигнализацией уровня заполнения с выводом сигнала на АРМ дежурного по ПС (п.9.17 РД 153-34.0-49.101-2003) [2].

Выходы из помещения АСУ ТП здания ПС проектируются через дверные проемы с samozакрывающимися дверями с пределом огнестойкости не менее EI 30 (п.10.2 РД 153-34.0-49.101-2003), кроме того не допускается облицовка помещения АСУ ТП горючими полимерными покрытиями (п.2.8 РД 153-34.0-49.101-2003).

В технологических помещениях здания ПС, в которых предусматривается устройство кабельных каналов, проектируется изготавливать перекрытие данных каналов из материалов группы НГ (п.6.5.11. СП 4.13130.2013).

В системах вентиляции помещений категории В3 здания ПС, предусматривается установка на поэтажных сборных воздуховодах, в местах присоединения их к вертикальному или горизонтальному коллекторам, противопожарных нормально открытых клапанов с пределом огнестойкости не менее EI 30 (п.п.6.54(а), 6.65 СП 7.13130.2013) [7].

На воздуховодах, обслуживающих помещения категории В1 подстанции, устанавливаются противопожарные нормально открытые клапаны в местах пересечения воздуховодами противопожарной преграды

обслуживаемого помещения (п.6.54(в) СП 7.13130.2013). Предел огнестойкости данных клапанов не менее EI 30 (п.6.65 СП 7.13130.2013).

Воздуховоды системы вентиляции ПС проектируются из негорючих материалов (п.6.58(б-г) СП 7.13130.2009), при этом воздуховоды выполняются из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, что соответствует требованиям п.6.57 СП 7.13130.2013 и относятся к классу П по п.6.60(а) СП 7.13130.2013 [7].

Места прохода транзитных воздуховодов через стены, перегородки и перекрытия здания ПС уплотняются негорючими материалами, обеспечивая нормируемый предел огнестойкости пересекаемой ограждающей конструкции (п.6.67 СП 7.13130.2013).

Проектом предусматривается автоматическая блокировка электроприемников систем вентиляции и кондиционирования установками пожарной сигнализации, обеспечивающая отключение при пожаре систем общеобменной вентиляции и кондиционирования, закрывание противопожарных клапанов (п.12.4 СП 60.13330.2010) [8].

Проектом предусматривается в каждом помещении, оснащаемом вытяжной противодымной вентиляцией, устанавливать один дымоприемник, т.к. обслуживаемая им площадь помещения не превышает 1000 м² (п.8.8 СП 60.13330.2010) [8].

Для системы вытяжной противодымной вентиляции проектом предусматривается использование:

- вентиляторов с нормируемыми пределами огнестойкости в зависимости от расчетной температуры перемещаемых газов согласно требованиям п.7.10(а) СП 7.13130.2013;
- воздуховодов и каналов из негорючих материалов класса П с пределом огнестойкости не менее EI 45, т.к. удаление продуктов горения производится непосредственно из обслуживаемых помещений (п.7.10(б) СП 7.13130.2013);

- обратных клапанов у вентиляторов, окончательное решение по их установке принимается на этапе разработки рабочей документации после определения тепловых избытков в помещениях (п.7.10(е) СП 7.13130.2013).

Все электротехническое оборудование, применяемое на ПС соответствует требованиям ПУЭ.

Проектом предусматривается I категория по надежности электроснабжения электроприемников установок системы противопожарной защиты, а именно (п.4.2 СП 6.13130.2021):

- пожарной сигнализации;
- систем автоматического пожаротушения автотрансформаторов и помещений кабельных этажей;
- оповещения о пожаре;
- противодымной защиты;
- внутреннего и наружного противопожарного водопровода;
- насосной пожаротушения [15].

Электроприемники I категории по надежности электроснабжения предусматривается обеспечить вторым независимым источником питания, что соответствует требованиям п.1.2.19 ПУЭ.

Несмотря на то, что подстанция проектируется без постоянного обслуживающего персонала, а предполагается только наличие временных ремонтных и наладочных бригад, проектом предусматривается для обеспечения эвакуации персонала ПС при пожаре, в здании подстанции, два эвакуационных выхода, расположенных рассредоточено (СП 1.13130.2020).

Расстояние между эвакуационными выходами в проекте соответствует требованиям п.4.2.4 СП 1.13130.2020 [16].

Помещения первого этажа здания ПС обеспечиваются эвакуационными выходами, ведущими наружу (ст.89, п.3 ФЗ № 123-ФЗ):

- непосредственно;
- через коридор;

- через коридор и тамбур;
- в соседнее помещение, обеспеченное вышеуказанными выходами.

Помещения второго этажа обеспечиваются эвакуационными выходами в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку (ст.89, п.3 ФЗ № 123-ФЗ).

Помещение чердака обеспечивается эвакуационными выходами непосредственно в лестничную клетку (ст.89, п.3 ФЗ № 123-ФЗ).

Расстояния от наиболее удаленных мест нахождения обслуживающего персонала в помещениях здания ПС до ближайшего эвакуационного выхода соответствуют требованиям п.9.2.7, табл.29 СП 1.13130.2020 [16].

Высота эвакуационных выходов в здании ПС в свету предусматривается не менее 1,9 м, ширина – не менее 0,9 м (п.4.2.5 СП 1.13130.2020), а высота горизонтальных участков путей эвакуации предусматривается не менее 2 м (п.4.3.4 СП 1.13130.2020) [16].

Проектом предусматривается, что двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации будут открываться по направлению выхода из здания (п.4.2.6 СП 1.13130.2020). Двери эвакуационных выходов из поэтажных коридоров, лестничных клеток не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открытию изнутри без ключа.

Ширина дверей выходов из лестничных клеток предусматривается проектом не менее ширины лестничных маршей, при этом предусматривается, что двери лестничных клеток оборудуются устройствами самозакрывания и уплотнениями в притворах (п.4.2.7 СП 1.13130.2020). Ширина марша лестницы принимается не менее 0,9 м (п.4.4.1 СП 1.13130.2020) [16].

Проектом предусматривается использование лестниц из железобетонных ступеней по стальным оштукатуренным косоурам. Ширина лестничных площадок должна быть не менее ширины марша (п.4.4.3 СП 1.13130.2020) [16].

Проектом предусматривается уклон маршей лестниц не более 1:2, ширина проступей – 30 см (принимается 30 см по п.5.17 СП 56.13330.2010) [10], высота ступеней – 15 см (п.4.4.2 СП 1.13130.2020).

Наружное пожаротушение ПС обеспечивается передвижной техникой от пожарных гидрантов, устанавливаемых в колодцах из железобетонных элементов диаметром 1,5 м (п.8.9 СП 8.13130.2020) с гидроизоляцией при глубине до 3,5 м. Всего на территории ПС проектируется три пожарных гидранта. Для внешнего противопожарного водопровода проектируется использовать трубы диаметром 200 мм (п.8.10 СП 8.13130.2020). В соответствии с глубиной сезонного промерзания глубина заложения труб составляет 2,3 м [17].

Сеть внешнего противопожарного водопровода проектируется кольцевой (п.8.4 СП 8.13130.2020) [17].

Линии электроснабжения помещений зданий, сооружений и строений имеют устройства защитного отключения, предотвращающие возникновение пожара при неисправности электроприемников.

Распределительные щиты имеют конструкцию, исключающую распространение горения за пределы щита из слаботочного отсека в силовой и наоборот.

Разводка кабелей и проводов от поэтажных распределительных щитков до помещений осуществляется в каналах из негорючих строительных конструкций и погонажной арматуре, соответствующих требованиям пожарной безопасности.

Горизонтальные и вертикальные каналы для прокладки электрокабелей и проводов в зданиях, сооружениях и строениях имеют защиту от распространения пожара. В местах прохождения кабельных каналов, коробов, кабелей и проводов через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусмотрены кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций.

Кабели, проложенные открыто, имеют не распространяющую горение изоляцию.

В соответствии с требованиями табл.2, СП 3.13130.2009 здание подстанции оборудуется системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 2-го типа.

Светильники аварийного освещения на путях эвакуации с автономными источниками питания обеспечены устройствами для проверки их работоспособности при имитации отключения основного источника питания. Ресурс работы автономного источника питания обеспечивает аварийное освещение на путях эвакуации в течение расчетного времени эвакуации людей в безопасную зону.

Вывод по разделу.

Проектом предусматривается обеспечение электроснабжения СОУЭ источниками бесперебойного питания (ст.84, п.11 ФЗ № 123-ФЗ).

САПС помещений подстанции проектируются адресно-аналогового типа.

Адресные извещатели, устанавливаемые в помещениях ПС, включаются в двухпроводную линию связи с кольцевой топологией.

В соответствии с требованиями приложения А СП 484.1311500.2020 системой автоматического пожаротушения (САП), 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) [18].

3 Разработка инженерных систем, необходимых для обеспечения требований пожарной безопасности

На ПС 220/110/10 кВ проектируется выполнить ряд инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости электроснабжения потребителей, а именно:

- на подстанции будет применяться современное сертифицированное технологическое оборудование, обладающее высокой надежностью и безопасностью;
- релейная защита и противоаварийная автоматика будет выполнена на основе микропроцессорной техники, позволяющая надежно защитить оборудование ПС от возможных воздействий грозовых разрядов на ВЛ 220, 110 кВ и токов короткого замыкания;
- с целью обеспечения гибкости управления оборудованием подстанции проектируется применить автоматизированную систему управления технологическими процессами;
- подстанция будет оснащаться автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов и кабельных каналов;
- для предотвращения постороннего вмешательства в работу ПС ее внешняя ограда будет выполняться из железобетонных плит высотой не менее 2,5 м, с дополнительными ограждениями: верхним ограждением спиралью из колючей армированной ленты диаметром 0,5 м и нижним противоподкопным ограждением.

В соответствии с требованиями п.12.1 РД 153-34.0-49.101-2003 в качестве огнетушащего вещества системы автоматического пожаротушения автотрансформаторов (САПТ) подстанции необходимо предусмотреть распыленную воду.

САПТ должна обеспечивать:

- инерционность системы не должна превышать 3 мин (п.12.18 РД 153-34.0-49.101-2003);
- продолжительность подачи воды на пожаротушение должна быть не менее 30 мин. на каждый автотрансформатор (п.12.5 РД 153-34.0-49.101-2003).

Пуск САПТ должен производиться только через устройство контроля отключения выключателей АТ со всех сторон электропитания (п.12.26 РД 153-34.0-49.101-2003).

Для пуска САПТ должны использоваться в соответствии с требованиями п. 12.3, п.12.3.2 РД 153-34.0-49.101-2003:

- дифференциальная и газовая защита АТ;
- специальные устройства обнаружения пожара (например, ультрафиолетовые извещатели пламени).

Рекомендуемые ультрафиолетовые извещатели пламени представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Рекомендуемые ультрафиолетовые извещатели пламени

«Извещатель пламени ИК/УФ радиоканальный. Маркировка взрывозащиты РВ Ex db I Mb X / 1Ex db IIC T6 Gb X / Ex tb IIC T85°C Db X . Чувствительность по ГОСТ Р 53325-2012 - 1 класс. Корпус из нержавеющей стали, защита оболочки IP66/ IP68. Среднее время работы от батарей 3 года. От минус 30 до +75°C» [1].

Автоматический пуск САПТ должен дублироваться дежурным персоналом ПС с АРМ дежурного, а также по месту установки запорной арматуры и насосов (п.12.6 РД 153-34.0-49.101-2003). Дистанционное управление должно обеспечивать пуск и останов пожарных насосов, открытие и закрытие задвижек (п.12.13 РД 153-34.0-49.101-2003).

При срабатывании САПТ на автотрансформаторах должны автоматически закрыться отсечные клапаны, устанавливаемые в трубопроводах масла между автотрансформаторами и расширительными бачками. Обратное включение отсечных клапанов – ручное.

Пожаротушение АТ осуществляется с помощью оросителей. Расположение оросителей САПТ должно обеспечивать орошение защищаемой поверхности трансформатора, с интенсивностью не ниже 0,2 л/с м², включая высоковольтные вводы, маслоохладители и другие элементы конструкции АТ. Расположение оросителей и их количество определяется картами орошения (п.12.24 РД 153-34.0-49.101-2003).

Минимальное расстояние от оросителей до открытых токоведущих частей, защищаемых трансформаторов, определяется по требованиям ПУЭ и выполняется на этапе разработки рабочей документации.

Трубопроводы (сухотрубы) САПТ прокладываются из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91 и стальных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75 с окраской масляной краской в два раза.

По надежности электропитания САПТ все электротехническое оборудование относится к приемникам электрической энергии I категории и обеспечивается от двух независимых источников электропитания. Взаимно резервируемые кабельные линии электропитания прокладываются по разным

трассам, что исключает их повреждение при пожаре или аварии (п.12.30 РД 153-34.0-49.101-2003).

Кабели электропитания устройств САПТ, соединительные кабели извещателей выполняются с медными жилами и пределом огнестойкости R 30.

В связи с тем, что система пожаротушения автотрансформаторов предназначена для защиты оборудования под напряжением, металлические трубопроводы должны быть заземлены. Знак и место заземления – по ГОСТ 12.1.030 и ГОСТ 21130 (п.5.7.41 СП 484.1311500.2020) [18].

Расчет гидравлических сетей САПТ производится по методике, изложенной в приложении В СП 484.1311500.2020, на этапе разработки рабочей документации. Это обусловлено тем, что для расчета сетей нужно знать технические данные применяемых оросителей и распылителей. При расчете необходимо учитывать, что максимальное давление у диктующего оросителя САПК не должно превышать 1 МПа (СП 484.1311500.2020).

Расчетный расход воды через диктующий ороситель, расположенный в диктующей защищаемой орошаемой площади, определяют по формуле 1.

$$Q_{\text{спр.}} = k \times (P)^{1/2} \quad (1)$$

где k – коэффициент производительности оросителя (k -фактор);

P – давление перед оросителем, bar.

Количество оросителей, работающих на минимальной площади орошения определяется по формуле 2.

$$N_{\text{спр.}} = S / S_{\text{спр}} \quad (2)$$

где S – минимальная площадь орошения, м^2 ;

$S_{\text{спр}}$ – площадь орошения спринклером, м^2 .

Требуемый расход автоматической установки спринклерного пожаротушения на минимальной площади орошения определяется по формуле 3.

$$Q = N_{\text{спр}} \cdot Q_{\text{спр}} \quad (3)$$

где $Q_{\text{спр}}$ – требуемый расход одного спринклерного оросителя, л/мин;

$N_{\text{спр}}$ – количество оросителей, работающих на минимальной площади орошения.

Напор у любого последующего спринклера определяется по формуле 4.

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + \frac{l_{\text{уч}} \cdot Q_{\text{уч}}^2}{K_m}, \text{ м}, \quad (4)$$

где $H_{\text{пред}}$ – напор у предыдущего спринклера, м;

$l_{\text{уч}}$ – длина рассматриваемого участка, м;

$Q_{\text{уч}}$ – расход на рассматриваемом участке, л/с;

k_t – характеристика трения трубопровода, л²/с², принимаемая в зависимости от диаметра трубы, который определяем по формуле 5:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{уч}} \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot V}}, \text{ м}, \quad (5)$$

где V – скорость движения воды по трубе на рассматриваемом участке (принимают равной 3...5 м/с).

Расход через любой последующий спринклер определяем по формуле 6:

$$Q_{\text{посл}} = \kappa \sqrt{H_{\text{посл}}}, \text{ л/с} \quad (6)$$

Для одинаковых рядков расход из оросителей любого n рядка, кроме первого, определяем по формуле7:

$$Q_{p,n} = \sqrt{B_{p_1} \cdot H_n}, \text{ л/с}, \quad (7)$$

где B_{p_1} – характеристика проводимости рядка, $\text{л}^2/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$

Характеристика проводимости рядка определяется по формулам 8 и 9.

$$B_{p_1} = \frac{Q_{p_1}^2}{H_{p_1}}, \quad (8)$$

где Q_{p_1} и H_{p_1} – расход и напор в узловой точке рядка.

$$H_n = H_{p, \text{пред}} + \frac{l_{yч} \cdot Q_{yч}^2}{K_m} \text{ м}. \quad (9)$$

Требуемый напор у основного водопитателя (насоса) определяется по формуле 10:

$$H_{вод}^{треб} = 1,2h_{лин} + h_{кл} + z + H_1 \quad (10)$$

где $1,2 h_{лин}$ – суммарные потери напора в сети, с учетом 20% потерь на местные сопротивления, м (формула 11);

$h_{кл}$ – потери напора в клапане узла управления (паспортная величина);

z – разность отметок «диктующего» оросителя и оси напорного патрубка водопитателя, м.

$$h_{лин} = h_{распр} + h_{ст} + h_{подв} \quad (11)$$

где $h_{распр}$ – потери напора в распределительных трубопроводах, м;

$h_{ст}$ – потери напора в стояке, м;

$h_{\text{подв}}$ – потери напора в подводящем трубопроводе, м;

Как следует из результатов расчёта потери напора в сети на направлении секции пожаротушения АТ составят:

$$H_{\text{тр. пож.}} = 1,2 \times 12,44 + 0,97 + 20,3 + 21,0 = 57,2\text{м}$$

$$Q_{\text{тр. АУП.}} = 24 \text{ л/с}$$

$$H_{\text{нас.}} = 57,2 - 25 = 32,2\text{м}$$

Расчетный расход на пожаротушение составит $Q_{\text{тр. АУП.}} = 24 \text{ л/с}$

Для поддержания постоянного давления в трубопроводах установки автоматического пожаротушения и обеспечения ее работы с расчетными параметрами проектом предусматривается 1 группа насосов, расположенная в специальном помещении здания на отметке -0.300.

Источником водоснабжения в установке необходимо предусмотреть два ввода DN150 от наружного водопровода:

- 2 пожарных электрических насоса GRUNDFOS NK 80-200/171 A1-A-E-BAQE, $N=22,0\text{кВт}$, $U=380-415\text{В}$, 50Гц;
- 1 электрический насос GRUNDFOS CR 3-10 A-FGJ-A-E HQQE, $N=0,75\text{кВт}$, $U=380-415\text{В}$, 50Гц, $n=2900\text{об/мин}$;
- гидробак (расширительный бак) – бак объемом 60л

Узлы управления запорно-пусковых устройств САПТ проектируется расположить в отапливаемом помещении насосной пожаротушения в здании ПС. Здание ПС расположено не ближе 15 м от АТ. Данное решение отвечает требованиям п.12.25 РД 153-34.0-49.101-2003.

К питающим, подводящим и распределительным сетям САПТ не допускается присоединение производственного и санитарно-технического оборудования (СП 484.1311500.2020).

Внутренние и наружные подводящие трубопроводы САПТ допускается проектировать тупиковыми для трех и менее узлов управления;

при этом общая длина этих трубопроводов не должна превышать 200 м (СП 484.1311500.2020).

Пример размещения системы пожаротушения тонкораспылённой водой трансформатора изображен на рисунке 2.

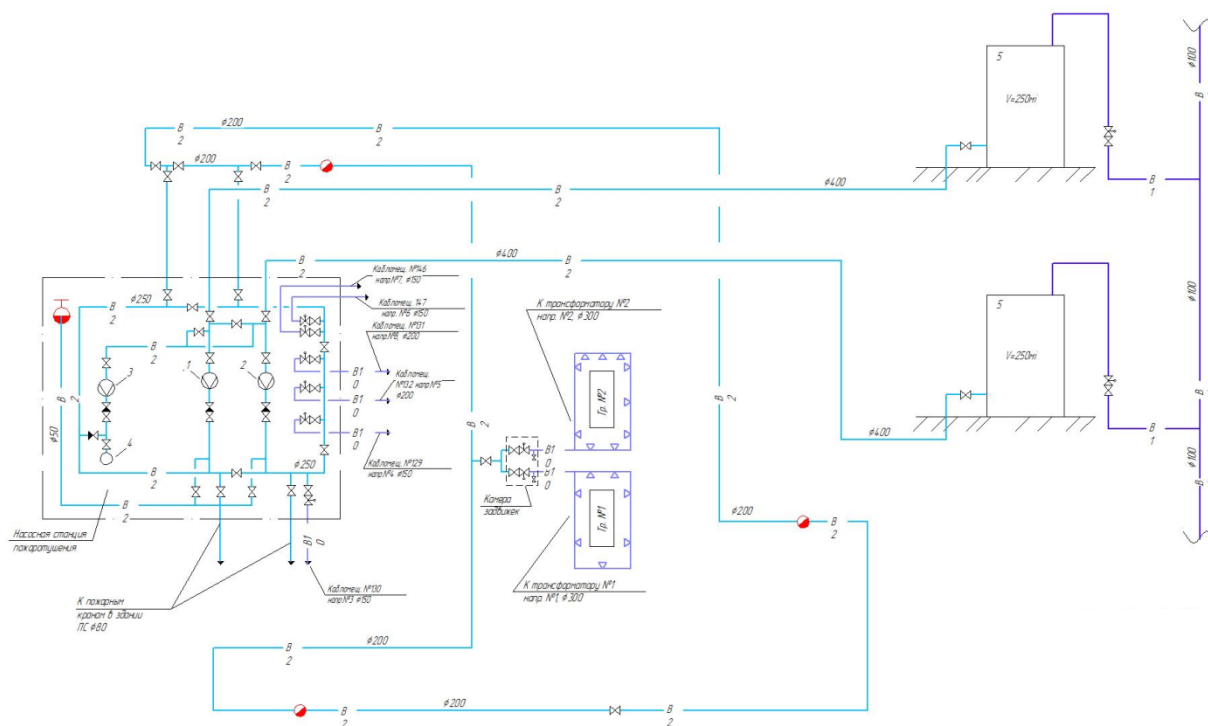


Рисунок 2 – Пример размещения системы пожаротушения тонкораспылённой водой трансформатора

Трубопроводы САПТ могут проектироваться из стальных труб по ГОСТ 10704 (со сварными и фланцевыми соединениями), по ГОСТ 3262, ГОСТ 8732 и ГОСТ 8734 (со сварными, фланцевыми, резьбовыми соединениями), а также по ГОСТ Р 51737 (с разъемными трубопроводными муфтами) (СП 484.1311500.2020).

Питающие и распределительные трубопроводы прокладываются с уклоном в сторону узла управления или спускных устройств (СП 484.1311500.2020).

Электропитание устройств САПТ осуществляется по I категории надежности электроснабжения, согласно требованиям ПУЭ.

Передача сигналов («Норма», «Пожар», «Неисправность», «Диагностика состояния») в АСУ ТП подстанции осуществляется с помощью программируемых релейных модулей.

Приемно-контрольные приборы адресной САПС и программируемые релейные модули объединяются в сеть посредством последовательного системного интерфейса RS-485. Для организации системного интерфейса между этажами здания ПС прокладываются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), которые кроме передачи информации обеспечивают еще и помехозащищенность линий связи к импульсным помехам при прокладке их в железобетонных лотках совместно с силовыми кабелями.

Для преобразования электрического интерфейса RS-485 в оптический сигнал и обратного преобразования используются оптические преобразователи, устанавливаемые внутри объединяемых сетью этажей здания ПС.

Согласованное функционирование сети ВОЛС адресных шлейфов обеспечивается контрольной панелью САПС, устанавливаемой в помещении АРМ дежурного. Для обеспечения возможности графического мониторинга технических средств системы пожарной сигнализации, контрольная панель стыкуется с сервером АРМ дежурного интерфейсом RS-232 (через преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232).

Сигнал о срабатывании САПС поступает:

- в помещение АРМ дежурного;
- в систему АСУ ТП подстанции;
- в помещение АРМ диспетчера удаленного РДУ.

В помещении АРМ дежурного ПС, помещении охраны устанавливаются световые табло «Пожар», зажигание которых производится автоматически при срабатывании установки САПС. Зажигание табло сопровождается включением тонального сигнала.

На АРМ дежурного подстанции и удаленного АРМ РДУ возможен подробный графический мониторинг работы САПС.

САПС формирует команды (СП 484.1311500.2020):

- включения СОУЭ подстанции;
- выдачу управляющего сигнала в АСУ ТП на выключение электропитания электротехнического оборудования вентиляционных систем зданий ПС и закрытие огнезадерживающих клапанов данных систем, включение системы дымоудаления кабельного этажа, отключение электротехнического оборудования (автотрансформаторов, питания кабелей), а также запуск систем автоматического пожаротушения ПС;
- выдачу сообщений в АСУ ТП о состоянии САПС, включении СОУЭ;
- включения табло «Пожар» в помещении АРМ дежурного и помещении охраны ПС.

Программное обеспечение АРМ САПС должно обеспечивать:

- протоколирование основных программных событий;
- передачу команд в систему АСУ ТП ПС;
- отображение на планах помещений ПС (АРМ дежурного) состояния извещателей и приемно-контрольных приборов;
- контроль основных параметров извещателей, необходимых для своевременного проведения обслуживания;
- контроль исправности технических средств, электропитания, интерфейсов и ВОЛС;
- разграничение операторов АРМ (местного и удаленного), а также АРМ системы охранной сигнализации, СКУД, видеонаблюдения;
- защиту системы от запуска несанкционированных программ.

Вывод по 3 разделу.

На ПС 220/110/10 кВ проектируется выполнить ряд инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости электроснабжения потребителей – подстанция будет оснащаться автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней

стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов.

Для пуска САПТ должны использоваться: дифференциальная и газовая защита АТ; специальные устройства обнаружения пожара (например, ультрафиолетовые извещатели пламени).

Пожаротушение АТ необходимо осуществлять с помощью оросителей. Расположение оросителей САПТ должно обеспечивать орошение защищаемой поверхности трансформатора, с интенсивностью не ниже 0,2 л/с м², включая высоковольтные вводы, маслоохладители и другие элементы конструкции АТ.

Для поддержания постоянного давления в трубопроводах установки автоматического пожаротушения и обеспечения ее работы с расчетными параметрами проектом предусматривается 1 группа насосов, расположенная в специальном помещении здания на отм. -0.300.

Источником водоснабжения в установке необходимо предусмотреть два ввода DN150 от наружного водопровода:

- 2 пожарных электрических насоса GRUNDFOS NK 80-200/171 A1-A-E-BAQE;
- 1 электрический насос GRUNDFOS CR 3-10 A-FGJ-A-E HQQE;
- гидробак (расширительный бак) – бак объемом 60л

Узлы управления запорно-пусковых устройств САПТ проектируется расположить в отапливаемом помещении насосной пожаротушения в здании ПС. Здание ПС расположено не ближе 15 м от АТ. Данное решение отвечает требованиям п.12.25 РД 153-34.0-49.101-2003.

В связи с тем, что система пожаротушения автотрансформаторов предназначена для защиты оборудования под напряжением, металлические трубопроводы должны быть заземлены. Знак и место заземления – по ГОСТ 12.1.030 и ГОСТ 21130 (СП 484.1311500.2020).

4 Охрана труда

Проанализировав нормативно-правовую основу охраны труда было выяснено, что проведение всех видов инструктажей по охране труда регулируется статьёй 219 ТК РФ [20], первичных инструктажей – пунктом 2.1.5 Постановления Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» [4].

Формы проведения первичного инструктажа и проверки знаний по безопасности труда определены в ГОСТ 12.0.004-2015.

«Инструктаж по охране труда проводится в утвержденном руководителем организатора обучения порядке, разработанном с учетом характера производственной деятельности, условий труда на рабочем месте и трудовой функции инструктируемого лица, а также вида инструктажа» [6].

«Первичный инструктаж на рабочем месте проводят до начала самостоятельной работы инструктируемых лиц:

- со всеми вновь принятыми на работу лицами, в том числе для выполнения краткосрочных, сезонных и иных временных работ, в свободное от основной работы время (совместители), а также на дому (надомники) с использованием материалов, инструментов и механизмов, выделяемых работодателем или приобретаемых ими за свой счет;
- с работающими, переведенными в установленном порядке из другого подразделения, либо с работающими, которым поручается выполнение новой для них работы;
- с командированным на работу у организатора обучения персоналом других организаций;
- с персоналом подрядчиков (субподрядчиков), выполняющим работы на подконтрольных организатору обучения территории и объектах;

- с обучающимися образовательных учреждений соответствующих уровней, проходящими производственную практику (практические занятия), и с другими лицами, участвующими в производственной деятельности предприятия – организатора обучения» [6].

«Первичный инструктаж на рабочем месте проводит руководитель подразделения или непосредственный руководитель (производитель) работ (мастер, прораб, преподаватель и т.д.), прошедший в установленном порядке обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда как инструктор по охране труда» [6].

«Первичный инструктаж на рабочем месте проводят либо по программам, разработанным и утвержденным организатором обучения в установленном порядке в соответствии с требованиями законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда, локальных нормативных актов, инструкций по охране труда на рабочем месте и по безопасному выполнению работ, иной необходимой для обеспечения безопасности технической и эксплуатационной документации, либо непосредственно по инструкциям по охране труда и (или) безопасному выполнению работ на данном рабочем месте или по иным необходимым для инструктажа локальным нормативным актам и документам» [6].

«Лица, трудовые обязанности которых не связаны с применением, эксплуатацией, обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием электрифицированного или иного механизированного ручного инструмента, хранением и применением сырья и материалов, могут освободиться решением организатора обучения от прохождения первичного инструктажа на рабочем месте» [6].

«Проведение всех видов инструктажей регистрируется в соответствующих журналах проведения инструктажей» [6].

Процедура проведения первичного инструктажа изображена на рисунке 3.

Входные данные	Описание процесса	Выходные данные	Примечание
----------------	-------------------	-----------------	------------

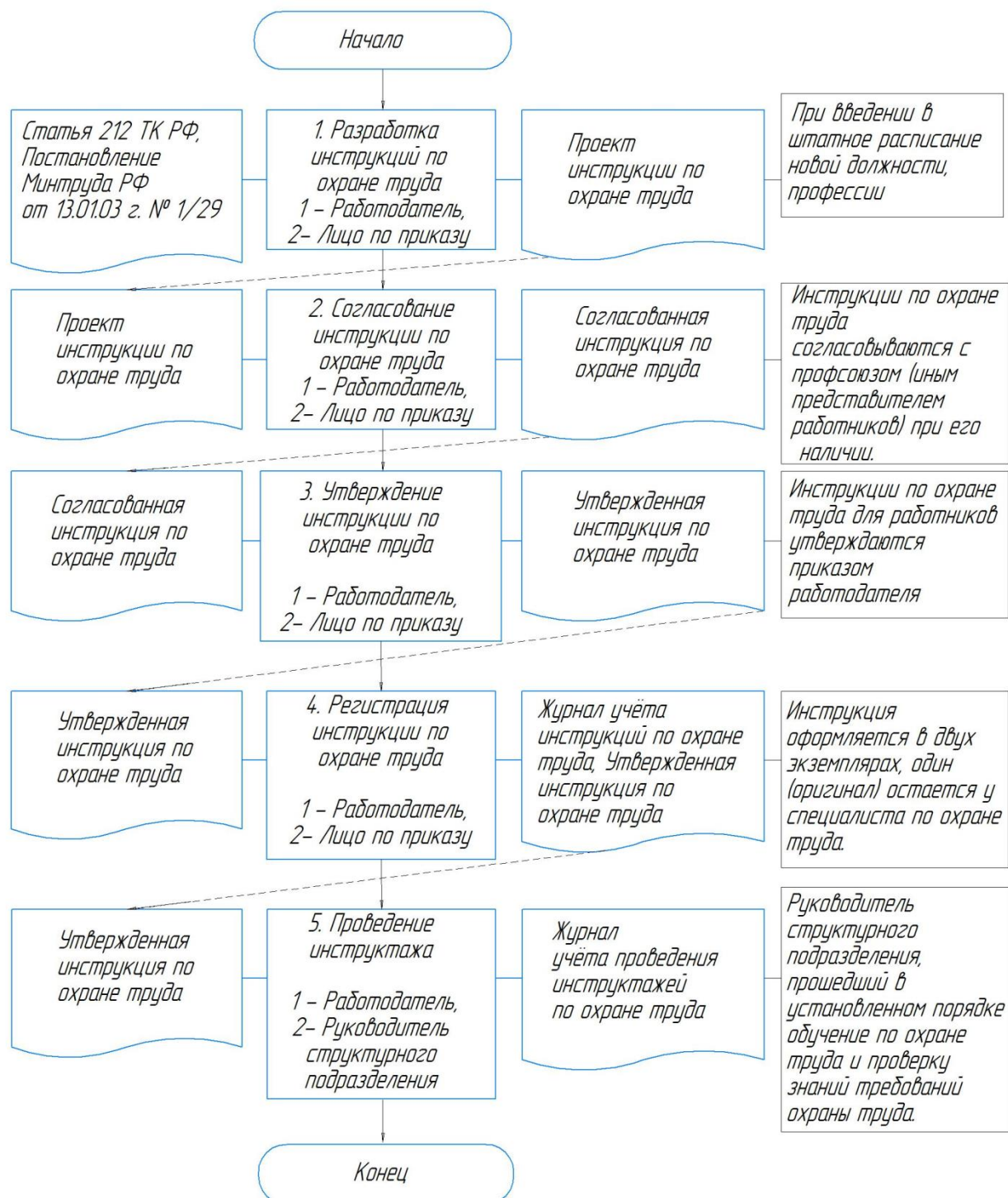


Рисунок 3 – Регламентированная процедура проведения первичного инструктажа

Вывод по разделу: в исследуемом объекте защиты со всеми работниками своевременно проводится первичный инструктаж.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

При осуществлении деятельности исследуемое предприятие электроэнергетики образуются опасные отходы, которые указаны в таблице

2. Выбросы в атмосферу и водные объекты отсутствуют.

Таблица 2 – Перечень отходов с указанием класса опасности

Код отхода по ФККО	Наименование отхода
1 класс опасности	
4 71 121 11 53 1	«Элементы гальванические нормальные, содержащие сульфат кадмия, ртуть и ее соединения, утратившие потребительские свойства» [5]
353 301 00 13 01 1	«Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак» [5]
353 300 00 13 00 1	«Изделия, устройства, приборы, потерявшие потребительские свойства, содержащие ртуть» [5]
2 класс опасности	
923 603 00 13 01 2	«Кабель медно-жильный оцинкованный, потерявший потребительские свойства» [5]
3 класс опасности	
4 82 305 11 52 3	«Кабель медно-жильный, утративший потребительские свойства» [5]
4 82 902 11 53 3	«Конденсаторы силовые косинусные с диэлектриком (диоктилфталатом), утратившие потребительские свойства» [5]
4 82 925 12 51 3	«Вводы трансформаторов керамические, загрязненные нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов 15 % и более)» [5]
4 82 925 13 51 4	«Вводы трансформаторов керамические, загрязненные нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15 %)» [5]
314 023 03 04 03 3	«Песок, загрязненный маслами (содержание масел 15% и более) » [5]
6 91 328 11 39 3	«Отходы зачистки маслоприемных устройств маслonaполненного электрооборудования» [5]
353 103 01 01 01 3	«Лом меди несортированный» [5]
541 003 07 02 03 3	«Остатки трансформаторных масел, не содержащих галогены, полихлорированные дифенилы и терфенилы и потерявших потребительские свойства» [5]
549 027 01 01 03 3	«Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15% и более)» [5]
4 класс опасности	
4 31 141 01 20 4	«Резиновые перчатки, утратившие потребительские свойства, незагрязненные» [5]

Продолжение таблицы 2

Код отхода по ФККО	Наименование отхода
4 31 141 02 20 4	«Резиновая обувь отработанная, утратившая потребительские свойства, незагрязненная» [5]
4 31 141 21 51 4	«Спецодежда из резины, утратившая потребительские свойства, незагрязненная» [5]
4 33 202 03 52 4	«Отходы прорезиненной спецодежды и резиновой спецобуви, загрязненные нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%)» [5]
4 57 112 01 20 4	«Отходы базальтового волокна и материалов на его основе» [5]
4 59 181 11 52 4	«Отходы предохранителей и патронов, утратившие потребительские свойства» [5]
187 901 00 01 00 4	«Разнородные отходы бумаги и картона» [5]
4 59 311 11 42 4	«Отходы электроизоляционной слюды в виде пыли» [5]
4 82 351 11 52 4	«Лом изделий электроустановочных» [5]
4 82 351 21 52 4	«Изделия электроустановочные в смеси, утратившие потребительские свойства» [5]
4 82 643 11 52 4	«Приборы электроизмерительные щитовые, утратившие потребительские свойства» [5]
4 82 695 11 52 4	«Микросхемы контрольно-измерительных приборов» [5]
4 82 986 11 52 4	«Выключатели автоматические, утратившие потребительские свойства» [5]
6 91 322 01 21 4	«Гравийная засыпка маслоприемных устройств маслonaполненного электрооборудования, загрязненная нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%)» [5]
6 91 323 01 31 4	«Воды замасленные емкостей аварийного слива масла маслonaполненного электрооборудования (содержание нефтепродуктов менее 15%)» [5]
6 91 391 01 40 4	«Песок кварцевый предохранителей электрооборудования, загрязненный тяжелыми металлами (содержание тяжелых металлов не более 2%)» [5]
912 004 00 01 00	«Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)» [5]
5 класс опасности	
4 59 110 01 51 5	«Лом керамических изоляторов» [5]
4 59 110 11 71 5	«Лом фарфоровых и стеклянных изоляторов в смеси незагрязненный» [5]
187 103 00 01 00 5	«Отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства» [5]
4 91 101 01 52 5	«Каски защитные пластмассовые, утратившие потребительские свойства» [5]
353 101 01 01 99 5	«Лом алюминия несортированный» [5]
354 101 01 01 99 5	«Лом медных сплавов несортированный» [5]
912 013 00 01 00 5	«Отходы (мусор) от уборки территории» [5]
923 600 00 13 00 5	«Отходы изолированных проводов и кабелей» [5]

Рассмотрим порядок получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу. Процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу представлена на рисунке 4.

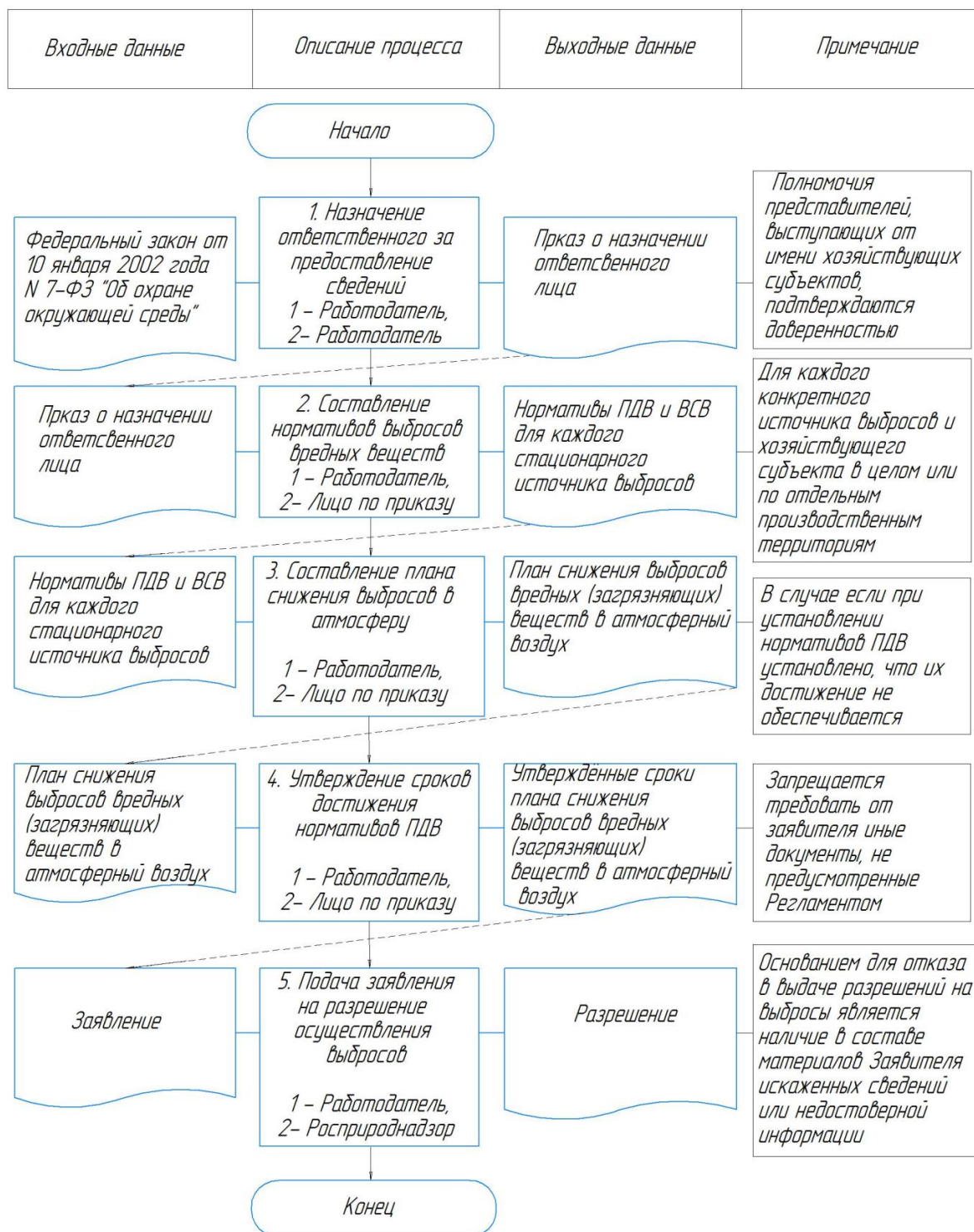


Рисунок 4 – Процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу

Вывод по 5 разделу.

Под регулированием выбросов вредных веществ в атмосферу понимается их кратковременное сокращение в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), приводящих к формированию высокого уровня загрязнения воздуха. Регулирование выбросов осуществляется с учетом прогноза НМУ на основе предупреждения о возможном опасном росте концентраций примесей в воздухе с целью его предотвращения.

Мероприятия по сокращению выбросов ЗВ в атмосферу в периоды НМУ разрабатывают предприятия, учреждения, расположенные в населенных пунктах, где органами Госкомгидромета проводится или планируется проведение прогнозирования НМУ.

При этом должно быть обеспечено снижение концентрации ЗВ в приземном слое атмосферы по первому режиму на 15-20%, по второму режиму на 20-40% и третьему режиму на 40-60%.

Мероприятия по первому режиму носят организационно-технический характер, их можно быстро осуществить, они не требуют существенных затрат и не приводят к снижению производительности предприятия.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

На ПС 220/110/10 кВ проектируется выполнить ряд инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости электроснабжения потребителей – подстанция будет оснащаться автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов.

Для пуска САПТ должны использоваться: дифференциальная и газовая защита АТ; специальные устройства обнаружения пожара (например, ультрафиолетовые извещатели пламени).

Пожаротушение АТ необходимо осуществлять с помощью оросителей. Расположение оросителей САПТ должно обеспечивать орошение защищаемой поверхности трансформатора, с интенсивностью не ниже 0,2 л/с м², включая высоковольтные вводы, маслоохладители и другие элементы конструкции АТ.

Для поддержания постоянного давления в трубопроводах установки автоматического пожаротушения и обеспечения ее работы с расчетными параметрами проектом предусматривается 1 группа насосов, расположенная в специальном помещении здания на отм. -0.300.

Источником водоснабжения в установке необходимо предусмотреть два ввода DN150 от наружного водопровода:

- 2 пожарных электрических насоса GRUNDFOS NK 80-200/171 A1-A-E-BAQE;
- 1 электрический насос GRUNDFOS CR 3-10 A-FGJ-A-E HQQE;
- гидробак (расширительный бак) – бак объемом 60л

Узлы управления запорно-пусковых устройств САПТ проектируется расположить в отапливаемом помещении насосной пожаротушения в здании

ПС. Здание ПС расположено не ближе 15 м от АТ. Данное решение отвечает требованиям п.12.25 РД 153-34.0-49.101-2003.

В связи с тем, что система пожаротушения автотрансформаторов предназначена для защиты оборудования под напряжением, металлические трубопроводы должны быть заземлены. Знак и место заземления – по ГОСТ 12.1.030 и ГОСТ 21130.

План реализации данных мероприятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объекте

Мероприятия	Срок исполнения
Разработка проекта автоматической системы пожарной сигнализации	2023 год
Разработка проекта системы внутреннего и наружного противопожарного водопровода	2023 год
Разработка проекта автоматической системы водяного пожаротушения автотрансформаторов	2023 год
Монтаж автоматической системы пожарной сигнализации	2023 год
Монтаж системы внутреннего и наружного противопожарного водопровода	2023 год
Монтаж автоматической системы водяного пожаротушения автотрансформаторов	2023 год
Пуско-наладочные работы	2023 год

Расчёт ожидаемых потерь ООО «Трейдкон» от пожаров будет производиться по двум вариантам:

- если подстанция 220/110/10 кВ не будет обеспечена автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов;
- если подстанция 220/110/10 кВ будет обеспечена автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным

противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов.

Рассчитаем площадь пожара в подстанции ПС 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон» по формуле 12:

$$F''_{\text{пож}} = \pi(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 \text{ м}^2, \quad (12)$$

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

$B_{\text{свг}}$ – время свободного горения, мин.» [9]

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

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	1 вариант	2 вариант
Площадь пожара	м ²	1384,74	10
Площадь здания	м ²	3946,85	
Стоимость оборудования	руб./м ²	20000	20000
Стоимость частей зданий и строений	руб./м ²	10000	10000
Вероятность возникновения загорания на исследуемом объекте	1/м ² в год	$2,2 \cdot 10^{-5}$	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [9]	P_2	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [9]	P_1	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [9]	P_3	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [9]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [9]	κ	1,63	

Расчёт ожидаемых потерь ООО «Трейдкон» от пожаров производится по формуле 13.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (13)$$

«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» [9]:

$$M(\Pi_1) = JFC_m F_{\text{пож}} (1+k)p_1; \quad (14)$$

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

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ м^2 ;

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

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [9].

$$M(\Pi_2) = JF(C_m F'_{\text{пож}} + C_k) 0,52(1+k)(1-p_1)p_2; \quad (15)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./ м^2 ;

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

[9].

Для первого варианта:

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

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

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 ООО «Трейдкон» от пожаров составят:

- если подстанция 220/110/10 кВ не будет обеспечена автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов:

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

- если подстанция 220/110/10 кВ будет обеспечена автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов:

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

Стоимость реализации разработанного плана мероприятий представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка проекта автоматической системы пожарной сигнализации	50000
Разработка проекта системы внутреннего и наружного противопожарного водопровода	70000

Продолжение таблицы 5

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка проекта автоматической системы водяного пожаротушения автотрансформаторов	30000
Монтаж автоматической системы пожарной сигнализации	100000
Монтаж системы внутреннего и наружного противопожарного водопровода	500000
Монтаж автоматической системы водяного пожаротушения автотрансформаторов	500000
Стоимость оборудования	3000000
Пуско-наладочные работы	100000
Итого:	4350000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание автоматических систем по формуле 16:

$$P = A + C \quad (16)$$

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

C – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год» [9].

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

Текущие затраты рассчитаем по формуле 17:

$$C_2 = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} \quad (17)$$

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

$C_{\text{с.о.п.}}$ – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [9].

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

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 18:

$$C_{т.р.} = \frac{K_2 \cdot H_{т.р.}}{100\%} \quad (18)$$

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

$H_{т.р.}$ – норма текущего ремонта, %» [9].

$$C_{т.р.} = \frac{3000000 \times 5}{100} = 150000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 19:

$$C_{с.о.п.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (19)$$

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

$ЗПЛ$ – заработная плата 1 работника, руб./мес» [9].

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

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств рассчитываются по формуле 20:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (20)$$

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

H_a – норма амортизации, %» [9].

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

Экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории подстанции ПС 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон»

составит:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (21)$$

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

t – год осуществления затрат;

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

М(Π1), М(Π2) – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

К1, К2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

Р1, Р2– эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t-м году, руб./год» [9].

Расчёт денежных потоков представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расчёт денежных потоков

Год	М(Π)1-М(Π)2	Д	[М(Π1)-М(Π2)]Д	К ₂ -К ₁	Денежные потоки
1	2184731,79	0,91	1988105,93	4350000	-2361894,07
2	2184731,79	0,83	1813327,39	-	1813327,39
3	2184731,79	0,75	1638548,84	-	1638548,84
4	2184731,79	0,68	1485617,62	-	1485617,62
5	2184731,79	0,62	1354533,71	-	1354533,71
6	2184731,79	0,56	1223449,80	-	1223449,80
7	2184731,79	0,51	1114213,21	-	1114213,21
8	2184731,79	0,47	1026823,94	-	1026823,94
9	2184731,79	0,42	917587,35	-	917587,35
10	2184731,79	0,39	852045,40	-	852045,40

Вывод по разделу 7.

Интегральный экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории подстанции ПС 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон» за десять лет составит 9064253,19 рублей.

Заключение

Целью создания системы противопожарной защиты объектов энергетики 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.

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

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения 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;
- устройство аварийного слива масла из маслонаполненного оборудования;
- применение первичных средств пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Молниезащиту здания и территории объектов энергетики проектируется осуществлять системой молниезащиты на основе штыревых молниеприемников.

В цепи заземляющих и нулевых проводников не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей. Присоединение заземляющих и нулевых проводников к частям электрооборудования должно

быть выполнено сваркой или болтовым соединением, в соответствии с «ПУЭ».

В процессе монтажа и включения электрических коммуникаций необходимо предусмотреть проведение необходимых защитных мероприятий в соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Эксплуатация оборудования объекта энергетики должна осуществляться персоналом, изучившим техническую и эксплуатационную документацию на систему в целом и ее отдельные компоненты.

Проектом предусматривается обеспечение электроснабжения СОУЭ источниками бесперебойного питания (ст.84, п.11 ФЗ № 123-ФЗ).

САПС помещений подстанции проектируются адресно-аналогового типа.

Адресные извещатели, устанавливаемые в помещениях ПС, включаются в двухпроводную линию связи с кольцевой топологией.

Системой автоматического пожаротушения (САП), 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).

На ПС 220/110/10 кВ проектируется выполнить ряд инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости электроснабжения потребителей – подстанция будет оснащаться автоматической системой пожарной сигнализации, позволяющей на ранней стадии обнаружить очаг возгорания, внутренним и наружным противопожарным водопроводом, а также автоматической системой водяного пожаротушения автотрансформаторов.

Для пуска САПТ должны использоваться: дифференциальная и газовая защита АТ; специальные устройства обнаружения пожара (например, ультрафиолетовые извещатели пламени).

Пожаротушение АТ необходимо осуществлять с помощью оросителей. Расположение оросителей САПТ должно обеспечивать орошение защищаемой поверхности трансформатора, с интенсивностью не ниже 0,2 л/с м², включая высоковольтные вводы, маслоохладители и другие элементы конструкции АТ.

Для поддержания постоянного давления в трубопроводах установки автоматического пожаротушения и обеспечения ее работы с расчетными параметрами проектом предусматривается 1 группа насосов, расположенная в специальном помещении здания на отм. -0.300.

Источником водоснабжения в установке необходимо предусмотреть два ввода DN150 от наружного водопровода:

- 2 пожарных электрических насоса GRUNDFOS NK 80-200/171 A1-A-E-BAQE;
- 1 электрический насос GRUNDFOS CR 3-10 A-FGJ-A-E HQQE;
- гидробак (расширительный бак) – бак объемом 60л

Узлы управления запорно-пусковых устройств САПТ проектируется расположить в отапливаемом помещении насосной пожаротушения в здании ПС. Здание ПС расположено не ближе 15 м от АТ. Данное решение отвечает требованиям п.12.25 РД 153-34.0-49.101-2003.

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

Интегральный экономический эффект от реализации плана противопожарных мероприятий на территории подстанции ПС 220/110/10 кВ ООО «Трейдкон» за десять лет составит 9064253,19 рублей.

Список используемых источников

1. Извещатель пламени ИК/УФ радиоканальный [Электронный ресурс]. URL: <https://safearound.ru/node/36472> (дата обращения: 13.01.2022).
2. 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: 02.01.2022).
3. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 (ред. от 21.05.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263 (дата обращения: 13.01.2022).
4. Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций [Электронный ресурс] : Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13.01.2003 №1/29. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901850788> (дата обращения: 13.02.2022).
5. 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: 16.03.2022).
6. Организация обучения безопасности труда. Общие положения [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.004-2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136072> (дата обращения: 22.02.2022).
7. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс] : СП 7.13130.2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 15.01.2022).

8. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс]: СП 60.13330.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035579> (дата обращения: 21.12.2021).

9. Пособие к СНиПу 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhprouekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 21.03.2022).

10. Производственные здания [Электронный ресурс]: СП 56.13330.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008167> (дата обращения: 21.12.2021).

11. Свод правил 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: 11.01.2022).

12. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 10.01.2022).

13. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Электронный ресурс]: СП 2.13130.2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 21.12.2021).

14. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.01.2022).

15. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] :СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.01.2022).

16. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 06.01.2022).

17. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 04.01.2022).

18. 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: 09.01.2022).

19. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699 (дата обращения: 13.01.2022).

20. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 21.12.2021).