

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 Противопожарная защита электрических подстанций и кабельных
сооружений с применением систем автоматического пожаротушения

Обучающийся

И.С. Данилин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.В. Щипанов

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

Консультант

к.э.н., Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2023

Аннотация

В рассматриваемой ВКР описана противопожарная защита электрических подстанций и кабельных сооружений с применением систем автоматического пожаротушения.

Приведен анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений. Сделаны соответствующие выводы.

Цель ВКР – проектирование системы автоматического пожаротушения для обеспечения противопожарной защиты электрической подстанции.

Задачи ВКР:

- анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений;
- выбор средств пожарной автоматики для обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции;
- проектирование системы автоматического пожаротушения для обеспечения противопожарной защиты электрической подстанции.

Результат достижения: определена положительная оценка эффективности по проектированию системы АУПТ.

ВКР содержит введение, 6 разделов, заключение (60 страниц, 3 рисунка, 18 таблиц).

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты.....	8
1.1 Специфика электрических подстанций и кабельных сооружений при разработке систем автоматического пожаротушения.....	8
1.2 Анализ существующих систем автоматического пожаротушения....	12
2 Выбор средств пожарной автоматики для обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции.....	20
2.1 Анализ средств пожарной автоматики, применяемых в системах обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции.....	20
2.2 Обоснованный выбор средств пожарной автоматики	25
3 Проектирование системы автоматического пожаротушения	26
4 Охрана труда.....	28
4.1 Реестр профессиональных рисков для рабочих мест.....	28
4.2 Идентификация опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций.....	29
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	35
5.1 Антропогенная нагрузка организации на окружающую среду.....	35
5.2 Определение соответствия наилучшим доступным технологиям.....	52
5.3 Результаты производственного контроля.....	54
6 Оценка эффективности по обеспечению техносферной безопасности	56
Заключение.....	63
Список используемых источников.....	64

Введение

В России наблюдается рост городской инфраструктуры. Это объясняется быстрым темпом развития рыночной экономики.

«Общее количество пожаров, возникающих на объектах энергетики, неуклонно снижается благодаря комплексу противопожарных мероприятий и актуализации нормативных требований в области пожарной безопасности. Однако проблема физического и морального устаревания, а также перегрузка электросетей приводит к возникновению аварий на объектах энергетики, в число которых входят и пожары. Любой пожар является потенциально опасным, и последствия от него могут носить катастрофический характер. Пожар способен целиком вывести объект энергетики из строя, что может повлечь перегрузку других объектов и их отключение. Именно поэтому обеспечение пожарной безопасности таких объектов – одна из наиболее приоритетных задач» [16].

В последние годы особый интерес уделяется обеспечению пожарной безопасности различных зданий и сооружений. Очевидно, что актуальность данной тематики обоснована тем, явление пожара часто влечет за собой немалое количество человеческих жертв, материальные потери, а также ущерб окружающей среде.

«Наиболее распространенными объектами энергетики на территории РФ являются тепловые электростанции, они вырабатывают более 60% от суммарной мощности всех электростанций. Следом за ними идут гидроэлектростанции и атомные электростанции. Все эти объекты объединяет то, что они имеют похожую пожарную нагрузку, которые могут выступать источниками зажигания. В процесс распределения и преобразования электроэнергии также включены высоковольтные подстанции, которые имеют аналогичную пожарную нагрузку: кабельное хозяйство, маслопроводы, трансформаторы, электроприемники» [16].

При всем при этом, актуальность выбранной темы дипломного проектирования – обеспечение пожарной безопасности электрических подстанций и кабельных сооружений с применением систем автоматического пожаротушения подтверждается тем, что:

- здания электроэнергетики являются сложными объектами при выборе огнетушащего вещества, поэтому все же лучше обезопасить их системами предотвращения пожара и АУПТ [9];
- необходимы предложения по внедрению современных АУПТ для объектов электроэнергетики [16];
- предотвратить пожар лучше, чем бороться с его последствиями.

Цель ВКР – проектирование системы автоматического пожаротушения для обеспечения противопожарной защиты электрической подстанции.

Задачи ВКР:

- анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений;
- выбор средств пожарной автоматики для обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции;
- проектирование системы автоматического пожаротушения для обеспечения противопожарной защиты электрической подстанции.

Термины и определения

«Безопасная зона – зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют» [17].

«Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий» [17].

«Объект энергетики – это совокупность элементов (установок, систем, оборудования), предназначенных для производства энергии путем преобразования первичной (природной) энергии во вторичную, например в электрическую и/или тепловую, и ее дальнейшего распределения. К тому же, объект энергетики – важный инфраструктурный объект, вовлеченный в непрерывный процесс производства и распределения энергии в рамках единой энергосистемы государства» [16].

«Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [4].

«Пожарная опасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [17].

«Электрическая подстанция – электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств» [18].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая система пожарной сигнализации

АУПТ – автоматическая система пожаротушения

АСР – аварийно-спасательные работы

ВМП – воздушно-механическая пена

ГГРП – газораспределительная подстанция

ГЖ – горючая жидкость

ГПП – главная понижающая подстанция

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

МПП – модуль порошкового огнетушения

ОВ – огнетушащее вещество

ОТ – охрана труда

ОТВ – огнетушащее вещество

ПБ – пожарная безопасность

ПВ – противопожарный водоем

ПГ – пожарный гидрант

ПО – пожарная охрана

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация

1 Анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений

1.1 Специфика электрических подстанций и кабельных сооружений при разработке систем автоматического пожаротушения

К кабельным сооружениям в нормативно-справочной литературе относят: кабельные туннели, эстакады, галереи, камеры, подпитывающие пункты. Кроме того, также это коробки, каналы, блоки, шахты, этажи, полуэтажи, двойные полы [5].

«Подстанция, в которой стоят повышающие трансформаторы, повышает электрическое напряжение при соответствующем снижении значения силы тока, в то время как понижающая (или понизительная) подстанция уменьшает выходное напряжение при пропорциональном увеличении силы тока» [18].

Повышение напряжения, прежде всего, необходимо для экономии материала (конкретно, металла), который используется при производстве кабельных проводов, линий электропередач, а также для сокращения потери параметра активного сопротивления [3].

«Действительно, необходимая площадь сечения проводов определяется только силой проходящего тока и отсутствием возникновения коронного разряда. Также уменьшение силы проходящего тока влечёт за собой уменьшение потери энергии, которая находится в прямой квадратичной зависимости от значения силы тока. С другой стороны, чтобы избежать высоковольтного электрического пробоя, применяются специальные меры: используются специальные изоляторы, провода разносятся на достаточное

расстояние и т. д. Основная же причина повышения напряжения состоит в том, что чем выше напряжение, тем большую мощность и на большее расстояние можно передать по линии электропередачи» [18].

«Электроустановки зданий и сооружений должны соответствовать классу пожаровзрывоопасной зоны, в которой они установлены, а также категории и группе горючей смеси. Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения систем противопожарной защиты, установленных в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 с круглосуточным пребыванием людей, должны предусматриваться автономные резервные источники электроснабжения» [17].

Все составные элементы устройства противопожарной автоматики электрических подстанций, а также средства оповещения и управления эвакуацией объектов электроэнергетики должны быть в работоспособном техническом исправном состоянии, в режиме бесперебойной работы [15]. Такие условия необходимы для обеспечения надежности и безопасности при возникновении пожароопасной ситуации [8].

Прокладку кабелей трансформаторных подстанций необходимо производить через огнестойкие каналы, либо обеспечивать отдельно им огнезащиту.

«Линии электроснабжения помещений зданий и сооружений должны иметь устройства защитного отключения, предотвращающие возникновение пожара. Правила установки и параметры устройств защитного отключения должны учитывать требования пожарной безопасности, установленные в соответствии с настоящим Федеральным законом» [17].

Также к специфике электрических подстанций и кабельных сооружений при разработке систем автоматического пожаротушения относится обеспечение защиты и надежности распределительных щитов, где не допускается распространение пожара из отсека в силовой щит.

«Горизонтальные и вертикальные каналы для прокладки электрокабелей и проводов в зданиях и сооружениях должны иметь защиту от распространения пожара. В местах прохождения кабельных каналов, коробов, кабелей и проводов через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости должны быть предусмотрены кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций» [17].

При устройстве открытой прокладки кабелей, необходимо обеспечивать правила ПБ, кабели должны быть обязательно негорючими.

«Светильники аварийного освещения на путях эвакуации с автономными источниками питания должны быть обеспечены устройствами для проверки их работоспособности при имитации отключения основного источника питания. Ресурс работы автономного источника питания должен обеспечивать аварийное освещение на путях эвакуации в течение расчетного времени эвакуации людей в безопасную зону» [17].

При отсутствии средств от пожара, мер защиты и оборудования огнетушения и взрыва недопустимо использовать электрооборудование в пожароопасных помещениях. Неукоснительно соблюдение этих требований [19].

«Взрывозащищенное электрооборудование допускается использовать в пожароопасных и непожароопасных помещениях, а во взрывоопасных помещениях - при условии соответствия категории и группы взрывоопасной смеси в помещении виду взрывозащиты электрооборудования» [17].

Основополагающим параметром по правилам применения электрооборудования является степень взрывопожарной и пожарной опасности того или иного здания и сооружения. Так, методы определения этих параметров, указаны в техническом регламенте, а также в федеральном законе «О техническом регулировании».

«Противопожарная безопасность кабельных трасс, каналов, подвалов и сооружений систем электроснабжения объектов различного назначения обеспечивается различными системами автоматического или автономного пожаротушения, схемами тушения, огнетушащими веществами» [14].

Конструктивные и объемно-планировочные решения в области обеспечения ПБ относительно зданий и сооружений объектов электроэнергетики всецело зависят от технологических условий и экономических критериев выбора.

«Кабельные сооружения электростанций, подстанций, кабельные сооружения промышленных и общественных зданий, в зависимости от напряжения, мощности, объемов должны оборудоваться автоматическими системами пожаротушения» [14].

В качестве огнетушащего вещества выбирается вода или пенообразователь.

«В последнее время, с появлением новых систем, конструкций и схем вытеснения ОВ, стало возможным применение АУП порошкового и аэрозольного пожаротушения. Эти системы эффективны, просты в монтаже и эксплуатации, практически не причиняют ущерб оборудованию после срабатывания и имеют относительно невысокую стоимость» [14].

В качестве выбора относительно АУПТ на объектах энергетики зачастую пользуются установки аэрозольно-порошкового пожаротушения, а также генераторы огнетушащего аэрозоля.

«ГОО АГАТ-2А эффективно применять в кабельных каналах и подвалах, где позволяет условие по негерметичности защищаемых объемов помещения. В остальных случаях пожарную защиту осуществляют порошковые модули МПП» [14].

Конструктивные и объемно-планировочные решения в области обеспечения ПБ относительно зданий и сооружений объектов

электроэнергетики всецело зависят от технологических условий и экономических критериев выбора.

1.2 Анализ существующих систем автоматического пожаротушения

Особенности устройства АУПТ для объектов электроэнергетики:

- все регламентированные процедуры по АУПТ проходят, прежде всего, в соответствии с Правилами устройства электроустановок;
- «расчетный расход воды УВП принимается по наибольшему расходу, требующемуся на пожаротушение одного защищаемого изолированного отсека кабельного сооружения» [15];
- проектирование АУПТ включает в себя две составляющие – установка пожаротушения и ее автоматическое управление;
- «время с момента обнаружения пожара в кабельном сооружении извещателем до поступления воды на его тушение из наиболее удаленного оросителя) не должна превышать 3 мин» [15];
- в кабельных тоннелях предусматривают установки водяного пожаротушения с бесперебойной подачей воды.

По виду огнетушащего вещества АУПТ бывают: водяные, порошковые, пенные, газовые, аэрозольные и комбинированные (достаточно часто реализуемые). Системы АУПТ (вид, способ, выбор ОТВ, способ подачи) выбираются и проектируются в зависимости от назначения и категории помещения, пожарной нагрузки на единицу объема помещения, а также экономической составляющей по рациональному использованию.

Кроме того, также АУПТ различают по способу тушения: объемные, поверхностные или локальные.

По конструктивному исполнению АУПТ могут быть: модульные, агрегатные, дренчерные и спринклерные.

Рассмотрим основное ОТВ – вода, тонкораспылённая вода.

«Основное преимущество тонкораспыленной воды как ОТВ – эффективность (выше, чем у распыленной воды), универсальность, безвредность для человека, экологическая чистота, дешевизна, простота удаления. Специальные распылители (как правило, высокого давления, 10–15 МПа) формируют объемный «туман» со свойствами, приближенными к газовым ОТВ, который активно поглощает тепловое излучение, охлаждая помещение (в отличие от большинства других ОТВ), и осаждает продукты горения» [16].

Основное преимущество АУП ТРВ на базе насосных агрегатов – долгий срок службы, автоматическая дозаправка, возможность создания централизованной системы, на базе модульных установок – гибкость при размещении оборудования, возможность автономной работы [19].

На рисунке 1 приведены виды АУПТ по различным классификационным признакам.



Рисунок 1 - Виды АУПТ по различным классификационным признакам

«Однако для применения АУП ТРВ на объектах энергетики есть и некоторые ограничения, их запрещено применять для:

- защиты помещений, сооружений и оборудования с обращением натрия;
- тушения пожаров класса Д по ГОСТ 27331, а также химически активных веществ и материалов, реагирующих с ТРВ со взрывом (алюминийорганические соединения, щелочные металлы), разлагающихся при взаимодействии с ТРВ с выделением горючих газов (литийорганические соединения, азид свинца, гидриды алюминия, цинка, магния), взаимодействующих с ТРВ с сильным экзотермическим эффектом (серная кислота, хлорид титана, термит); самовозгорающихся веществ (гидросульфит натрия и др.);
- защиты зданий, сооружений и помещений, в которых использование ТРВ может повлечь за собой аварийную ситуацию или аварию с более тяжелыми последствиями, чем пожар; не совместимо с работой технологического оборудования, которое не может быть обесточено (остановлено) при пожаре в соответствии с технологическим регламентом;
- может повлечь ущерб, превышающий возможный ущерб от пожара; ухудшает условия безопасной эвакуации людей либо затрудняет действия персонала по приведению объекта в безопасное состояние [13];
- может негативно повлиять на надежность функционирования элементов и систем безопасности объекта;
- защиты помещений, находящихся рядом или над перечисленными помещениями» [16].

По данным технического регламента для АУПТ применяются следующие нормы и правила:

- установка должна отвечать требованиям эффективной реализации пожаротушения, оптимальной инерционности, а также обеспечивать условие минимального вредного воздействия (например, когда действие пены наносит вред технологическому оборудованию, так называемые «вторичные поражающие факторы») [24];
- обеспечение своевременного срабатывания АУПТ, которое обеспечивает тушение или ликвидацию возгорания на начальной его стадии (не превышает время свободного развития пожара);
- обеспечение интенсивности подачи ОТВ;
- обеспечение тушения возникшего пожара до приезда пожарных подразделений или сокращение площади, исходя из специфических особенностей источника пожара и его объекта;
- срок эксплуатации и надежность при срабатывании, впрочем, это условие действует, как и для любого технического оборудования, представляющего собой рабочую единицу технологического процесса.

«Учитывая, что объекты энергетики имеют отраслевую принадлежность, для решения указанной задачи, помимо СП 5.13130.2009, следует обращаться к отраслевым нормативным документам, в которых содержится определенный набор рекомендаций и требований» [16].

На объектах энергетики принято применять следующие ОТВ:

- распыленная вода; пенообразователь (пенные установки, а также водопенные);
- аэрозоли; газ.

Далее, сформируем в таблице 1 преимущества и недостатки при анализе существующих систем автоматического пожаротушения.

Таблица 1 – Анализ существующих систем АУПТ

Вид АУПТ, производители	Преимущества	Недостатки
Водяные (ТРВ) System Sensor, Рубеж, Simplex, ESMI, Siemens	Доступность ОТВ; Недорогая стоимость ОТВ; Не требуется 100% резерв; Нет затрат на оборудование; Низкая трудоемкость при то; Вода безопасна для людей; Высокая надежность; Высокое качество тушения; быстрое срабатывание и восстановление	Невозможность применения на электроустановки; Вода повреждает архивы, библиотеки, установки; Не подойдет также для объектов с электрооборудованием, химическими веществами, вступающими в реакцию с водой
Пенные Аргус-Спектр, НПО «Центр-протон», НПО Пожарная Автоматика Сервис.	Нет необходимости герметичности помещения; Безвредное ОТВ для эвакуации; расширенный диапазон классов пожара: а и в и высокая эффективность (по сравнению с водяными установками); Расход воды сниженный	Ограниченное применение ОТВ при температуре окружающей среды ниже +5 °с; Невозможность применения на электроустановки Дороже стоимость ОТВ, сложнее техобслуживание (по сравнению с водяными установками); Меньшая эффективность для сыпучих и волокнистых материалов
Порошковые Satel, Сибирский Арсенал	Нетоксичность ОТВ; Низкая стоимость ОТВ; Удобство эксплуатации; Бережное воздействие ОТВ на оборудование	Не всегда эффективны (например, при горючих материалах); Долгая подача по трубопроводу; Вредность для человека;
Аэрозольные Bolid, электрон НПО	Простота установки; Недорогое обслуживание; высокая эффективность; доступность	Ложные срабатывания; Интенсивное тепловыделение во время генерирования аэрозоля; Невозможность использования в помещениях, объем которых превышает 1 м ³
Газовые	Высокая скорость работы; Эффективное устранение пожара; ОТВ нетоксично; ОТВ не опасно для здоровья людей; Возможность одновременного тушения пожара во всем помещении	Невозможность применения на открытой территории; Помещение должно быть герметизировано; Хранение таких модулей требует особых условий и соблюдения мер предосторожности; Нельзя использовать для тушения пожара для щелочноземельных и щелочных металлов

Также зафиксирован тот факт, что целесообразно и эффективно применение комбинированных АУПТ: порошок-пена средней и низкой кратности, порошок-распыленная вода, газ-пена средней кратности; газ-пена низкой кратности; газ-распыленная вода; газ-газ; порошок-газ. Но в этом случае, обязательно провести расчеты и обосновать выбор, поскольку мероприятие – дорогостоящее.

«При этом указанные огнетушащие вещества, как правило, следует применять для следующих объектов:

- распыленную воду – для кабельных сооружений с естественной вентиляцией; для защиты силовых (авто-) трансформаторов и реакторов, расположенных на территории ОРУ подстанций, а также кровель подстанций закрытого типа; для тушения очагов пожара классов А, В по ГОСТ 27331 и электроустановок под напряжением не выше указанного в технической документации на установку;
- онкораспыленную воду – для кабельных сооружений с принудительными системами вентиляции и на вновь реконструируемых объектах, где существуют ограничения по расходам подачи воды и водоотведению; для защиты проходных кабельных сооружений, а также поверхностного и локального по поверхности тушения очагов пожара классов А, В по ГОСТ 27331; для тушения электроустановок под напряжением не выше указанного в технической документации на установку;
- газовые составы – для непроходных кабельных сооружений внутри зданий/сооружений; для защиты силовых (авто-) трансформаторов и реакторов, расположенных в закрытых камерах подстанций, а также ликвидации пожаров классов А, В, С по ГОСТ 27331 и электрооборудования с напряжением не выше указанного в технической документации на установку; для

- защиты проходных кабельных шахт и пространств под двойными полами и потолками при прокладке кабелей (проводов) типа НГ, залов АСУ ТП (на основе безопасных для человека газовых ОТВ);
- огнетушащие аэрозоли – для протяженных кабельных сооружений, где устройство систем водяного пожаротушения трудновыполнимо или экономически нецелесообразно, а также кабельных сооружений, где возникают трудности (невозможно) водоотведение и непроходных кабельных сооружениях внутри зданий/сооружений; для тушения (ликвидации) пожаров подкласса А2 и класса В по ГОСТ 27331» [16].

Системы порошковое АУПТ редко применяют на объектах электроэнергетики ввиду низкой эффективности и целесообразности применения, поскольку удаление порошка представляется очень сложным процессом с кабелей и проводов. А, срабатывание АУПТ, может быть и ложным (например, при запыленности рабочего пространства, повышении температуры рабочей среды, попадание пара или лучей света на датчики).

Особенности применения различных ОТВ на объектах энергетики:

- предпочтение водным установкам – газовые АУПТ при невозможности применения воды (например, где нельзя применять воду для электроустановок, а также где существует удалённость до водоисточников);
- применение «аэрозолей для объемов, надежная герметизация или водоотведение в которых трудно- или невыполнимы, при этом необходимо применение в модулях огнетушащего аэрозоля компонентов, не опасных для оперативного персонала, а также использование низкотемпературных модулей огнетушащего аэрозоля (температурные зоны, образующиеся при работе генераторов на расстоянии 0,3 м от выходных отверстий не должны превышать 75–100 °C)» [16];

- категорически запрещено применение АУПТ порошкового, газового и аэрозольного типа, где есть возможность пребывания людей, и они могут не покинуть помещение до начала срабатывания.

Вывод к разделу 1

Анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений, показал, что:

- сформированы преимущества и недостатки при анализе существующих систем автоматического пожаротушения;
- определены условия и особенности применения различных ОТВ и АУПТ на объектах энергетики;
- выявлены параметры опасности – устройства, входящие в устройство подстанций;
- обеспечение интенсивности подачи ОТВ;
- обеспечение тушения возникшего пожара до приезда пожарных подразделений или сокращение площади, исходя из специфических особенностей источника пожара и его объекта;
- срок эксплуатации и надежность при срабатывании, впрочем, это условие действует, как и для любого технического оборудования, представляющего собой рабочую единицу технологического процесса.

2 Выбор средств пожарной автоматики для обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции

2.1 Анализ средств пожарной автоматики, применяемых в системах обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции

Объектом исследования выбран корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ».

На рисунке 2 приведен объект исследования.



Рисунок 2 - Объект исследования

ГПП-5 принадлежит энергетическому производству и предназначена для понижения напряжения с 110 кВ на 10 кВ, а также для запитки трансформаторных подстанций.

На рисунке 3 приведена схема расположения ГПП.

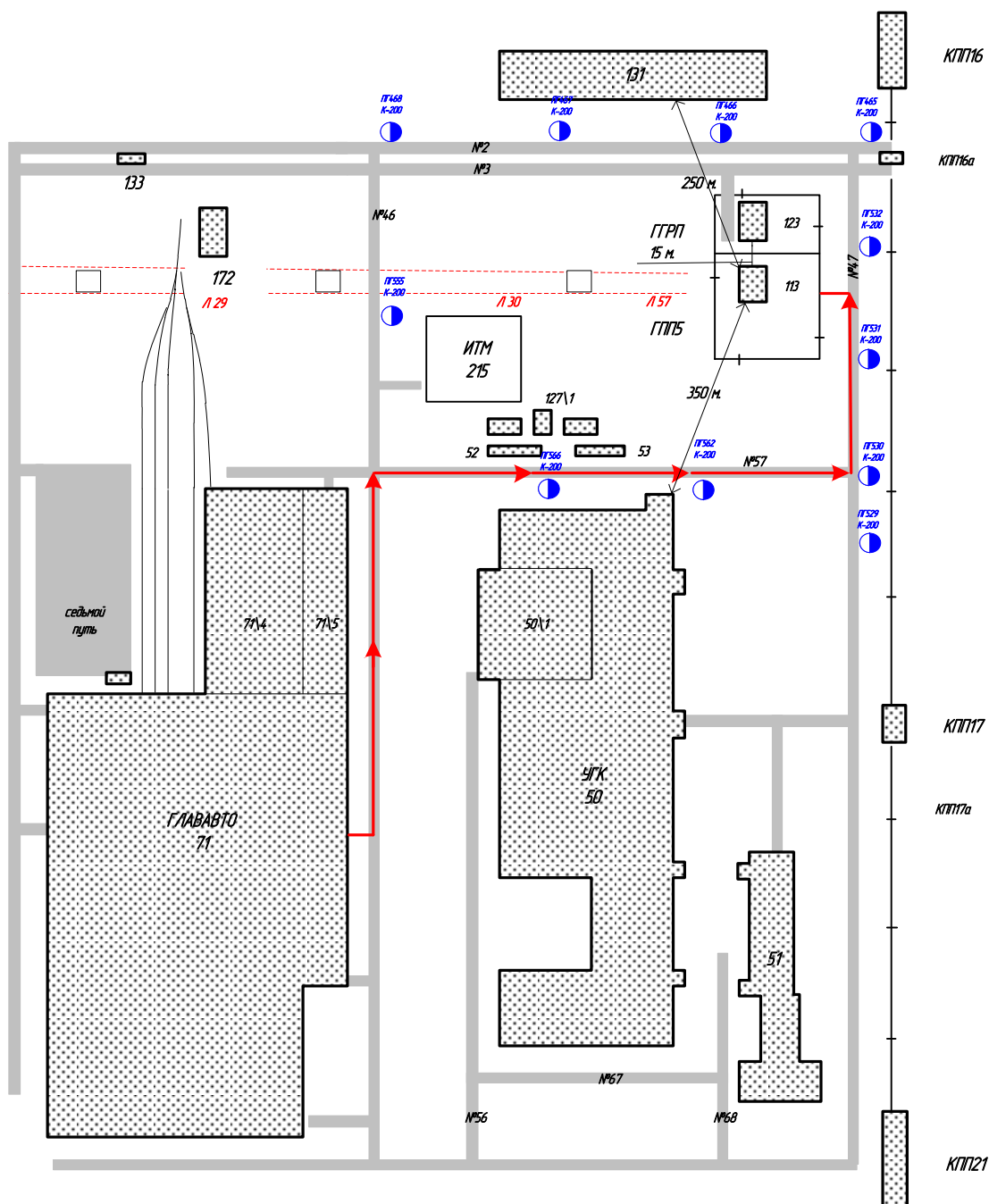


Рисунок 3 – Схема расположения ГПП

ГПП-5 запитана от Тольяттинской ТЭЦ откуда поступает напряжение 110 кВ по высоковольтным проводам. На ГПП-5 происходит понижение напряжения с 110 кВ до 10 кВ и через кабельный тоннель 10 кВ по высоковольтным кабелям происходит подача напряжения на трансформаторные подстанции корпусов завода, где происходит понижение напряжения до 380 В и 220 В и распределение электроэнергии по корпусам завода. Здание ГПП-5 одноэтажное, второй степени огнестойкости. Размеры в плане 18 м × 9 м, высота 6 м. Площадь со вспомогательными помещениями 162 м². Стены из керамзитобетонных навесных плит, вентиляционные окна в металлических переплетах. Несущие колонны железобетонные. Перекрытие из железобетонных плит. Кровля горючая – гравий, утопленный в мастику, 4 слоя рубероида на мастике, цементная стяжка 20 мм, утеплитель керамзит – 150 мм, плиты ребристые. Полы бетонные и керамическая плитка. На расстоянии 15 м от ГПП-5 расположена газораспределительная подстанция с наличием горючих газов.

В здании ГПП-5 находятся следующие помещения:

- помещение ЗРУ – находится 1 секция шин с 15 масляными выключателями ВМ-10, в каждой которой находится по 5 кг трансформаторного масла, общей сложностью в 75 кг;
- помещение ГЩУ – где находятся щиты релейной защиты, по периметру расположены кабельные лотки, в лотках 29 кабелей которые подходят к потребителю;
- с восточной стороны здания снаружи расположен трансформатор, трехфазный, силовой, масляный, двухобмоточный с регулированием напряжения под нагрузкой по ГОСТ 12965-67 [22].

Тип – ТДН 31500/110, Мощность – 31500, Частота – 50 Гц, Установка – наружная. Общее количество масла 21 т.

Характеристика трансформаторного масла.

Пробойная прочность в стандартном маслопробойнике не ниже 50 кВ, действительно для трансформаторов с напряжением 132-500 кВ и 40 кВ действительно для трансформатора с напряжением до 110 кВ включительно [6].

Трансформаторы напряжением до 150 кВ должны заливаться маслом с температурой не ниже +10 С⁰, трансформаторы 220-250 кВ должны заливаться масло с температурой не ниже +45 С⁰.

Аварийный сброс масла осуществляется через запорную арматуру, открываемую вручную, которая находится в нижней части трансформатора. Вылившееся масло через приемный бункер, заполненный щебнем, поступает в железобетонный подземный резервуар, расположенный с юго-восточной стороны на расстояние 20 м. от трансформатора. Емкость резервуара в 1,5 раза превышает общее количество масла, находящегося в резервуаре [23].

Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивается от пожарных гидрантов, расположенных непосредственно у ГПП-5: с восточной стороны – ПГ-530, 531, 532; с южной стороны – ПГ-562 на кольцевом водопроводе диаметром 300 мм. Максимальный расход воды $Q=265$ л/с при напоре 50 м. На кровле корпуса установлены два ГПС-600. С северной стороны корпуса смонтирован сухотруб диаметром 66 мм для подачи огнетушащих средств через ГПС-600 на трансформатор.

Автоматические установки тушения пожара отсутствуют, имеются три стационарные установки ОУ-80.

Установки автоматического обнаружения о пожаре.

АБК, технический пристрой и склад защищены АУПС с дымовыми и ручными пожарными извещателями.

В помещениях ГЦУ, ЗРУ отопление электрическое – электротенами. Вентиляция отсутствует. ГПП-5 запитана от Тольяттинской ТЭЦ откуда поступает напряжение 110 кВ по высоковольтным проводам. На ГПП-5

происходит понижение напряжения с 110 кВ до 10 кВ и через кабельный тоннель 10 кВ по высоковольтным кабелям происходит подача напряжения на трансформаторные подстанции корпусов завода, где происходит понижение напряжения до 380 В и 220 В и распределение электроэнергии по корпусам завода [7].

Критерии оснащения подстанции сооружений АПС и АУПТ, анализ средств пожарной автоматики, применяемых в системах обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции:

- напряжением менее 500 киловольт допустимо не оснащать АУПТ;
- «кабельные сооружения, пространства за подвесными потолками автоматическими установками пожаротушения и системой пожарной сигнализации не оборудуются» [9];
- тип АПС также целесообразно принят согласно нормативному регламенту [12].

«На ОРУ подстанций могут быть следующие источники пожароопасности [2]:

- масляные трансформаторы и выключатели.
- маслонаполненные концевые кабельные муфты.
- охлаждаемые водородом синхронные компенсаторы.
- хранение бензина или других воспламеняемых жидкостей.
- горючие элементы зданий и сооружений.
- меры по смягчению последствий или уменьшению опасности пожара обычно называют мерами противопожарной защиты» [1].

«Для создания условий, обеспечивающих минимальное негативное воздействие электросетевых объектов на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла, при проектировании используем вакуумные выключатели, элегазовые силовые трансформаторы, а также элегазовые и сухие трансформаторы тока» [11].

2.2 Обоснованный выбор средств пожарной автоматики

Предусмотрим автоматическую установку газового пожаротушения модульного типа дистанционного пуска ПДП «Роса-2SL» [10]. Прибор «С2000 – АСПТ» разместим в помещении персонала, а также установим резервный источник питания на случай бесперебойной работы [31]. При срабатывании извещателей, сигнал идет на прибор включения операторной [21].

«Автоматические установки пожаротушения эффективно работают только тогда, когда обнаружение пожара происходит на ранней стадии, поэтому какую бы эффективную автоматическую установку пожаротушения вы ни выбрали – неисправная или морально устаревшая система обнаружения пожара может сработать не так, как планировалось, сведя на нет перспективы ликвидации зарождающегося возгорания. К таким средствам можно отнести, например, устройства самотушения проливов горящих и легковоспламеняющихся жидкостей, имеющие расчетную способность тушения пролившихся горящих и легковоспламеняющихся жидкостей, близкую к 100%, и автономные установки пожаротушения для приборных шкафов и стоек с радиоэлектронной аппаратурой, которые не комплектуются локальными системами пожаротушения непосредственно производителем» [16].

Вывод к разделу 2

Объектом исследования выбран корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ». ГПП-5 принадлежит энергетическому производству и предназначена для понижения напряжения и для запитки трансформаторных подстанций [23].

Проведен анализ средств пожарной автоматики, применяемых в системах обеспечения пожарной безопасности электрической подстанции и обоснован выбор средств АУПТ.

3 Проектирование системы автоматического пожаротушения

Необходимо использовать автоматическую установку газового пожаротушения модульного типа. Срабатывание происходит в автоматическом режиме от срабатывания извещателей (дымовых), а также с ручным и дистанционным пуском ПДП «Posa-2SL» [20].

В таблице 2 представлены предлагаемые изменения на объекте по внедрению АУПТ.

Таблица 2 – Предлагаемые изменения на объекте по внедрению АУПТ

Наименование помещений, защищаемых установками пожаротушения	Вид и характеристика установки	Наличие и места автоматического и ручного пуска установок пожаротушения	Порядок включения и рекомендации по использованию при тушении пожара
Тепловой узел и мастерская Трансформаторная подстанция	Автоматическая установка газового пожаротушения модульного типа	Установка находится в автоматическом режиме, при которой возможен автоматический пуск при срабатывании дымовых пожарных извещателей в защищаемом помещении и ручной пуск системы от внешних кнопок «пуск» на пульте дистанционного пуска ПДП «Posa-2SL» установленных у входа в защищаемое помещение	При возникновении загорания в защищаемом помещении при срабатывании 1 пожарного извещателя на ППК поступает сигнал «внимание», после срабатывания 2 пожарного извещателя сигнал «пожар». Включаются пожарные оповещатели «ГАЗ УХОДИ», с задержкой 30 секунд подается сигнал на подрыв пиропатрона и подача огнетушащего состава Хладон 125 из баллонов модулей [21].

Вследствие вышесказанного, следует отметить, что установка внедряемой АПС необходима для выявления опасных факторов пожара

(температура, пламя, дым), она срабатывает автоматически, что значительно экономит время на ликвидацию аварийной ситуации [10]. Внедряемая автоматическая установка газового пожаротушения модульного типа необходима для возникшего пожара (локализация и ликвидация) на защищаемой площади помещения теплового узла и мастерской трансформаторной подстанции [31]. Это помещения, где применение воды в качестве огнетушащего вещества недопустимо [21].

В состав порошковой АУПТ входит:

- газогенерирующий элемент, который расположен внутри корпуса-цилиндра;
- система электрозапуска;
- система подачи порошка с объемным распылением [23].

Вывод к разделу 3

Проведено проектирование системы автоматического пожаротушения на объекте исследования - корпусе 113 ГПП-5, расположенного с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ». Необходимо использовать автоматическую установку газового пожаротушения модульного типа. Срабатывание происходит в автоматическом режиме от срабатывания извещателей (дымовых), а также с ручным и дистанционным пуском ПДП «Posa-2SL» [20].

Внедряемые АПС и АУПТ способны на ранней стадии выявить факторы возникшего пожара, таким образом это снижает риск развития крупного пожара на объекте электроэнергетики [31].

4 Охрана труда

4.1 Реестр профессиональных рисков для рабочих мест

Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: бригадир, электрики энергетической службы, начальник смены, мастер.

Для целей снижения профессиональных рисков на предприятии разрабатывают СУОТ.

«СУОТ разрабатывается в целях исключения и (или) минимизации профессиональных рисков в области охраны труда и управления указанными рисками (выявления опасностей, оценки уровней и снижения уровней профессиональных рисков), находящихся под управлением работодателя (руководителя организации), с учетом потребностей и ожиданий работников организации, а также других заинтересованных сторон» [7].

Поскольку выбраны профессии административного персонала участка и электриков энергетической службы, необходимо учитывать конкретно опасности, возникающие при работе с электрооборудованием на объектах электроэнергетики.

«При определении состава соблюдаемых работодателем норм Примерного положения и их полноты учитываются наличие у работодателя рабочих мест с вредными и опасными условиями труда, производственных процессов, содержащих опасности травмирования работников, а также результаты выявления (идентификации) опасностей и оценки уровней профессиональных рисков, связанных с этими опасностями» [7].

«Управление профессиональными рисками представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий и процедур, включающих в себя выявление опасностей, оценку профессиональных рисков и применение мер по снижению уровней профессиональных рисков» [7].

4.2 Идентификация опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций

В таблице 3 приведена оценка профессионального риска на рабочем месте старших ДЭМ ПШ, ТП, мастера (таблица 3).

Таблица 3 – Реестр рисков

№	Опасность	ID	Опасное событие
Корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ»	«Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, составу или уровню воздействия вредных факторов» [25]	2.1	«Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ» [25]
	«Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности» [25]	3.1	«Падение при спотыкании или проскальзывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам» [25]
	«Обрушение наземных конструкций» [25]	6.1	«Травма в результате заваливания или раздавливания» [25]
	«Транспортное средство, в том числе погрузчик» [25]	7.1	«Наезд транспорта на человека» [25]
	«Подвижные части машин и механизмов» [25]	8.1	«Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [25]
	«Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [25]	9.1	«Отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны» [25]
	«Воздействие на кожные покровы смазочных масел» [25]	9.2	«Заболевания кожи (дерматиты)» [25]

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
Корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ»	«Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [25]	20.1	«Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [25]
	«Монотонность труда при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок» [25]	24.1	«Психозэмоциональные перегрузки» [25]
	«Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)» [25]	27.7	«Поражение электрическим током» [25]

При необходимости связь между ДЭЗ и РТП может осуществляться с использованием прямой телефонной связи между ДЭЗ. Проведем оценку профессионального риска на рабочем месте старших ДЭМ ПШ, ТП, мастера согласно нормативным документам и сведем итоги в таблицу 4.

Таблица 4 – Оценка вероятности

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

В таблице 5 приведена оценка степени тяжести последствий.

Таблица 5 - Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек); Несчастный случай на производстве со смертельным исходом; авария, пожар	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней); Профессиональное заболевание, инцидент	4
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности до 60 дней	3
2	Незначительная	Незначительная травма - микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая	2

Таблица 6 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ»	«Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ» [25]	«Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ» [25]	Маловероятно	2	Маловероятно	2	4	Низкий
	«Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности» [25]	«Падение при спотыкании или проскальзывании, при передвижении по скользким поверхностям» [25]	Возможно	3	Маловероятно	2	6	Низкий
	«Обрушение наземных конструкций» [25]	«Травма в результате заваливания» [25]	Возможно	3	Весьма маловероятно	1	3	Низкий

Продолжение таблицы 4

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ»	«Транспортное средство, погрузчик» [25]	«Наезд транспорта на человека» [25]	Возможно	3	Маловероятно	2	6	Низкий
	«Подвижные части машин и механизмов» [25]	«Удары, порезы, проколы, наматывания» [25]	Возможно	3	Маловероятно	2	6	Низкий
	«Вредные вещества в воздухе рабочей зоны» [25]	«Отравление вредными веществами в воздухе» [25]	Вероятно	4	Возможно	3	12	Средний
	«Воздействие на кожные покровы масел» [25]	«Заболевания кожи (дерматиты)» [25]	Вероятно	4	Маловероятно	2	8	Низкий
	«Повышенный уровень шума» [25]	«Снижение остроты слуха» [25]	Вероятно	4	Возможно	3	12	Средний
	«Монотонность труда» [25]	«Психозэмоциональные перегрузки» [25]	Вероятно	4	Маловероятно	2	8	Низкий
	«Наведенное напряжение» [25]	«Поражение электрическим током» [25]	Возможно	3	Маловероятно	2	6	Низкий

Мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска на рабочем месте:

- «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности» [25];
- «назначение локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [25];
- разработка инструкций по ОТ согласно специфике в зависимости от объекта [1];
- «заполнение материалом углублений, отверстий, в которые можно попасть при падении (например, с помощью разделительных защитных устройств)» [25];
- наличие и исправность средств защиты (огнетушители; пожарный инвентарь).

Вывод раздела 4

Приведены профессии выбранного объекта электроэнергетики (трансформаторной подстанции), приведены виды опасных событий и производственных рисков для соответствующих рабочих мест. Далее заполнена анкета по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков. Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: бригадир МДП, старшие ДЭМ ПШ, ТП, начальник смены, мастер.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

5.1 Антропогенная нагрузка организации на окружающую среду

Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Определение валового суммарного выброса оксидов азота:

$$M_{NOx} = B_P \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_2}^T \cdot b_r \cdot 10^{-3} \text{ т/год}, \quad (1)$$

$$M_{NOx} = 1447,5 \cdot 21,77 \cdot 0,159 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5,01 \text{ т/год};$$

где B_P - расчетный расход топлива, т/год;

$$B_P = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 1500 \cdot \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 1447,5 \text{ т/год}, \quad (2)$$

где q_4 -потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива,%;

Q_i^r - низкая теплота сгораний топлива, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$;

$K_{NO_2}^T$ - удельный выброс оксидов азота при сжигании топлива, г/МДж;

$$K_{NO_2}^T = 0,011 \cdot d_T \cdot \left(1 + 5,46 \cdot \frac{100-R_6}{100}\right) \cdot \sqrt[4]{Q_i^R \cdot q_r} \text{ г/МДж}; \quad (3)$$

$$K_{NO_2}^T = 0,011 \cdot 1,4 \cdot \left(1 + 5,46 \cdot \frac{100-1}{100}\right) \cdot \sqrt[4]{21,77 \cdot 0,309} = 0,159 \text{ г/МДж};$$

где d_T - коэффициент избытка воздуха в топке;

R_6 - характеристика гранулометрического состава топлива, %;

q_r - тепловое напряжение зеркала горения, МВт/кв.м

$$q_r = \frac{Q_t}{F} = \frac{1,975}{6,39} = 0,309 \frac{\text{МВт}}{\text{кв.м}} \quad (4)$$

где q_4 -потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива,%;

F - площадь зеркала горения, кв.м;

Q_t - тепловая мощность котла по введенному в топку тепла, МВт

$$Q_t = B_p^{max} * Q_i^r = 0,0907 * 21,77 = 1,975 \text{ МВт}, \quad (5)$$

где B_p^{max} - расчетный расход топлива для максимальной нагрузки, кг/с

$$B_p^{max} = B^{max} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,094 * \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 0,0907 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (6)$$

где B^{max} -фактический расход топлива при максимальных нагрузке на котел, кг/с;

b_r - безразмерный коэффициент

$$b_r = 1 - 0,075 * \sqrt{r} = 1 - 0,075 * \sqrt{0} = 1 \quad (7)$$

где r - степень рециркуляции дымовых газов, %.

Валовый выброс диоксида азота и оксида азота:

$$M_{No_2} = 0,8 * M_{No_x} = 0,8 * 5,01 = 4,008 \text{ т/год} \quad (8)$$

$$M_{No} = 0,13 * M_{No_x} = 0,13 * 5,01 = 0,651 \text{ т/год} \quad (9)$$

Расчет максимальных разовых выбросов окислов азота:

$$G_{No_x} = B_p^{max} * Q_i^r * K_{No_2}^T * b_r, \text{ г/с} \quad (10)$$

$$G_{No_x} = 0,0907 * 21,77 * 0,159 * 1 = 0,314 \text{ г/с} .$$

Таблица 7 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ»	корпус 113	Газообразные	Бытовые сточные воды	Производственные, коммунальные
Количество в год		0,25639 т	-	16,256 т

Максимально разовый суммарный выброс определяется формуле:

$$G_{No_2} = 0,8 * G_{No_x} = 0,8 * 0,314 = 0,251 \text{ г/с} \quad (11)$$

$$G_{No} = 0,13 * G_{No_x} = 0,13 * 0,314 = 0,0408 \text{ г/с} \quad (12)$$

Расчет выбросов оксида углерода.

Валовый выброс оксида углерода:

$$M_{CO} = B * C_{CO} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (13)$$

$$M_{CO} = 1500 * 16,328 \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) * 10^{-3} = 23,635 \text{ т/год}$$

где C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг

$$C_{CO} = q_3 * R_x * Q_i^r = 0,75 * 1 * 21,77 = 16,328 \text{ г/кг} \quad (14)$$

где q_3 - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

$R_x=1$ для твердого топлива.

Максимально разовый выброс оксида углерода определяется формуле:

$$G_{CO} = B^{max} * C_{COx} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (15)$$

$$G_{CO} = 0,094 * 16,328 * \left(1 - \frac{3.5}{100}\right) = 1,481 \text{ г/с}$$

Пробойная прочность в стандартном маслопробойнике не ниже 50 кВ, действительно для трансформаторов с напряжением 132-500 кВ и 40 кВ действительно для трансформатора с напряжением до 110 кВ включительно.

Трансформаторы напряжением до 150 кВ должны заливаться маслом с температурой не ниже +10 С0, трансформаторы 220-250 кВ должны заливаться масло с температурой не ниже +45 С. В таблице 8 сведены результаты расчета выбросов веществ в атмосферу.

Таблица 8 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

Наименование загрязняющего вещества
Ксилол
Толуол
Оксид азота
Оксид серы
Формальдегид

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Результаты расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющего вещества	Валовый выброс т/год	Максимально-разовый выброс г/с
Оксид углерода	23,635	1,481
Оксид азота	0,651	0,0408
Оксид серы	10,8	0,677
Диоксида азота	4,008	0,251

Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены в таблице 10.

Таблица 10 – 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	Цех	1	Вытяжное устройство цеха зарядки аккумуляторов	Ксилол	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
				Толуол	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Оксид азота	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Оксид серы	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Формальдегид	0,12142	0,148649	-	-	-	
Итого					0,14968	0,14968	-	-	-	-

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистно го сооруж ения	Год ввода в эксплу тацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименован ие загрязняющ его вещества или микроорган изма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективност ь очистки сточных вод, %	
			Проек тный	Допустимый, в соответствии с разрешительн ым документом на право пользования водным объектом	Факти ческий			Прое ктно е	Допустимое , в соответстви и с разрешение м на сброс веществ и микроорган измов в водные объекты	Факт ическ ое	Проект ная	Факт ическ ая
Очистные сооружения отсутствуют												

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год 2022 г.

№ 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	Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительск ие свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств	48220000000	4	0	0	0,012	0	0	0,012
2	Ткань фильтровальна я из полимерных волокон	44322911604	4	0	0	0,10	0	0,10	0

Продолжение таблицы 12

№ стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				Хранение	Накопление				
3	Строительный мусор, отходы производства [9]	7 33 390 01 71 4	4	0	0	8,50	0	8,50	0
Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн									
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения				
0,012	-	-	0,012	-	-				
0,50	-	0,12	-	-	-				
4,012	-	-	-	-	8,5				
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн							Наличие отходов на конец года, тонн		
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО			Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление	
-	-			-	-	-	0	0	

5.2 Определение соответствия наилучшим доступным технологиям

Аварийный сброс масла осуществляется через запорную арматуру, открываемую вручную, которая находится в нижней части трансформатора. Вылившееся масло через приемный бункер, заполненный щебнем, поступает в железобетонный подземный резервуар, расположенный с юго-восточной стороны на расстояние 20 м от трансформатора. Емкость резервуара в 1,5 раза превышает общее количество масла, находящегося в резервуаре.

«Сочетанием критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии являются:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции, выполняемой работы, оказываемой услуги либо другие предусмотренные международными договорами РФ показатели; экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период ее внедрения; промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» [5].

Результаты анализа представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [8]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	ГПП-5	корпус 113	Соответствует

Подтверждение соответствия:

- наличие аварийного сброса масла через запорную арматуру, открываемую вручную, которая находится в нижней части трансформатора;
- показаны данные системы противопожарной защиты п. 1.1, 1.2, 2.1;
- происходит понижение напряжения с 110 кВ до 10 кВ и через кабельный тоннель 10 кВ по высоковольтным кабелям происходит подача напряжения на трансформаторные подстанции корпусов завода;
- полноценный контроль технологического цикла под руководством должностных лиц объекта;
- после снятия напряжения, тушение пожара можно производить любыми средствами пожаротушения (распылённой водой, воздушно-механической пеной);
- при внутреннем повреждении трансформатора с выбросом масла через выхлопную трубу или через нижний разъём и внутри трансформатора, следует вводить средства ликвидации аварии внутрь трансформатора через верхние люки и через деформированный разъём используя СВП-4 и СВП-8;
- при аварии трансформаторных подстанциях предусмотрено автоматическое отключение от сети со всех сторон и заземление;
- полноценное ведение служебной документации;
- имеются в наличии индивидуальные и групповые фонари, со средствами связи и изолирующими аппаратами дыхания;
- возможность включения систем жизнеобеспечения (вентиляция, освещение) и технического оборудования, заблокированного системами автоматикой.

5.3 Результаты производственного контроля

В таблице 14 приведены сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и наличии отчетов

Таблица 14 – Сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и наличии отчетов

Наименование блока	Наименование отчетов
Сведения об обязательном страховании гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии	Сведения о полисах обязательного страхования гражданской ответственности владельца объекта за причинение вреда в результате аварии
Сведения о работниках, ответственных за организацию и осуществление производственного контроля	Сведения о работниках, ответственных за организацию производственного контроля
	Сведения о работниках, ответственных за осуществление производственного контроля
	Сведения о положении о производственном контроле
Сведения об организации системы промышленной безопасностью	Сведения об организации системы управления промышленной безопасностью
Сведения о выполнении мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	Сведения о выполнении плана мероприятий по обеспечению промышленной безопасности за предыдущий год
Результаты проверок, проведенных работником, ответственным за организацию и осуществление контроля	Количество проведенных проверок за отчетный период
	Предложения работника, ответственного за осуществление производственного контроля
	Сведения о состоянии зданий и сооружений, отработавших сроки службы
	Общие сведения о технических устройствах, применяемых на
Сведения о состоянии технических устройств, применяемых на производственном объекте	Сведения о состоянии технических устройств, применяемых на ОПО, отработавших сроки службы, требующих проведения ремонтных работ, реконструкции, модернизации, находящихся в опытной эксплуатации

Вывод к разделу 5

Определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду, определены соответствия технологии на производстве наилучшим доступным.

Аварийный сброс масла осуществляется через запорную арматуру, открываемую вручную, которая находится в нижней части трансформатора. Вылившееся масло через приемный бункер, заполненный щебнем, поступает в железобетонный подземный резервуар, расположенный с юго-восточной стороны на расстояние 20 м. от трансформатора. Емкость резервуара в 1,5 раза превышает общее количество масла, находящегося в резервуаре.

Оформлены 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.

6 Оценка эффективности по обеспечению техносферной безопасности

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 15.

Таблица 15 – План реализации мероприятий по техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Проектирование системы автоматического пожаротушения для обеспечения противопожарной защиты электрической подстанции	2023 год
Монтаж системы АУПТ	2023 год
Пуско-наладочные работы	2023 год

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [2]	м ²	F	47,1	
«Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов» [2]	руб./м ²	Ст	50000	50000
Стоимость поврежденных частей здания	руб/м ²	Ск	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [2]	м ²	F'' пож	47,1	
«Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения» [2]	м ²	F*пож	-	2
«Вероятность возникновения пожара» [2]	1/м ² в год	J	3,1·10 ⁻⁶	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [2]	м ²	Fпож	4	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [2]	-	p1	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [2]	-	p2	0,95	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [2]	-	p3	0,86	

Продолжение таблицы 16

Показатель	Измерение	Обоз.	1 вариант	2 вариант
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [2]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [2]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [2]	м/мин	вл	1,0	
«Время свободного горения» [2]	мин	Всвг	15	
«Норма текущего ремонта» [2]	%	Нт.р.	-	
«Норма амортизационных отчислений» [2]	%	На	-	
Заработная плата 1 работника	руб/мес	ЗПЛ	0	
«Период реализации мероприятия» [2]	лет	Т	10	

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 6:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot T_{\text{св}})^2, \text{ м}^2, \quad (6)$$

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

$T_{\text{св}}$ – время свободного горения, мин.» [2]

$$F_{\text{пож}} = 3,14 \times (1 \times 15)^2 = 47,1 \text{ м}^2,$$

Здание ГПП-5 одноэтажное, второй степени огнестойкости. Размеры в плане 18 м × 9 м, высота 6 м. Площадь со вспомогательными помещениями 162 м².

Далее проведем расчёт показателя ожидаемых потерь от пожаров

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_3), \quad (7)$$

«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» [2]:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1 + k) \cdot p_1; \quad (8)$$

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

F – площадь объекта, м^2 ;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования, 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» [2].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \times \\ \times [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (9)$$

«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» [2].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (10)$$

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

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - \\ - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (11)$$

Расчет первого варианта:

$$\begin{aligned}M(\Pi_1) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times 50000 \times 10 \times (1+1,63) \times 0,79 = 1516,82 \text{ руб./год}; \\M(\Pi_2) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times (50000 \times 452 + 30000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,95 = \\&= 656236,12 \text{ руб./год}. \\M(\Pi_3) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times (50000 \times 6500 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79-(1-0,79) \times 0,95] = \\&= 1562300,25 \text{ руб./год}.\end{aligned}$$

Расчет второго варианта:

$$\begin{aligned}M(\Pi_1) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times 50000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,79 = 62563,23 \text{ руб./год}; \\M(\Pi_2) &= 3,1 \times 10^{-5} \times 6500 \times 50000 \times 2 \times (1+1,63) \times (1-0,79) \times 0,86 = \\&= 1256,3 \text{ руб./год}; \\M(\Pi_3) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times (30000 \times 452 + 30000) \times (1+1,63) \times [1-0,79-(1-0,79) \times 0,86] \times \\&\times 0,95 = 665236,23 \text{ руб./год}. \\M(\Pi_4) &= 3,1 \times 10^{-6} \times 6500 \times (50000 \times 6500 + 30000) \times (1+1,63) \times \{1-0,79-(1-0,79) \times 0,86 - [1-0,79-(1-0,79) \times 0,86] \times 0,95\} = 256362 \text{ руб./год}.\end{aligned}$$

Общие ожидаемые потери объекта от пожаров составят:

– если отсутствует система пожаротушения:

$$M(\Pi)_1 = 1516,82 + 656236,12 + 1562300,25 = 2220053 \text{ руб./год};$$

– если смонтирована система пожаротушения:

$$M(\Pi)_2 = 62563,23 + 1256,3 + 665236,2 + 256362 = 985417,5 \text{ руб./год}.$$

Таким образом, если отсутствует система пожаротушения потери в два раза больше, чем при ее наличии.

Стоимость монтажа АУПТ представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Стоимость монтажа АУПТ

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы АУПТ	30000
Монтаж системы АУПТ	50000
Стоимость оборудования	200000
Пуско-наладочные работы	20000
Итого:	300000

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание АУПТ:

$$P = A + C \quad (12)$$

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

C – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт), руб./год» [2].

$$P=300000+300000=600000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 13:

$$C_2 = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} \quad (13)$$

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

$C_{\text{с.о.п.}}$ – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [2].

$$C_2=50000+250000=300000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 14:

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{K_2 \cdot H_{\text{т.р.}}}{100\%} \quad (14)$$

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

$H_{т.р.}$ – норма текущего ремонта, %» [2].

$$C_{т.р.} = \frac{1000000 \times 5}{100} = 50000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала:

$$C_{с.о.п.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (15)$$

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

$ЗПЛ$ – заработная плата 1 работника, руб./мес» [2].

$$C_{с.о.п.} = 12 \times 1 \times 42000 = 504000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию АУПТ:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (16)$$

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

H_a – норма амортизации, %» [2].

$$A = \frac{1000000 \times 10}{100} = 100000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа модульной АУПТ:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(P_1) - M(P_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+HД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (17)$$

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

$M(\Pi_1), M(\Pi_2)$ – расчетные годовые материальные потери, 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 t-м году, руб./год» [2].

Расчёт денежных потоков от монтажа АУПТ представлен в таблице 11.

$$\begin{aligned}
 И = \sum_{t=0}^T & ([2220053 - 985417,5] - [850000 - 600000]) \times \frac{1}{(1 + 5,5)^t} \\
 & - (300000 - 120000) = 13256456,23
 \end{aligned}$$

В таблице 18 произведен расчёт денежных потоков.

Таблица 18 – Расчёт денежных потоков

Год 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
1	1234635,5	250000	0,91	1456234	300000	561785
2	1234635,5	250000	0,83	1235632	-	1236362
3	1234635,5	250000	0,75	1120362	-	1123365
4	1234635,5	250000	0,68	956365	-	912023
5	1234635,5	250000	0,62	912023	-	852232
6	1234635,5	250000	0,56	859632	-	563369
7	1234635,5	250000	0,51	752369	-	365952
8	1234635,5	250000	0,47	423563	-	425696
9	1234635,5	250000	0,42	215963	-	145623
10	1234635,5	250000	0,39	854123	-	256325

Вывод по разделу 6

Необходимо использовать автоматическую установку газового пожаротушения модульного типа. Срабатывание происходит в автоматическом режиме от срабатывания извещателей (дымовых), а также с ручным и дистанционным пуском ПДП «Posa-2SL» [20]. Интегральный экономический эффект от монтажа АУПТ за десять лет составит 13256456,23 рублей.

Заключение

Объектом исследования выбран корпус 113 ГПП-5, расположенный с восточной стороны завода ПАО «АВТОВАЗ». ГПП-5 принадлежит энергетическому производству и предназначена для понижения напряжения и для запитки трансформаторных подстанций.

Проведен анализ систем автоматического пожаротушения, применяемых для обеспечения противопожарной защиты электрических подстанций и кабельных сооружений.

Предусмотрена автоматическая установка газового пожаротушения модульного типа дистанционного пуска ПДП «Роса-2SL» [10]. Прибор «С2000 – АСПТ» разместим в помещении персонала, а также установим резервный источник питания на случай бесперебойной работы [31]. При срабатывании извещателей, сигнал идет на прибор включения операторной [21]. Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: бригадир МДП, старшие ДЭМ ПШ, ТП, начальник смены, мастер. Приведены профессии выбранного объекта электроэнергетики (трансформаторной подстанции), приведены виды опасных событий и производственных рисков для соответствующих рабочих мест. Далее заполнена анкета по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков. Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: бригадир МДП, старшие ДЭМ ПШ, ТП, начальник смены, мастер.

Определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду, определены соответствия технологии на производстве наилучшим доступным. Оформлены результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами.

Список используемых источников

1. Амирханов Ф.Н. Пожарная безопасность на понижающих подстанциях// Научно-методический электронный журнал вестник магистратуры. 2018. № 4(1)-79. С. 40–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-bezopasnost-na-ponizhayuschih-podstantsiyah> (дата обращения: 12.12.2017).

2. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhpriekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 10.03.2023).

3. Нормы проектирования автоматических установок водяного пожаротушения кабельных сооружений [Электронный ресурс] : Письмо Госнадзора от 21.12.2001 (ред. от 12.02.2021) РД 153-34.0-49.105-01 (ред. 11.06.2021). URL: <https://rulings.ru/acts/Normy-proektirovaniya-avtomaticheskikh-ustanovok-vodyanogo-pozharotusheniya-kabelnyh-sooruzheniy.-RD-153-34/> (дата обращения: 20.01.2023).

4. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. 11.06.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 15.10.2022).

5. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 (ред. 14.07.2022). URL: <https://rulings.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7-FZ/> (дата обращения: 15.10.2022).

6. Об утверждении правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ и о внесении изменений в приказы МинЭнерго России [Электронный ресурс] : Приказ Министерства энергетики РФ от 13.09.2018 г. № 757. URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=438327> (дата обращения: 15.10.2022).

7. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintruda-Rossii-ot-29.10.2021-N-776n/> (дата обращения: 16.04.2023).

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> (дата обращения: 16.04.2023).

9. Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 01.09.2021 № 1464. URL: <https://rulaws.ru/goverment/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-01.09.2021-N-1464/> (дата обращения: 20.04.2023).

10. 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://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-14.06.2018-N-261/> (дата обращения: 16.04.2023).

11. Пожарная безопасность на понижающих подстанциях Амирханов Ф.Н. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-bezopasnost-na-ponizhayuschih-podstantsiyah> (дата обращения: 20.04.2023).

12. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ [Электронный ресурс] : Приказ Минэнерго России от 19.06.2003 N

229. URL: <https://bazanpa.ru/minenergo-rossii-prikaz-n229-ot19062003-h741827/pravila/> (дата обращения: 16.04.2023).

13. Применение автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой для защиты кабельных сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/XzJPveDq3ypz-rz-> (дата обращения: 16.04.2023).

14. Противопожарная защита кабельных трасс систем электроснабжения промышленных и общественных зданий [Электронный ресурс]. URL: <http://www.technomash.com/primenenie/primenenie/st15> (дата обращения: 16.04.2023).

15. РД 153-34.0-03.301-00 (ВППБ 01-02-95*). Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий" (утв. РАО «ЕЭС России» 09.03.2000) (вместе с «Положением об Ответственности работников энергетических предприятий за обеспечение пожарной безопасности», «Программой подготовки персонала по пожарной безопасности в электроэнергетической отрасли», «Положением о пожарно-технических комиссиях на предприятиях и в организациях электроэнергетической отрасли») [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/rd-153-340-03301-00-vppb-01-02-95-pravila-pozharnoi-bezopasnosti/> (дата обращения: 16.04.2023).

16. Установки автоматического пожаротушения на объектах энергетики [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/ustanovki-avtomaticheskogo-pozharotusheniya-na-obektah-energetiki> (дата обращения: 16.04.2023).

17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 14.07.2022). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 16.04.2023).

18. Электрическая подстанция [Электронный ресурс] : официальный справочный источник - википедия. URL: <https://goo.su/VUt5y2C> (дата обращения: 16.04.2023).

19. Fire alarm system design with Safety Systems Designer. – URL: <https://www.boschsecurity.com/xc/en/solutions/fire-alarm-systems/fire-alarm-system-design/> (дата обращения: 20.01.2022).

20. Fire Protection Technology. – URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/technology/> (дата обращения: 20.01.2022).

21. Fire technology news & articles. – URL: <https://www.firerescue1.com/fire-products/technology/articles/> (дата обращения: 20.01.2022).

22. Information inversion and dynamic analysis of video-driven fire detection based on object-oriented segmentation Cheng Y., Bai H., Li Z., Zhang Y., Chen L., Chen K. 1599-1616.

23. ISO 25523-1:2020. Information about fire and objects. – Fires at chemical plants – Part 1: Thesauri for information retrieval. – URL: <https://www.iso.org/standard/53657.html> (дата обращения: 20.01.2022).

24. Public Fire Information Websites. – URL: <https://www.fs.usda.gov/science-technology/fire/information> (дата обращения: 20.01.2022).

25. Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Министерства труда и соцразвития от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintruda-Rossii-ot-29.10.2021-N-776n/> (дата обращения: 12.05.2023).