

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

Кафедра

**Промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта
Направление подготовки**

Техносферная безопасность

20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль

Инженерная защита окружающей среды

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему:

**«Разработка мероприятий по повышению эффективности производственного
экологического контроля при нанесении гальванических покрытий»**

Студент

(подпись, дата)

Ермолаева Анастасия
Сергеевна

Руководитель

(подпись, дата)

Полянская Е.А.

Консультанты:

по БЖД

(подпись, дата)

Костиневич В.В.

по экономике

(подпись, дата)

Безбородова О.Е.

Нормоконтролер

(подпись, дата)

Полянская Е.А.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой

(подпись, дата)

Безбородова О. Е.

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК от _____ № _____)

Секретарь ГЭК

(подпись)

Камардина Н.В.

Пенза, 2025

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР) бакалавра выполнена на тему: «Разработка мероприятий по улучшению эффективности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий».

Пояснительная записка – 64 страницы, 2 рисунка, 9 таблиц, 28 источников.

Графические материалы ВКР составляют 6 листов в формате А1.

Ключевые слова: производственный экологический контроль, нанесение гальванических покрытий, выбросы в атмосферу, мероприятия, полиакриламид, опасные и вредные производственные факторы, ущерб.

Цель работы – разработать мероприятия по улучшению эффективности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий.

Задачи: рассмотреть деятельность по организации производственного экологического контроля на предприятии; охарактеризовать технологический процесс нанесения гальванических покрытий; проанализировать негативное воздействие предприятия на окружающую среду; провести анализ организации производственного экологического контроля на предприятии и разработать мероприятий по повышению его эффективности; рассмотреть вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности при нанесении гальванических покрытий; рассчитать предотвращенный экономический ущерб от загрязнения водных ресурсов.

В работе представлены: организация производственного экологического контроля; анализ технологического процесса; анализ негативного воздействия предприятия на окружающую среду; обеспечение безопасности жизнедеятельности при нанесении гальванических покрытий; расчет предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов.

Содержание

Введение.....	8
1 Организация производственного экологического контроля на предприятии.....	10
1.1 Определение и нормативно-правовое регулирование производственного экологического контроля	10
1.2 Организация производственного экологического контроля	14
1.3 Особенности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий	16
2 Анализ технологического процесса нанесения гальванических покрытий.	19
2.1 Основные этапы нанесения гальванических покрытий	19
2.2 Анализ технологического процесса нанесения гальванических покрытий	23
3 Анализ негативного воздействия предприятия на окружающую среду	26
3.1 Характеристика деятельности предприятия	26
3.2 Характеристика выбросов загрязняющих веществ	27
3.3 Характеристика состава сточных вод	33
3.4 Характеристика образующихся отходов	35
4 Анализ организации производственного экологического контроля на предприятии.....	37
4.1 Характеристика деятельности подразделений и (или) должностных лицах, отвечающих за осуществление производственного экологического контроля	37
4.2 Анализ методов осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методиках измерений	38
4.3 Разработка мероприятий по повышению эффективности производственного экологического контроля	40

5 Обеспечение безопасности жизнедеятельности при нанесении гальванических покрытий	47
5.1 Обеспечение охраны труда при нанесении гальванических покрытий	47
5.2 Нормативно-правовая база охраны труда на гальваническом предприятии.....	47
5.3 Опасные и вредные производственные факторы при нанесении гальванических покрытий	48
5.4 Специальная оценка условий труда на предприятии	51
6 Расчет предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов.....	55
Заключение	58
Список использованных источников	61
Приложение А. Графическая часть работы	
Перечень графического материала:	
Лист 1. Карта-схема участков производственной площадки	
Лист 2. Блок-схема технологического процесса цинкования	
Лист 3. Характеристика загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу	
Лист 4. План-график контроля источников выбросов	
Лист 5. Результаты анализов сточных вод	
Лист 6. Схема мероприятий по повышению эффективности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий	

Введение

Производственный экологический контроль – это система мер, направленных на мониторинг и уменьшение негативного воздействия предприятия на окружающую среду. Производственный экологический контроль включает учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, контроль за соблюдением нормативов допустимой нагрузки на окружающую среду и внедрение природоохранных технологий для обеспечения экологической безопасности.

Производственный экологический контроль критически важен для соблюдения природоохранного законодательства, позволяя избежать штрафов, судебных разбирательств и приостановки деятельности предприятия. Он обеспечивает своевременное выявление и снижение вредного воздействия на окружающую среду, минимизируя загрязнение воздуха, воды и почвы.

Производственный экологический контроль особенно важен для гальванических производств, так как обеспечивает соблюдение жестких нормативов по выбросам тяжелых металлов (хрома, никеля, кадмия), сбросам кислотного-щелочных стоков и размещению отходов. Производственный экологический контроль повышает ресурсоэффективность, сокращая затраты на сырье и очистку за счет оптимизации технологических процессов и повторного использования реагентов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка мероприятий по повышению эффективности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– рассмотреть деятельность по организации производственного экологического контроля на предприятии;

- охарактеризовать технологический процесс нанесения гальванических покрытий;
- проанализировать негативное воздействие предприятия на окружающую среду;
- провести анализ организации производственного экологического контроля на предприятии и разработать мероприятий по повышению его эффективности;
- рассмотреть вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности при нанесении гальванических покрытий;
- рассчитать предотвращенный экономический ущерб от загрязнения водных ресурсов.

1 Организация производственного экологического контроля на предприятии

Экологический контроль – это система мер, направленных на наблюдение, оценку и регулирование воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Целью экологического контроля является обеспечение соблюдения природоохранного законодательства, предотвращение и минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

1.1 Определение и нормативно-правовое регулирование производственного экологического контроля

Производственный экологический контроль (ПЭК) – это система внутреннего мониторинга и управления экологическими аспектами деятельности предприятия, направленная на соблюдение природоохранного законодательства, сокращению отрицательного воздействия на окружающую среду и выполнение установленных нормативов.

Нормативно-правовым обеспечением в деятельности по осуществлению ПЭК являются следующие документы:

1. Федеральные законы

1.1 Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды»

Основные понятия, цели и порядок осуществления ПЭК определены в статьях 65, 67 [1].

1.2 Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления»

Согласно этому закону, осуществляется учет и контроль отходов, также правила обращения с отходами, включая их образование, сбор, транспортировку, хранение, переработку и утилизацию [2].

1.3 Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об охране атмосферного воздуха»

В главе V определены порядок организации мониторинга атмосферного воздуха, оценка соблюдения обязательных требований, производственный и общественный экологический контроль в области охраны атмосферного воздуха [3].

1.4. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

Регламентирует контроль за соблюдением ПДК [4].

2. Постановления Правительства РФ

2.1 Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 (ред. от 18.12.2024) «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»

Регламентирует категоризация объектов НВОС [5].

2.2 Постановление Правительства РФ от 13.03.2019 № 262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ»

Регламентирует правила создания и эксплуатации систем наблюдения за загрязнением [6].

3. Приказы Министерства природных ресурсов и экологии

3.1 Приказ Минприроды России от 18.02.2022 № 109 (ред. от 24.03.2023) «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об

организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля»

В приказе указаны требования к содержанию программы производственного экологического контроля, порядок и сроки предоставления отчетов об организации и результатах контроля [7].

3.2. Приказ Минприроды России от 24.03.2023 № 150 «О внесении изменений в требования к содержанию программы производственного экологического контроля, утвержденные приказом Минприроды России» от 18 февраля 2022 г. № 109

Изменения, которые вносятся в требования к содержанию программы производственного экологического контроля [8].

3.3 Приказ Минприроды России от 30.06.2023 № 411 «Об утверждении Методических рекомендаций по заполнению формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля»

Регламентирует форму отчета о результатах осуществления ПЭК [9].

4. СанПиНы и ГОСТы

4.1 ГОСТ Р 56062-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. «Производственный экологический контроль. Общие положения» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 09.07.2014 № 711-ст)

Регламентирует порядок проведения ПЭК [10].

4.2 СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3 (ред. от 15.11.2024).

Регламентирует ПДК веществ в различных средах и на различных территориях [11].

4.3 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 30.12.2022)).

Регламентирует ПДУ воздействия факторов с целью охраны здоровья населения [12].

5. Локальные документы предприятия

Перечень документация к объектам НВОС I, II и III категорий, для которых обязателен ПЭК приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень документация к объектам НВОС, отвечающий требованиям природоохранного законодательства

I категория	II категория	III категория
1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> – Комплексное экологическое разрешение – Нормативы допустимых сбросов – Нормативы образования отходов – Расчет нормативов выбросов или разрешение на выбросы веществ 1-2 класса – Получение разрешения на сбросы – Лимиты размещения отходов – Разработка НДВ, НДС, ПНООЛР, технологических нормативов – Разработка программы повышения экологической эффективности – Получение разрешения на вредное физическое воздействие на атмосферный воздух 	<ul style="list-style-type: none"> – Декларация на окружающую среду – Нормативы образования отходов в рамках ДВОС – Нормативов выбросов в рамках ДВОС – Нормативы допустимых сбросов в рамках ДВОС – Проект расчета нормативов допустимых выбросов, сбросов, нормативов образования отходов в рамках ДВОС – КЭР при наличии отраслевого справочника НДТ – Разработка плана мероприятий по охране окружающей среды – Программа ПЭК и отчет по ПЭК – Экологический сбор – Журнал учета движения отходов 	<ul style="list-style-type: none"> – Расчет НДВ для веществ 1-2 классов опасности – Расчет НДС для 1-2 классов опасности – Журнал учета движения отходов – Программа ПЭК и отчет по ПЭК – Экологический сбор – Плата за НВОС – Отчеты по формам 2-ТП (воздух), 2-ТП (водхоз), 2-ТП (отходы) – Отчеты по формам 4-ОС, 2-ОС – Разработка плана мероприятий при НМУ – Подача данных в региональный кадастр отходов

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> – Программа ПЭК и отчет по ПЭК – Экологический сбор – Журнал учета движения отходов – Плата за НВОС – Отчеты по формам 2-ТП (воздух), 2-ТП (водхоз), 2-ТП (отходы) – Отчеты по формам 4-ОС, 2-ОС – Разработка плана мероприятий при НМУ – Подача данных в региональный кадастр отходов 	<ul style="list-style-type: none"> – Плата за НВОС – Отчеты по формам 2-ТП (воздух), 2-ТП (водхоз), 2-ТП (отходы) – Отходы по формам 4-ОС, 2-ОС – Разработка плана мероприятий при НМУ – Подача данных в региональный кадастр отходов 	

Таким образом, ПЭК регулируется федеральными законами, постановлениями, ведомственными приказами и санитарными нормами. Предприятие обязано разработать программу ПЭК в соответствии с этими документами и обеспечить ее выполнение.

1.2 Организация производственного экологического контроля

Производственный экологический контроль представляет собой важный элемент для обеспечения устойчивого развития и защиты окружающей среды.

ПЭК проводится с целью обеспечения сохранности окружающей среды, предотвращения нецелесообразного использования ее ресурсов в процессе промышленной, сельскохозяйственной и других видов деятельности [14, 15].

Основными задачами ПЭК являются:

- контроль соблюдения экологических норм (нормативы допустимых выбросов, нормативы допустимых сбросов, нормативы образования отходов);

- мониторинг источников загрязнения (выбросы, сточные воды, отходы);
- ведение экологической отчетности (2-ТП, декларации, журналы ПОД);
- предупреждение аварийных ситуаций;
- повышение экологической эффективности (внедрение наилучших доступных технологий, ресурсосбережение).

В первую очередь, производственный экологический контроль включает в себя мониторинг экологических параметров, что подразумевает регулярное отслеживание состояния окружающей среды.

В него входят замеры выбросов в атмосферу, анализ состава сточных вод, оценка качества почвы [15].

Основными направлениями в эффективной деятельности по производственному экологическому контролю являются:

1. Обеспечение соответствия нормативным требованиям. Контроль необходим для выполнения экологических норм и стандартов, установленных государственными органами.
2. Выявление и предупреждение экологических нарушений. Регулярный мониторинг позволяет своевременно обнаруживать потенциальные источники загрязнения и оперативно принимать меры по их устранению.
3. Снижение негативного воздействия производства. Оптимизация технологических процессов способствует уменьшению выбросов вредных веществ и рациональному использованию природных ресурсов.
4. Информирование руководителей ответственных подразделений и заинтересованных лиц. ПЭК обязателен для предприятий, которые: имеют объекты I, II и III категорий негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), осуществляют выбросы, сбросы, образуют отходы и используют природные ресурсы.

Программа ПЭК включает в себя данные о выбросах, сбросах сточных вод; побочных продуктах производства; методах, сроках надзора, местах забора проб и их измерении; об ответственных за контроль структурах; испытательных лабораториях; отходах производства и потребления.

Программа ПЭК – это внутренний документ предприятия, регламентирующий порядок проведения экологического контроля, мониторинга и отчетности в соответствии с требованиями законодательства.

1.3 Особенности производственного экологического контроля при нанесении гальванических покрытий

Гальванические покрытия являются важным элементом в таких отраслях, как машиностроение, авиация и электроника, обеспечивая защиту от коррозии и улучшая эксплуатационные свойства изделий. Однако процессы гальваники сопровождаются значительным экологическим риском, включая использование токсичных электролитов, образование сточных вод и шламов, выбросы летучих соединений. Неэффективный экологический контроль на таких предприятиях приводит к загрязнению окружающей среды.

В зависимости от требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам, выделяют три типа покрытий:

1. Защитные – для защиты от коррозии деталей в различных средах;
2. Защитно-декоративные – для декоративной отделки деталей;
3. Специальные – для придания поверхности деталей специальных свойств;

Источниками загрязнений при нанесении гальванических покрытий являются: сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов, кислоты и щелочи и образующиеся на этапах промывки, травления и обезжиривания; газовые выбросы, выделяющиеся в результате испарения растворителей, аэрозолей и кислот, отходы, образующиеся после очистки стоков[16].

ПЭК на гальваническом производстве включает следующие этапы:

1. Подготовительный этап: изучение действующих экологических норм и стандартов, касающихся гальванического производства, разработка программы контроля, которая определяет параметры, подлежащие контролю, и частоты проверок.
2. Контроль на этапе подготовки: проверка химических веществ, используемых в процессе, на соответствие экологическим требованиям и оценка условий работы сотрудников, включая наличие средств индивидуальной защиты.
3. Контроль в процессе нанесения покрытий: регулярная проверка температуры, плотности тока, состава электролита и других технологических параметров и измерение концентрации вредных веществ в воздухе, выбрасываемых в атмосферу, и контроль за соблюдением предельно допустимых концентраций.
4. Контроль на этапе очистки и утилизации: оценка количества и состава отходов, образующихся в процессе, и их соответствие требованиям по утилизации, проверка качества сточных вод на наличие загрязняющих веществ и соответствие нормам.
5. Финальный контроль и отчетность: сравнение полученных данных с установленными нормами и стандартами, составление отчетов о проведенном контроле, выявленных нарушениях и принятых мерах.
6. Корректирующие действия: определение мер по улучшению экологической безопасности и снижению негативного воздействия на окружающую среду и проведение тренингов и семинаров для сотрудников по вопросам экологии и безопасности.
7. Периодический пересмотр программы ПЭК: оценка результатов экологического контроля и внесение изменений в программу при необходимости.

Производственный экологический контроль (ПЭК) на гальванических производствах имеет ряд ключевых особенностей, связанных с высокой токсичностью используемых веществ и сложностью очистки отходов.

Особенностями ПЭК за выбросами в атмосферу являются

- обязательный контроль на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по хрому (VI) (ПДК_{м.р.} = 0,0015 мг/м³), никелю (ПДК_{с.с.} = 0,001 мг/м³), цианистому водороду (ПДК_{р.з.} = 0,3 мг/м³);
- использование газоочистного оборудования (скрубберы, сорбционные фильтры) с проверкой эффективности 2 раза в год.

Особенностями ПЭК за составом сточных вод являются:

- контроль за локальной очисткой перед сбросом в городские сети или водоемы: нейтрализация сточных вод до pH 6,5–8,5; осаждение металлов (гидроксиды, сульфиды), разрушение цианидов гипохлоритом натрия;
- регулярный лабораторный анализ за составом сточных вод;

Особенностями ПЭК в деятельности по обращению с отходами являются учет образования отходов по ФККО; контроль накопления и передачи лицензированным организациям; проверка герметичности емкостей для хранения отходов [17].

Таким образом, производственный экологический контроль (ПЭК) – это система внутреннего мониторинга и управления экологическими аспектами деятельности предприятия. ПЭК регулируется федеральными законами, постановлениями, ведомственными приказами и санитарными нормами. Предприятие обязано разработать программу ПЭК в соответствии с этими документами и обеспечить ее выполнение.

ПЭК на гальваническом производстве требует усиленного контроля за токсичными металлами и цианидами, многоступенчатой очистки стоков и выбросов, а также строгого соблюдения требований к хранению отходов. Рекомендуется внедрять системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ для объектов I категории.

2 Анализ технологического процесса нанесения гальванических покрытий

2.1 Основные этапы нанесения гальванических покрытий

На предприятие нанесение гальванических покрытий применяют для получения медных, никелевых, хромистых, оловянных, цинковых и кадмиевых покрытий, используется также и электрохимическая полировка алюминиевых покрытий. Нанесение покрытий производится для придания изделиям защитных, защитно-декоративных свойств, повышения твердости, износоустойчивости, жаропрочности, коррозионной стойкости.

Покрываемые поверхности после их подготовки на специальных подвесках погружают в ванны с электролитом, содержащим ионы защищающих металлов, и электролизом наносят необходимый слой. При этом изделия служат катодом, а пластины из осаждаемых металлов – анодом. Защитный слой наносят как на поверхность готовых изделий, так и полуфабрикатов (листов, труб, проволоки). Электролитами являются разнообразные растворы: кислые, щелочные и другие [18,19].

Технологический процесс нанесения гальванического покрытия представляет собой последовательность операций, обеспечивающих образование на поверхности изделия металлического слоя заданной толщины и свойств. Процесс включает подготовительные, основные и заключительные стадии, каждая из которых имеет критическое значение для качества получаемого покрытия.

Нанесение гальванических покрытий осуществляется в несколько этапов, каждый из которых подлежит строгому контролю:

1. Подготовка поверхности изделия – важнейший этап, от которого зависит долговечность и адгезия покрытия. Включает в себя механическую обработку (для удаления окалина, ржавчины, заусенцы и грубые загрязнения); обезжиривание химическим или электролитическим способом (для удаления

остатков масел, смазок и органических загрязнений); травление в кислотных растворах (HCl, H₂SO₄, HNO₃); промывка изделий осуществляется после каждого химического воздействия в проточной воде для предотвращения переноса загрязнений в следующую ванну.

2. Гальваническое осаждение покрытия проводится в ванне с электролитом – водным раствором солей металла. Процесс осуществляется по принципу электролиза. Изделие подключается к катоду (отрицательному полюсу источника тока), а металлический анод – к аноду (положительному полюсу источника тока). При прохождении тока ионы металла из раствора восстанавливаются на катоде и образуют слой покрытия [19].

Параметры, влияющие на процесс нанесения гальванических покрытий представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры процесса нанесения гальванических покрытий

Параметр	Значение
Температура электролита	50–60 °С
Плотность тока	2–5 А/дм ²
Состав электролита	NiSO ₄ , NiCl ₂ , H ₃ BO ₃
Время обработки	10–30 минут
Толщина покрытия	10–25 мкм
рН раствора	3,5–4,5

Сила тока и плотность тока определяют скорость осаждения ионов металла на поверхность. Состав электролита влияет на прочность, зернистость, блеск и цвет покрытия. Время обработки поверхности определяет толщину ее покрытия. Выбор параметров определяется свойствами материала основы, требованиями к покрытию и производственной спецификой.

3. Завершающие операции осуществляются для обеспечения дополнительной защиты и стабилизации покрытия в условиях эксплуатации. К ним относятся промывка после ванны осаждения, нейтрализация, сушка, пассивация, полировка или нанесение лака (при необходимости).

Особенности нанесения гальванических покрытий:

1. Меднение – это процесс нанесения медного слоя на металлические или неметаллические поверхности с целью улучшения электропроводности, увеличения адгезии последующих покрытий, а также защиты от коррозии. К особенностям нанесения медных покрытий относятся: применение кислого сульфатного или щелочного цианистого электролита; тщательно обезжиренная и активированная кислотным травлением поверхность; обладание высокой адгезией и хорошей проводимостью.

2. Никелирование широко используется в машиностроении, электронике и приборостроении благодаря высокой коррозионной стойкости и декоративным качествам покрытия. К особенностям никелирования относятся: использование сульфатного или аммиачного электролитов; применение матовых покрытий – для технической функциональности, глянцевых – для декорирования; использование в качестве промежуточного покрытия между медью и хромом.

3. Хромирование применяется для придания твердости, износостойкости и коррозионной стойкости. Различают два вида хромирования: декоративное и техническое (твердое). К особенностям процесса нанесения покрытия относят: использование электролита на основе хромового ангидрида с добавлением катализаторов; применение высокой плотности тока.

4. Оловянирование – процесс нанесения олова для защиты от коррозии и подготовки поверхности к пайке. К особенностям нанесения олова относятся: применение электролитического (кислотное или щелочное) или термического методов; обеспечение хорошей паяемости и нейтральности к агрессивным поверхностям; чувствительность к присутствию загрязнений на поверхности.

5. Кадмирование используется для защиты стали и алюминиевых сплавов, особенно в авиации, благодаря высокой устойчивости к морской воде и атмосферной коррозии. К особенностям кадмирования относятся: жесткое

соблюдение техники безопасности из-за токсичности кадмия; удобство формовки и свариваемости после нанесения покрытия; применение в качестве заменителя цинка.

6. Цинкование является наиболее распространенным видом антикоррозионной защиты. Может быть выполнено как гальваническим методом, так и методом горячего цинкования. К особенностям цинкования относятся: использование цианистых, щелочных и кислотных электролитов; обеспечение катодную защиту стали; пассивирование для увеличения стойкости и декоративного эффекта; нанесение покрытия с последующим окрашиванием.

Сравнительная характеристика металлических покрытий представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика металлических покрытий

Покрытие	Назначение	Коррозионная стойкость	Электропроводность	Особенности
Медь	Подслой, электроника	Средняя	Высокая	Хорошая адгезия, мягкость
Никель	Декор, защита, под хром	Высокая	Средняя	Износостойкость, декоративность
Хром	Защита, твердость	Очень высокая	Низкая	Требуется подслоя, высокая твердость
Олово	Пайка, пищевая промышленность	Средняя	Хорошая	Паяемость, нейтральность
Кадмий	Авиация, морская техника	Очень высокая	Средняя	Устойчивость к солям, токсичность
Цинк	Антикоррозионная защита	Высокая	Низкая	Катодная защита, пассивация возможна

К основному технологическому оборудованию на гальваническом производстве относятся:

1. Гальванические ванны, которые изготавливаются из химически стойких полимерных материалов, оснащаются системами подогрева,

датчиками уровня электролита, а также дозирующими устройствами для корректировки состава раствора.

2. Источники тока обеспечивают стабильную подачу постоянного либо импульсного тока, оснащаются регуляторами напряжения, амперметрами и защитными системами для предотвращения перегрузок и отклонений от заданных параметров.

3. Системы перемешивания электролита реализуются в виде пневматических, механических или циркуляционных установок, предназначены для поддержания однородности состава электролита, предотвращения локальных перегревов и осаждения примесей.

4. Системы промывки и нейтрализации включают межоперационные ванны с проточной водой, иногда – с применением ультразвукового воздействия. Дополнительно внедряются установки для нейтрализации и обезвреживания сточных вод, образующихся в процессе гальванической обработки.

5. Контрольно-измерительное оборудование (толщиномеры) применяются для оперативного контроля толщины покрытия. Для анализа микроструктуры используются оптические и сканирующие электронные микроскопы. Также применяются приборы для определения твердости, пористости и адгезионной прочности осажденного слоя.

2.2 Анализ технологического процесса нанесения гальванических покрытий

Проанализируем технологический процесс нанесения гальванических покрытий на примере цинкования.

Для осаждения цинковых покрытий применяются различные электролиты: кислые, слабокислые, борфтористоводородные, цианистые, цинкатные [19].

По данному типовому технологическому процессу покрываются детали из стали с габаритными размерами от 5×6×0,1 мм до 300×1200×300 мм.

Вид покрытия: цинковое. Способ покрытия: электролитический. Толщина покрытия: 3–30 мкм. Материал покрытия: цинк. Способ загрузки: подвески, корзины, проволока, барабан.

Технологический процесс нанесения электрохимического покрытия цинкование состоит из следующих операций:

1. Обезжиривание детали в органических растворителях;
2. Сушка детали на воздухе до полного высыхания, или обдувкой сжатым воздухом;
3. Защита непокрываемых мест;
4. Монтаж;
5. Снятие окалины: разрыхление окалины; промывка в горячей проточной воде; промывка в холодной проточной воде; удаление окалины; промывка в холодной проточной воде; осветление; промывка в холодной проточной воде;
6. Подготовка поверхности под покрытие: обезжиривание детали электрохимически на аноде. Катоды из стали любой марки; промывка в горячей проточной воде; промывка в холодной проточной воде; травление; промывка в холодной проточной воде; осветление; промывка в холодной проточной воде; активация; промывка в холодной проточной воде последовательно в двух ваннах;
7. Цинкование: цинкование; промывка в холодной воде; промывка в холодной проточной воде; промывка в горячей проточной воде; сушка до полного высыхания;
8. Обезводороживание: обезводороживание; охлаждение на воздухе; активация; промывка в холодной проточной воде;
9. Снятие защиты;

10. Хроматирование: осветление; промывка в холодной проточной воде; хроматирование; хроматирование в черный цвет; промывка в холодной проточной воде; сушка сжатым воздухом; закрепление хроматной пленки;

11. Обезводороживание: обезводороживание; промывка в холодной проточной воде; сушка;

12. Демонтаж;

13. Нанесение смазки;

14. Промасливание;

15. Разбраковка колибром;

16. Контроль;

17. Снятие покрытия: монтирование детали на приспособление; снятие хроматной пленки; промывка в горячей проточной воде; промывка в холодной проточной воде; снятие цинкового покрытия; промывка в холодной проточной воде; нейтрализация; промывка в горячей проточной воде; сушка.

Таким образом, технологический процесс нанесения гальванических покрытий представляет собой регламентированную последовательность операций. Стабильность и эффективность результатов обеспечиваются за счет рациональной структуры этапов обработки, корректного подбора параметров электролита и применения специализированного оборудования.

3 Анализ негативного воздействия предприятия на окружающую среду

3.1 Характеристика деятельности предприятия

В качестве объекта исследования в выпускной квалификационной работе выбрано научно-производственное предприятие, основной деятельностью которого является электрохимическая и химическая обработка металлов (стали и различных ее сплавов, а также алюминия).

На предприятии имеется одна производственная площадка.

Предприятие относится к объекту II категории негативного воздействия на окружающую среду

В структуру предприятия входят три производственных участка и химическая лаборатория:

– производственный участок №1 включает в себя ванны для подготовки стальных изделий: ванны электрохимического обезжиривания – 2 ед., ванна химического обезжиривания – 1 ед., ванны травления стали – 2 ед., ванны разрыхления окалины – 2 ед., ванн цинкования – 7 ед.

– производственный участок №2 включает в себя ванны для подготовки стальных изделий: ванна электрохимического обезжиривания – 1 ед., ванна химического обезжиривания – 1 ед., ванны травления стали – 2 ед.; для подготовки алюминиевых изделий: ванна осветления – 1 ед.; для выполнения гальванических покрытий металла и их сплавов: ванна нанесения анодноокисных покрытий – 1 ед., ванна нанесения оксидно-фторидных покрытий – 1 ед., ванны хромирования – 2 ед.

– производственный участок №3 включает в себя ванны для подготовки стальных изделий: ванны электрохимического обезжиривания – 2 ед., ванны травления стали – 2 ед.

– химическая лаборатория, которая осуществляет анализ рабочих электролитов, используемых в гальванических ваннах.

3.2 Характеристика выбросов загрязняющих веществ

На предприятие имеется 8 источников стационарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, все источники организованные.

Перечень загрязняющих веществ приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу

Наименование загрязняющего вещества	Используемый критерий	Значение критерия мг/м ³	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
				г/с	т/год
Хром (Хром шестивалентный) (в пересчете на хрома (VI) оксид)	ПДК с/с	0,0015	1	0,00074	0,00706
Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	ПДК м/р	0,4000	2	0,00053	0,00472
Соляная кислота	ПДК м/р	0,2000	2	0,079078	0,75113
Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	ПДК м/р	0,3000	2	0,00026	0,00247
Тетрахлорметан (Углерод)	ПДК м/р	4,0000	2	0,00001	0,000002
Формальдегид	ПДК м/р	0,0500	2	0,00002	0,000003
диНатрий карбонат (Натрия карбонат, Сода кальцинированная)	ПДК м/р	0,1500	3	0,00038	0,00359
Аммиак	ПДК м/р	0,2000	4	0,00002	0,000016
Натрий гидроксид	ОБУВ	0,0100	—	0,03647	0,282916
Ортофосфорная кислота	ОБУВ	0,0200	—	0,00099	0,009413
Натрия ортофосфат	ОБУВ	0,1000	—	0,00452	0,017496
Натрия нитрат	ОБУВ	0,5000	—	0,00007	0,000698
Всего веществ: 12				0,12311	1,1
в том числе твердых: 5				0,04219	0,29
жидких/газообразных: 7				0,08091	0,81
Группы веществ, обладающих эффектом комбинированного вредного воздействия:					
Аммиак + формальдегид					
Азотная кислота + соляная кислота + серная кислота					

В атмосферу от источников предприятия поступают 12 загрязняющих веществ, в том числе: 7 газообразных и жидких, 5 твердых и 2 группы суммации. Общее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составило 1,1 тонн в год, в том числе 0,81 тонн в год газообразных и жидких, 0,29 тонн в год твердых.

Количество веществ, выбрасываемых в атмосферу по классам опасности, представлено на рисунке 1.

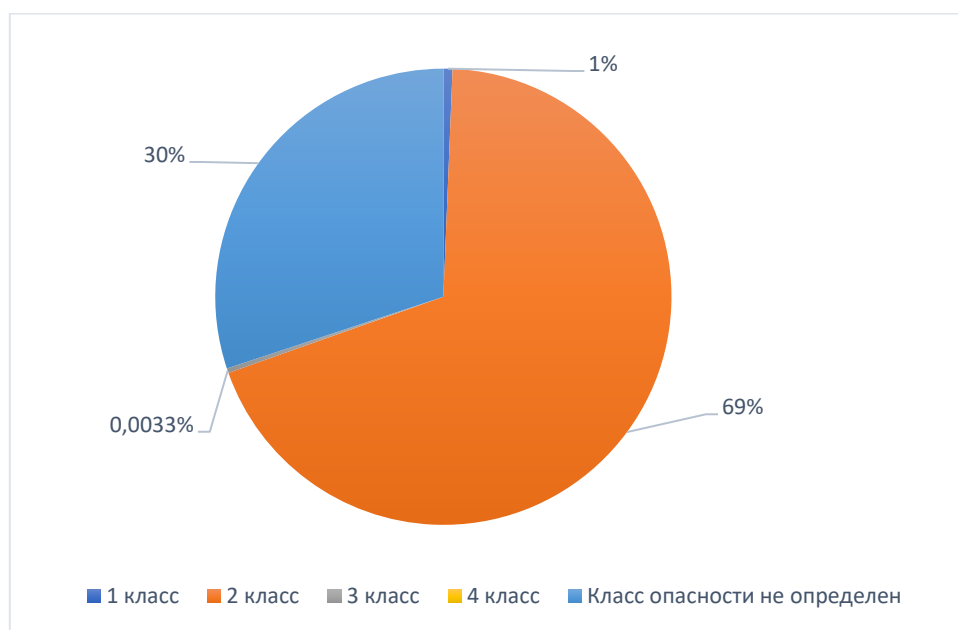


Рисунок 1 – Объем загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, по классам опасности

Из рисунка видно, что загрязняющие вещества, относящиеся ко 2 классу опасности составляют 0,758329 т/год (69%), вещества, класс опасности которых не определен, составляют 30%.

Все загрязняющие вещества, указанные в таблице, характеризуют применяемые технологии и особенности производственного процесса на объекте.

Характеристика источников выбросов представлена представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры источников и показатели выбросов по каждому загрязняющему веществу

Участок (номер и наименование)	Номер и наименование источника выброса	Наименование источника выброса	Наименование загрязняющего вещества	Валовый выброс (т/год)
1	2	3	4	5
Производственный участок №1	001 ванна электрохимического обезжиривания	Вытяжная вентиляция №1	Натрий гидроксид	0,203489
	002 ванна электрохимического обезжиривания		Соляная кислота	0,250282
	003 ванна травления стали		Натрия ортофосфат	0,005492
	004 ванна травления стали		Натрия нитрат	0,000698
	005 ванна разрыхления окалины			
	006 ванна разрыхления окалины			
	007 ванна цинкования			
	008 ванна цинкования			
	009 ванна цинкования			
	010 ванна цинкования			
	011 ванна цинкования			
Производственный участок №1	012 ванна химического обезжиривания	Вытяжная вентиляция №2	Натрий гидроксид	0,058834
	013 ванна цинкования		диНатрий карбонат (натрия карбонат, сода кальцинированная)	0,001793
	014 ванна цинкования		Натрия ортофосфат	0,0011883
Производственный участок №2	015 ванна травления стали	Вытяжная вентиляция №3	Соляная кислота	0,125141
Производственный участок №2	016 ванна хромирования	Вытяжная вентиляция №4	Хром (хром шестивалентный) (в пересчете на хрома (VI) оксид)	0,00706

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
	017 ванна хромирования			
Производственный участок №2	018 ванна электрохимического обезжиривания	Вытяжная вентиляция №5	Натрий гидроксид	0,006864
	019 ванна химического обезжиривания		диНатрий карбонат (натрия карбонат, сода кальцинированная)	0,001793
	020 ванна травления стали		Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,004707
	021 ванна осветления алюминия		Соляная кислота	0,125141
	022 ванна анодирования		Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,002471
	023 ванна оксидно-фторидных покрытий		Ортофосфорная кислота	0,009413
Производственный участок №3	024 ванна травления стали	Вытяжная вентиляция №6	Соляная кислота	0,250282
	025 ванна травления стали			
Производственный участок №3	026 ванна электрохимического обезжиривания	Вытяжная вентиляция №7	Натрий гидроксид	0,013728
	027 ванна электрохимического обезжиривания		Натрия ортофосфат	0,005492
Лаборатория	028 вытяжной шкаф	Вытяжной шкаф	Натрий гидроксид	0,000001
			Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,000013
			Аммиак	0,000016
			Соляная кислота	0,000286
			Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,000001
			Тетрахлорметан (углерод четырех-хлористый)	0,000002
			Формальдегид	0,000003

Из таблицы видно, что основными источниками выбросов загрязняющих веществ являются технологические ванны гальванического

производства и лабораторное оборудование. Наибольшие объемы выбросов составляют натрий гидроксид, соляная кислота и хром (VI). Максимальные объемы валовых выбросов образуются на участках травления и электрохимического обезжиривания.

Вклад каждого источника выбросов представлен на рисунке 2.

Из рисунка видно, что наибольший объем выбросов на участке №1 и составляет 49%.

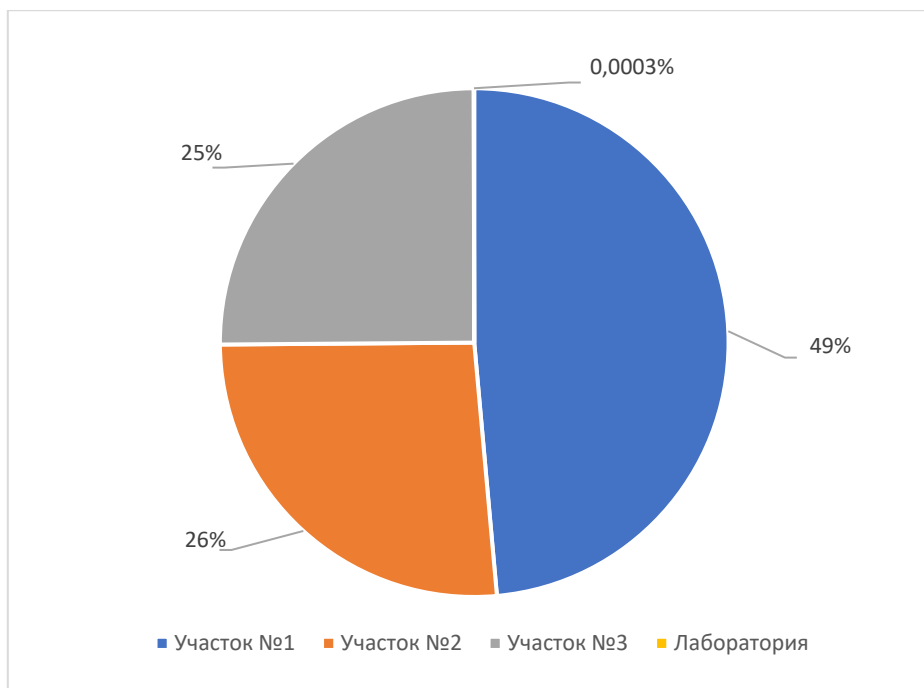


Рисунок 2 – Структурный состав источников выбросов

На производственном участке 1 выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится через две принудительные вытяжные вентиляции, каждая из которых оснащена вентиляторами (мощностью 0,115 кВт, 2580 об/м, производительностью 660 м³/ч).

Источник выброса 0001 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 ч/год. Источники выделения: ванны электрохимического обезжиривания – 2 ед., ванны травления стали – 2 ед., ванны разрыхления окалины – 2 ед., ванны цинкования – 5 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: натрий едкий, водород гидрохлорид, натрий ортофосфат, натрий нитрат.

Источник выброса 0002. – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год. Источники выделения: ванна химического обезжиривания – 1 ед., ванны цинкования – 2 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: натрий едкий, натрий карбонат, натрий ортофосфат.

На производственном участке 2 выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится через три принудительные вытяжные вентиляции, которые оснащены вентиляторами (мощностью 0,115 кВт, 2580 оборотов в минуту, производительностью 660 м³ в час) – источники 0003, 0005 и вентилятором V-200 (мощностью 0,150 кВт, 2600 оборотов в минуту, производительностью 900 м³ в час) – источник 0004.

Источник выброса 0003 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год. Источники выделения: ванна травления стали – 1 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: водород гидрохлорид.

Источник выброса 0004 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год. Источники выделения: ванны хромирования – 2 ед. Высота 7,2 м. Диаметр 0,2 м. Наименование загрязняющих веществ: хрома (VI) оксид.

Источник выброса 0005 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год. Источники выделения: ванна электрохимического обезжиривания – 1 ед., ванна химического обезжиривания – 1 ед., ванна травления стали – 1 ед., ванна осветления алюминия – 1 ед., ванна анодирования – 1 ед., ванна оксидно-фторидных покрытий – 1 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: натрий едкий, натрий карбонат, азотная кислота, водород гидрохлорид, серная кислота, ортофосфорная кислота, натрий ортофосфат.

На производственном участке 3 выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится через две принудительные вытяжные вентиляции, одна из которых оснащена вентилятором (мощностью 0,115 кВт, 2580 оборотов в минуту, производительностью 660 м³ в час) – источник

0006, а вторая вентилятором V-315 (мощностью 0,284 кВт. 3000 оборотов в минуту, производительностью 1700 м³ в час) – источник 0007.

Источник выброса 0006 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год. Источники выделения: ванны травления стали – 2 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: водород гидрохлорид.

Источник выброса 0007 – вытяжная вентиляция, время работы 2640 час/год.

Источники выделения: ванны электрохимического обезжиривания – 2 ед. Высота 6,9 м. Диаметр 0,16 м. Наименование загрязняющих веществ: натрий едкий, натрий ортофосфат.

Источник выброса 0008 – вытяжной шкаф, время работы 1785 час/год. Источники выделения: ванны электрохимического обезжиривания – 2 ед. Высота 7,2 м. Диаметр 0,315 м. Наименование загрязняющих веществ: натрий едкий, азотная кислота, аммиак, гидрохлорид, серная кислота, тетрахлорметан, формальдегид.

Пылегазоочистное оборудование на предприятии отсутствует. Технологические процессы предприятия не приводят к возникновению залповых выбросов.

3.3 Характеристика состава сточных вод

Водоснабжение гальванического цеха осуществляется из городского водопровода. Система водоснабжения в гальваническом производстве – прямоточная. Прямоточная система водоснабжения предусматривает одноразовое использование воды с последующим сбросом в канализацию после соответствующей очистки.

Вода в гальваническом производстве используется для промывки изделий, деталей и приготовления электролитов и растворов. Она должна быть

безопасной в эпидемиологическом отношении и химически инертной к покрытию. Вода, используемая в технологических процессах, нормируется по следующим физико-химическим показателям: содержанию растворенных и нерастворенных веществ: взвешенных веществ, рН, жесткости, сухого и прокаленного остатков, сульфатов, хлоридов, тяжелых металлов и других показателей [22].

Для особо ответственных промывных операций, приготовления технологических растворов используется дистиллированная вода.

Промывка деталей производится погружением деталей в воду в стационарных ваннах. Такая промывка наиболее проста и пригодна для деталей различной сложности.

В результате технологических операций в гальваническом производстве образуются сточные воды. Основное количество стоков гальванического цеха образуется от промывки деталей после обезжиривания, травления, нанесения защитных и декоративных покрытий; периодического сброса отработанных концентрированных растворов. Стоки отдельными потоками в зависимости от состава отводятся на локальные очистные сооружения.

На исследуемом предприятии применяется реагентный метод очистки сточных вод, сущность которого заключается в переводе ионов тяжелых металлов, содержащихся в стоках, в нерастворимые формы при добавлении различных реагентов с последующим их выделением в виде осадков [22]

Очистку проводят различными реагентами при соответствующих значениях рН среды. В качестве реагентов для обезвреживания цианосодержащих стоков используют гипохлорит натрия в щелочной среде (рН = 10–11); для восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного – бисульфит натрия в кислой среде (рН = 2,5–3). Нейтрализация обезвреженных стоков совместно с кислотно-щелочными стоками и осаждение тяжелых металлов в виде гидроокисей осуществляется раствором едкого натра до рН = 9,6–9,8.

Для ускорения процессов агрегации и выпадения осадков применяют флокулянт – типа полиакриламид.

Рассмотрим процесс обезвреживания сточных вод гальванического производства. Стоки гальванического цеха, поступая на очистку тремя отдельными потоками, принимаются в отдельные резервуары-накопители.

Отработанные электролиты и промывные воды принимаются в емкость-накопитель, перемешиваются сжатым воздухом и насосом подаются в установку обезвреживания, состоящую из накопителя стоков и расположенного под ним реактора, работающего в периодическом режиме. Заполнение накопителя от насоса и заполнение реактора из накопителя самотеком осуществляется до заданной отметки по сигнализатору уровня. После заполнения реактора автоматически начинается подача в него через эжектор сжатого воздуха с реагентами [22].

В результате разрежения в эжекторе реагенты поступают в барботажную трубу реактора в аэрозольном виде, что значительно ускоряет реакцию обезвреживания. Подача щелочи и гипохлорита натрия производится через пневматические клапаны. По окончании реакции обезвреживания сжатый воздух выдавливает из реактора обезвреженные стоки в реактор нейтрализации кисло-щелочных стоков. При достижении нижнего уровня в реакторе цикл автоматически повторяется. Эффективность очистки стоков определяется отсутствием цианидов в конце обезвреживания проведением контрольных анализов на циан-ион.

3.4 Характеристика образующихся отходов

На исследуемом объекте нет собственных объектов размещения отходов, все отходы передаются по договору на транспортирование, с целью дальнейшего размещения на полигоне или утилизации отходов.

При нанесении гальванических покрытий образуются следующие виды отходов: отработанные технологические растворы и электролиты; концентрированные промывные воды от промывных ванн; шлам от зачистки ванн. В гальваническом цехе образуется значительное количество отходов, которые в своем составе содержат ионы покрывающих металлов и являются существенными загрязнителями окружающей среды.

Таким образом, анализ негативного воздействия предприятия на окружающую среду показал, что на предприятие имеется 8 источников стационарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, все источники организованные.

В атмосферу от источников предприятия поступают 12 загрязняющих веществ, в том числе: 7 газообразных и жидких, 5 твердых и 2 группы суммации. Общее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составило 1,1 тонн в год, в том числе 0,81 тонн в год газообразных и жидких, 0,29 тонн в год твердых. Наибольший объем выбросов на участке №1 и составляет 49%.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ являются технологические ванны гальванического производства и лабораторное оборудование. Наибольшие объемы выбросов составляют натрий гидроксид, соляная кислота и хром (VI). Максимальные объемы валовых выбросов образуются на участках травления и электрохимического обезжиривания.

На исследуемом предприятии применяется реагентный метод очистки сточных вод, сущность которого заключается в переводе ионов тяжелых металлов, содержащихся в стоках, в нерастворимые формы при добавлении различных реагентов с последующим их выделением в виде осадков. Эффективность очистки стоков определяется отсутствием цианидов в конце обезвреживания проведением контрольных анализов на циан-ион.

4 Анализ организации производственного экологического контроля на предприятии

4.1 Характеристика деятельности подразделений и (или) должностных лиц, отвечающих за осуществление производственного экологического контроля

На предприятие не предусмотрено отдельное подразделение для осуществления ПЭК, так как численность предприятия составляет 15 человек.

Ответственным лицом за организацию и осуществление производственного экологического контроля на предприятие является генеральный директор.

Основные обязанности генерального директора в области производственного экологического контроля:

- обеспечение и контроль соблюдения требований экологической безопасности на предприятии, обеспечивает своевременное финансирование их выполнения и выделение необходимых материальных ресурсов;
- утверждение программы производственного экологического контроля предприятия;
- обеспечение выполнения мероприятий по охране окружающей среды, выполнения плана-графика контроля и плана наблюдений программы ПЭК;
- обеспечение бесперебойной и технически правильной эксплуатации оборудования, своевременную его замену и ремонт, содержание оборудования в технически исправном состоянии, исключая загрязнение окружающей среды;
- организация мест накопления и своевременного вывоза отходов с территории предприятия;
- осуществление систематического контроля и анализа выполнения мероприятий по охране окружающей среды;

- подготовка и сдача отчетности по экологической безопасности, в соответствии с установленными правилами законодательства РФ;
- контроль проведения расчетов платежей за негативное воздействие на окружающую среду;
- обеспечение выполнения требований законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды всеми работниками предприятия.

Основные права руководителя в области ПЭК:

- поощрять работников предприятия за достижения в области охраны окружающей среды, снижение выбросов загрязняющих веществ, снижение количества образования отходов производства и потребления;
- накладывать административные взыскания на работников предприятия в случае невыполнения планов и мероприятий по охране окружающей среды;
- рассматривать и внедрять предложения работников предприятия по сокращению техногенной нагрузки на окружающую среду.

4.2 Анализ методов осуществления производственного экологического контроля, местах отбора проб и методиках измерений

В настоящее время на предприятие разработан проект нормативно допустимых выбросов и находится на согласовании.

Источники выбросов загрязняющих веществ 0003, 0008 дают вклад на границе производственной зоны предприятия менее 0,1ПДК и не включаются в план-график контроля. В план-график включены источники выбросов 0001, 0002, 0004, 0005, 0006, 0007, дающие выброс загрязняющих веществ на границе производственной зоны более 0,1ПДК.

Уровень загрязнения на границе производственной зоны представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Уровень загрязнения на границе производственной зоны

Наименование вещества	Номер источника выброса	Уровень загрязнения в долях ПДК на границе производственной зоны
Натрий гидроксид	0001	0,94
Натрий гидроксид	0002	2,27
Натрий гидроксид	0003	0,92
Натрий гидроксид	0004	0,36
Хром	0005	0,19
Соляная кислота	0006	0,17

Остальные загрязняющие вещества имеют уровень загрязнения в расчетных точках производственной площадки ниже 0,1ПДК, поэтому не включены в план-график контроля.

В план-график контроля на стационарных источниках выбросов включены вещества: натрий гидроксид, хром, соляная кислота, по ним контроль осуществляется инструментальным методом.

По остальным загрязняющим веществам источников выбросов 0001, 0002, 0004, 0005, 0006, 0007, контроль за уровнем загрязнения в расчетных точках производственной площадки ниже 0,1ПДК проводится расчетными методами.

План-график контроля на стационарных источниках выбросов и план-график наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха представлен в приложение А.

Так как жилые дома удалены от предприятия, контроль нормативов НДВ проводится в контрольной точке (пункте наблюдений), расположенной в южном направлении к жилому массиву на расстоянии 300 метров от производственной площадки предприятия.

Контролируемым загрязняющим веществом в атмосфере является натрий гидроксид и в жилой зоне составляет 0,55ПДК. По остальным веществам уровень загрязнения на жилой зоне менее 0,1ПДК. Контроль проводится аккредитованными организациями.

Исследуемое предприятие не имеет собственной лаборатории, аккредитованной в качестве испытательного центра. Предприятие сотрудничает с лабораторией, которая имеет аттестат аккредитации и соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009,

Предприятие не осуществляет сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Предприятие арендует производственные помещения у собственника, который в свою очередь имеет договор с муниципальным унитарным предприятием о сбросе производственных сточных вод в центральные системы водоотведения.

Производственный контроль в области обращения с отходами не осуществляется, поскольку предприятие не имеет собственных объектов размещения отходов.

Предприятие ежеквартально заполняет форму учета движения отходов, предоставляет отчет в форме 2ТП-отходы – ежегодно в соответствии с установленными сроками.

Отчет об организации и результатах осуществления производственного экологического контроля предприятие представляет ежегодно до 25 марта года, следующего за отчетным в Министерство природных ресурсов и экологии.

4.3 Разработка мероприятий по повышению эффективности производственного экологического контроля

Для повышения эффективности производственного экологического контроля на предприятие целесообразно внедрить следующие мероприятия:

1. Внедрение системы экологического менеджмента (СЭМ), которая позволит структурировать и формализовать подходы к управлению воздействием на окружающую среду. В рамках реализации СЭМ предлагается провести внешний аудит, на основании которого будет разработана

экологическая политика организации, определены значимые экологические аспекты, сформирована матрица рисков и выработаны приоритетные мероприятия по снижению негативного воздействия на природу.

На предприятии следует организовать эффективную работу по природоохранной деятельности, внедрить систему контроля обеспечения экологической безопасности, предусматривающую проведение регулярного производственного мониторинга, обеспечивая достоверность и полноту результатов экологического мониторинга для постоянной оценки влияния производственной деятельности предприятия на окружающую среду [23].

По данным предприятий-аналогов внедрение СЭМ приводит к повышению эффективности ПЭК на 20–40%, что выражается в количественном снижении загрязнений, поступающих в окружающую среду

2. Внедрение автоматизированных систем мониторинга выбросов для постоянного контроля состояния атмосферы в зоне влияния предприятия.

Автоматизированные системы мониторинга обеспечивают:

- круглосуточную фиксацию концентрации загрязняющих веществ;
- мгновенное выявление превышений ПДК;
- архивирование данных и автоматическую генерацию отчетности

для надзорных органов.

Данные системы легко интегрируются с существующими платформами управления производством, повышая прозрачность и подотчетность процессов.

Программа формирования системы автоматического контроля предусматривает идентификацию организованных стационарных источников выбросов загрязняющих веществ. В рамках программы устанавливаются перечень источников выбросов, подлежащих автоматическому контролю, и определяются конкретные точки размещения, а также сроки внедрения автоматических средств измерения и учета показателей загрязнения.

Структура автоматической информационно-измерительной системы включает в себя основные функциональные элементы:

- система отбора проб, подготовки и транспортировки проб;
- измерительные устройства для определения физических параметров контролируемой среды;
- неэкстрактивные газоанализаторы (без извлечения пробы);
- экстрактивные газоанализаторы (с извлечением пробы);
- анализаторы пылевых и водных примесей;
- система сбора, обработки, архивирования, передачи данных.

В рамках повышения экологической безопасности рекомендуется осуществлять регулярные измерения качества атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и в пределах охранной зоны предприятия. Контроль следует осуществлять в заранее определенных точках наблюдения.

Также целесообразно внедрение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения. Проведенный анализ показал, что наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносят технологические процессы гальванического производства.

Для минимизации выбросов предлагается внедрение двух ключевых систем:

2.1. Система контроля уровней жидкостей (КУ), которая выполняет автоматический контроль уровней жидкостей в технологических ваннах,

2.2. Система контроля воздушной среды (КВС), которая обеспечивает автоматический контроль за содержанием вредных паров и газов в рабочей зоне.

Выбор перечня загрязняющих веществ, подлежащих контролю, производится на основе проектных данных санитарно-защитной зоны. В

приоритет включаются вещества с максимальными концентрациями, а также маркерные соединения, характерные для основных источников выбросов.

3. Рационализация системы обращения с отходами

Обращение с отходами является важнейшим элементом ПЭК.

Предложенные мероприятия включают:

- организацию отдельного сбора (по классам опасности, агрегатному состоянию, возможностям утилизации);
- паспортизацию всех видов отходов;
- автоматизацию учета движения отходов;
- обучение персонала, ответственного за первичный контроль на местах образования;
- заключение договоров с лицензированными организациями на вывоз, обезвреживание, утилизацию.

Важно внедрить внутреннюю систему контроля, предполагающую еженедельные инспекции состояния контейнеров, наличия маркировки, корректности документации

4. Модернизация систем водоотведения и очистки сточных вод

4.1 Оптимизация схемы разделения сточных вод

Сточные воды разделяются на три потока: цианосодержащие, хромосодержащие и кислотнo-щелочные. Раздельный сбор и усреднение стоков позволяют повысить эффективность реагентного обезвреживания за счет точного подбора доз химических реагентов в зависимости от состава загрязнений.

В отношении охраны водных ресурсов целесообразно прежде всего использование НДТ в отношении очистки сточных вод.

Система водоотведения на предприятии функционирует по прямоточной схеме: вода используется однократно и после применения в технологических процессах сбрасывается в систему канализации. Основными источниками образования сточных вод являются промывные ванны после операций

обезжиривания, травления, гальванического осаждения покрытий, а также периодический слив отработанных электролитов. Очистка сточных вод осуществляется на очистных сооружениях, однако в настоящее время процесс очистки требует модернизации в связи с необходимостью повышения эффективности удаления загрязняющих веществ и снижения эксплуатационных затрат.

Наиболее эффективным является внедрение замкнутых водооборотных циклов с многоступенчатой очисткой. На первом этапе – удаление крупных твердых частиц, на втором – химическая нейтрализация, на третьем – фильтрация с применением сорбентов. Такая технология позволяет исключить сброс загрязненных вод в водные объекты и существенно снизить объем потребляемых ресурсов.

4.2 Внедрение порошкообразного флокулянта полиакриламида (ПАА) в целях повышения эффективности реагентной очистки сточных вод гальванического производства.

ПАА применяется на стадии нейтрализации и осаждения гидроокисей тяжелых металлов, значительно ускоряя процесс формирования осадка, снижая остаточную мутность сточных вод и объем образующегося шлама. Применение полиакриламида в процессе очистки обеспечивает следующие преимущества: ускорение процессов коагуляции и осаждения гидроксидов металлов; повышение степени осветления сточных вод; снижение остаточной мутности; сокращение времени отстаивания и объема осадка; снижение расхода реагентов и эксплуатационных затрат.

В процессе модернизации очистки сточных вод предлагается заменить ранее использовавшийся полиакриламид-гель на порошкообразную форму флокулянта, обладающую более высокой концентрацией основного вещества (до 90–95%) и улучшенными характеристиками растворения.

Флокулянт будет дозироваться в последнюю стадию нейтрализации сточных вод после реагентного обезвреживания цианосодержащих и

хромсодержащих компонентов. Введение ПАА позволит повысить эффективность очистки без изменения существующей схемы станции, сохранив всю инфраструктуру – насосы, реакторы, осветлители и фильтры.

Для оценки эффективности перехода на порошкообразный полиакриламид были проведены сравнительные испытания очистки сточных вод с использованием как гелеобразной, так и порошкообразной формы флокулянта. Результаты лабораторных и опытно-промышленных анализов представлены в приложение А.

Проведенный сравнительный анализ показал, что применение порошкообразного ПАА обеспечивает более высокую степень очистки по большинству показателей, включая тяжелые металлы, аммоний, фосфаты и взвешенные вещества. Отмечено снижение остаточной концентрации загрязнителей до уровней, соответствующих или превышающих требования ПДК и ЭК. Особенно эффективно порошкообразный флокулянт проявил себя в отношении меди, кадмия и фосфатов, демонстрируя степень очистки до 97–98%.

Таким образом, внедрение порошкообразного ПАА целесообразно с точки зрения повышения экологической безопасности и технологической эффективности очистки сточных вод гальванического производства.

4.3 Модернизация оборудования для дозирования реагентов предусматривает установку автоматических дозаторов для подачи растворов гипохлорита натрия, серной кислоты, едкого натра и ПАА. Это обеспечит стабильность процессов обезвреживания, исключит перерасход реагентов и повысит безопасность обслуживания.

4.4 Автоматизация контроля качества сточных вод

В рамках модернизации предлагается внедрение автоматических рН-метров, уровнемеров и сигнализаторов, а также организация экспресс-лаборатории для оперативного контроля за качеством очищенных вод по

основным показателям (рН, содержание ионов металлов, остаточные концентрации цианидов и хрома).

5. Переход к принципу расширенной ответственности производителей (РОП)

С целью повышения уровня утилизации и минимизации объемов отходов, образующихся после потребления продукции, предлагается внедрение механизмов РОП, которая включает в себя: формирование перечня возвращаемой тары и упаковки; организация системы логистики обратного потока; интеграция системы РОП в контрактные условия с поставщиками; стимулирование вторичной переработки. Такой подход позволяет не только минимизировать отходы, но и сформировать положительный экологический имидж предприятия.

В результате проведенного анализа разработан перечень мероприятий, направленных на повышение эффективности производственного экологического контроля на предприятии. Предложенные меры охватывают ключевые аспекты природоохранной деятельности. Реализация данных мероприятий позволит обеспечить соответствие требованиям природоохранного законодательства, повысить достоверность и оперативность контроля, снизить уровень техногенного воздействия на окружающую среду, а также повысить ресурсную и экологическую эффективность производственных процессов. Комплексный подход к совершенствованию ПЭК способствует формированию устойчивой системы экологической безопасности на предприятии.

5 Обеспечение безопасности жизнедеятельности при нанесении гальванических покрытий

5.1 Обеспечение охраны труда при нанесении гальванических покрытий

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Гальванические предприятия, занимающиеся обработкой металлов с использованием электрохимических процессов, сталкиваются с множеством рисков, связанных с использованием опасных химических веществ и электрооборудования. Эти факторы могут негативно сказаться на здоровье работников и привести к серьезным производственным авариям. В условиях современного производства необходимо уделять особое внимание охране труда, что требует комплексного анализа существующих норм и правил, а также внедрения эффективных мер по минимизации рисков.

5.2 Нормативно-правовая база охраны труда на гальваническом предприятии

В перечень основных законодательных актов Российской Федерации в области охраны труда входят:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (ТК РФ) (с изменениями и дополнениями). Основные понятия, принципы обеспечения безопасности труда и направления государственной политики отражены в разделе X «Охрана труда» [25].
2. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (с изменениями и дополнениями). В законе определен

порядок проведения специальной оценки условий труда и указаны организации, проводящие данную оценку [26].

3. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 887н «Об утверждении Правил по охране труда при обработке металлов» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 № 61951). В разделе LVII регламентированы требования охраны труда в процессе травления.

4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Химические и биологические факторы производственной среды и предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны определены в разделе II.

5.3 Опасные и вредные производственные факторы при нанесении гальванических покрытий

В процессе гальванического покрытия используются различные химические вещества, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье работников. Вредные и опасные производственные факторы подразделяются по своему действию на следующие группы:

1. Физические факторы на рабочем месте включают в себя различные параметры окружающей среды, которые могут оказывать влияние на здоровье и работоспособность сотрудников. К ним относятся температура и влажность воздуха, которые определяют комфортные условия труда. Высокая температура может привести к перегреву, а высокая влажность – к дискомфорту и снижению производительности. Скорость движения воздуха может способствовать охлаждению или, наоборот, создавать ощущение духоты.

Неионизирующие электромагнитные поля и излучения (электростатические и постоянные магнитные поля) могут воздействовать на работников, в условиях, где используются электрические устройства.

Производственный шум может негативно сказываться на здоровье работников, вызывая стресс и ухудшая слух. Вибрация, как локальная, так и общая, может приводить к различным заболеваниям, включая вибрационную болезнь.

Освещение на рабочем месте, как естественное, так и искусственное, также имеет значение: недостаток света или наличие слепящих бликов могут ухудшать зрение и вызывать усталость.

2. Химические факторы на рабочем месте представляют собой химически активные вещества, которые могут оказывать токсическое, канцерогенное или мутагенное действие на организм человека. Эти вещества могут негативно влиять на репродуктивную функцию и вызывать различные заболевания. Работники должны быть осведомлены о потенциальных рисках и соблюдать меры предосторожности при работе с химикатами.

3. Психофизиологические факторы трудового процесса характеризуют физические и нервно-психические перегрузки, которые определяют тяжесть и напряженность труда.

К ним относятся интеллектуальные нагрузки, сенсорные и эмоциональные нагрузки, а также степень монотонности выполняемых задач. Режим работы, включая продолжительность смен и перерывы, также влияет на уровень стресса и утомляемости работников. Управление этими факторами является ключевым для поддержания здоровья и повышения производительности труда [27].

Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора по нанесению гальванических покрытий и меры по снижению их воздействия приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте гальваника

Наименование ОВПФ	Источник ОВПФ	Последствия воздействия ОВПФ	Предлагаемые мероприятия по уменьшению воздействия факторов
1	2	3	4
Физические опасные и вредные производственные факторы			
Повышенный уровень шума на рабочем месте	Источниками шума являются шлифовальный станок, вентиляторы, источники питания и др.	профессиональная тугоухость, постепенное снижение слуха (обычно двустороннее) под воздействием производственного шум	Закупка СИЗ (беруши)
Химические опасные и вредные производственные факторы			
Токсические	Гальваностегия травление	– незащищенность от воздействия хрома и никеля, фтористоводородной кислоты могут вызвать раковое заболевание; – хронический бронхит; – интоксикацию парами кислот и щелочей.	Установить эффективную систему вытяжной вентиляции, закупка СИЗ (респираторы)
Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	При шлифовке деталей образуется абразивная пыль металлов	– профессиональные заболевания легких (пневмокониозы); – пылевые бронхиты; – пневмония; – астматические риниты; бронхиальная астма.	Закупка СИЗ (респираторы)
Психофизиологические			
Физические перегрузки	Работа во всех пространственных положениях, подъем или перемещение тяжестей (громоздкие детали)	– заболевания опорно-двигательного аппарата; – психические расстройства; – перенапряжение анализаторов.	Увеличение регламентированных перерывов, установка транспортного робота
Статические перегрузки	Статическая нагрузка на верхние конечности работников. Зависит от массы гальванизированных изделий, длительности непрерывной работы и др.	– заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса; – заболевания межпозвоночных дисков.	Увеличение регламентированных перерывов
Нервно-психические перегрузки	Напряжение зрения при осуществлении контроля качества нанесения покрытий	– снижение трудоспособности; – психические нарушения нервной системы.	Увеличение регламентированных перерывов

Из таблицы видим, что основными мероприятиями по уменьшению воздействия ОВПФ являются закупка средств индивидуальной защиты, необходимых для определенного фактора, установка эффективной системы вытяжной вентиляции, а также увеличение регламентированных перерывов.

5.4 Специальная оценка условий труда на предприятии

Проведение специальной оценки условий труда осуществляется в соответствии с методикой проведения специальной оценки условий труда по вредным (опасным) факторам: шум; тяжесть трудового процесса.

Отнесение условий труда к классу или подклассу условий труда при воздействии фактора шума осуществляется в зависимости от превышения фактических уровней данных факторов их ПДУ, установленных нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Определение класса (подкласса) условий труда по шуму

Наименование показателя	Класс (подкласс) условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ 80	>80-85	>85-95	>95-105	>105- 115	>115

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса осуществляется по следующим показателям:

- 1) физическая динамическая нагрузка;
- 2) масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- 3) стереотипные рабочие движения;
- 4) статическая нагрузка;
- 5) рабочая поза;
- 6) наклоны корпуса;

7) перемещение в пространстве.

Отнесение условий труда к классу или подклассу условий труда по тяжести трудового процесса при физической динамической нагрузке происходит непосредственно путем определения массы груза (деталей, изделий, инструментов), которая перемещается вручную работником при каждой операции, и расстояния перемещения груза в метрах.

После этого подсчитывается общее количество операций по переносу работником груза в течение рабочего дня (смены) и определяется величина физической динамической нагрузки ($\text{кг} \cdot \text{м}$) в течение рабочего дня (смены).

При работах, связанных с перемещением груза на различные расстояния, определяется суммарная механическая работа за рабочий день (смену).

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса при поднятии и перемещении работником груза вручную осуществляется путем взвешивания такого груза или определения его массы по эксплуатационной и технологической документации.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса при выполнении работником стереотипных рабочих движений и локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук) осуществляется путем подсчета числа движений работника за 10-15 минут, определения числа его движений за 1 минуту и расчета общего количества движений работника за время, в течение которого выполняется данная работа (умножение на количество минут рабочего дня (смены), в течение которых выполняется работа).

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса при статической нагрузке, связанной с удержанием работником груза или приложением усилий, осуществляется путем перемножения двух параметров: веса груза либо величины удерживающего усилия и времени его удерживания.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса при статической нагрузке, связанной с удержанием груза или приложением усилий, осуществляется с учетом определенной преимущественной нагрузки: на одну руку, на две руки или с участием мышц корпуса и ног. Если при выполнении работы встречается 2 или 3 указанных выше вида статической нагрузки, то их следует суммировать и суммарную величину статической нагрузки соотносить с показателем преимущественной нагрузки.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса с учетом рабочего положения тела работника осуществляется путем определения абсолютного времени (в минутах, часах) пребывания в той или иной рабочей позе, которое устанавливается на основании хронометражных наблюдений за рабочий день (смену). После этого рассчитывается время пребывания (в процентах к 8-часовому рабочему дню (смене) независимо от его фактической продолжительности).

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса с учетом наклонов корпуса тела работника за рабочий день (смену) определяется путем их прямого подсчета в единицу времени (минуту, час). Далее рассчитывается общее число наклонов корпуса тела работника за все время выполнения работы либо определяется их количество за одну операцию и умножается на число операций за смену.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда по тяжести трудового процесса при перемещении работника в пространстве осуществляется с учетом такого перемещения по горизонтали и (или) вертикали, обусловленного технологическим процессом, в течение рабочего дня (смены) и определяется на основании подсчета количества шагов за рабочий день (смену) и измерения длины шага.

Количество шагов за рабочий день (смену) определяется с помощью шагомера, помещенного в карман работника или закрепленного на его поясе

(во время регламентированных перерывов и обеденного перерыва шагомер необходимо выкладывать из кармана работника или снимать с его пояса). Мужской шаг в производственной обстановке в среднем равняется 0,6 м, а женский – 0,5 м. Класс (подкласс) условий труда устанавливается по показателю тяжести трудового процесса, имеющему наиболее высокий класс (подкласс) условий труда.

После проведения специальной оценки условий труда на рабочем месте было выявлено:

- шум. При измерении эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день было получено фактическое значение равное 63,9 дБА, которое меньше нормативного значения равного 80 дБА. Так как фактический уровень вредного фактора соответствует гигиеническим нормативам, то в соответствии с методикой проведения специальной оценки присваивается класс условий труда – 2.

- тяжесть трудового процесса. При измерении значений показателей тяжести трудового процесса были присвоены классы условий труда: 1-ый класс – физическая динамическая нагрузка, масса перемещаемого и поднимаемого груза вручную; стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка; наклоны корпуса; перемещение в пространстве; 1-ой класс – рабочая поза. Так как фактический фактор вредного фактора соответствует гигиеническим нормативам, то присваивается класс условий труда – 1.

Таким образом, охрана труда на гальваническом производстве – это не просто формальное исполнение требований законодательства, а неотъемлемая часть производственной стратегии, направленной на сохранение здоровья работников, повышение производительности и обеспечение устойчивого развития предприятия. Постоянное совершенствование условий труда и повышение уровня защищенности персонала являются залогом стабильной и безопасной работы всей производственной системы.

6 Расчет предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов

В рамках мероприятий по модернизации системы очистки сточных вод гальванического производства на предприятии произведена замена гелеобразного флокулянта на порошкообразный полиакриламид (ПАА). Проведенные испытания показали, что применение порошкообразной формы ПАА позволило существенно повысить эффективность процессов нейтрализации и осаждения загрязняющих веществ.

Результаты лабораторных анализов подтверждают значительное снижение концентраций. В частности, при использовании порошкообразного ПАА наблюдается увеличение степени очистки по цинку, меди, кадмию, никелю и другим веществам до 94–99%, в сравнении с 70–85% при использовании гелеобразного флокулянта.

Для оценки экологического эффекта и количественной оценки предотвращенного ущерба произведен расчет предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов [28].

Оценка величины предотвращенного экономического ущерба от загрязнения водной среды или атмосферы проводится на основе региональных показателей удельного экономического ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ, определяется по формуле 1:

$$Y_{\text{пр}} = Y_{\text{уд}} \times KЭ \times J_{\partial} \times \sum_{i=1}^N \Delta M_i, \quad (1)$$

где $Y_{\text{пр}}$ – предотвращенный экономический ущерб водным ресурсам в рассматриваемом регионе, руб./год;

$Y_{\text{уд}}$ – показатель удельного экономического ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы

загрязняющих веществ на конец расчетного периода в рассматриваемом регионе, принимается по равным 7098,4 руб./усл. т;

КЭ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости в рассматриваемом регионе (для Пензенской области равен 1,9);

I_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономки Российской Федерации на рассматриваемый период и доводимый территориальными природоохранными органами до природопользователей. Для гальванического производства на 2025 год равен 103,6%;

ΔM_i – приведенная масса загрязняющих веществ, не попадающих в водные объекты в результате осуществления соответствующих природоохранных мероприятий в рассматриваемом регионе в течение расчетного периода, усл.т/год, определяется по формуле 2:

$$\Delta M_i = M1_i - M2_i, \quad (2)$$

где $M1_i$, $M2_i$ – приведенная масса сброса загрязняющих веществ, попадающих в водные объекты в рассматриваемом регионе, соответственно, на начало и конец расчетного периода (усл. т), определяется по формуле 3:

$$M1(2)_i = m1(2)_i \times NЭ_i, \quad (3)$$

где $m1(2)_i$ – масса фактического сброса i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности в водные объекты или выброса в атмосферу в рассматриваемом регионе, усл. т/год;

$NЭ_i$ – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го загрязняющего вещества или группы веществ, определяемый по справочным материалам или по формуле 4.

$$NЭ_i = \frac{1}{ПДК_{p-x}}, \quad (4)$$

где i – номер загрязняющего вещества или группы веществ;

N – количество учитываемых загрязняющих веществ.

Основные исходные данные, необходимые для расчета величины предотвращенного экономического ущерба и результаты расчета представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета

Наименование загрязняющих веществ	$m1_i$	$m2_i$	$NЭ_i$	$M1_i$	$M2_i$	ΔM_i
Взвешенные вещества	4,645	2,258	0,15	0,697	0,339	0,358
Цианиды	0,035	0,000073	90,0	3,129	0,007	3,122
Фториды	0,181	0,060	1	0,181	0,060	0,121
Хлориды	22,368	13,141	0,05	1,118	0,657	0,461
Сульфаты	50,367	23,581	0,05	2,518	1,179	1,339
Хром (III)	0,048	0,011	90,0	4,282	0,955	3,327
Железо суммарно	0,329	0,042	1,0	0,329	0,042	0,287
Никель	0,031	0,007	90,0	2,799	0,659	2,140
Аммонийные соли	0,626	0,005	0,3	0,188	0,068	0,120
Фосфаты	0,373	0,027	0,3	0,112	0,008	0,104
Цинк	0,218	0,005	90,0	19,599	0,461	19,138
Медь	0,309	0,039	550,0	170,098	21,438	148,660
Кадмий	0,0055	0,00016	250,0	1,373	0,041	1,332
Марганец	0,007	0,003	90,0	0,659	0,264	0,395
Свинец	0,0004	0,00005	11,0	0,004	0,0006	0,0034
$\sum M1_i$				207,1889		
$\sum M2_i$					26,1988	
$\sum \Delta M_i$						180,990

Предотвращенный экономический ущерб от загрязнения водных ресурсов на исследуемом предприятии:

$$У_{пр} = 7098,4 \times 1,9 \times 103,6 \times 180,99 = 252888106,65 \text{ (руб./год)}$$

Таким образом, внедрение нового реагента в технологию очистки сточных вод позволило снизить экологическую нагрузку и обеспечить экономическую эффективность. Расчетная величина предотвращенного экономического ущерба составила 252888106,65 рублей в год.

Заключение

Производственный экологический контроль – это система внутреннего мониторинга и управления экологическими аспектами деятельности предприятия, направленная на соблюдение природоохранного законодательства, минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и выполнение установленных нормативов.

ПЭК регулируется федеральными законами, постановлениями, ведомственными приказами и санитарными нормами. Предприятие обязано разработать программу ПЭК в соответствии с этими документами и обеспечить ее выполнение.

Производственный экологический контроль включает в себя мониторинг экологических параметров, что подразумевает регулярное отслеживание состояния окружающей среды. В него входят замеры выбросов в атмосферу, анализ состава сточных вод, оценка качества почвы.

ПЭК на гальваническом производстве требует усиленного контроля за токсичными металлами и цианидами, многоступенчатой очистки стоков и выбросов, а также строгого соблюдения требований к хранению отходов.

В качестве объекта исследования в выпускной квалификационной работе выбрано научно-производственное предприятие, основной деятельностью которого является электрохимическая и химическая обработка металлов (стали и различных ее сплавов, а также алюминия). Предприятие относится к объекту II категории негативного воздействия на окружающую среду

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий представляет собой регламентированную последовательность операций. Стабильность и эффективность результатов обеспечиваются за счет

рациональной структуры этапов обработки, корректного подбора параметров электролита и применения специализированного оборудования.

Анализ негативного воздействия предприятия на окружающую среду показал, что на предприятие имеется 8 источников стационарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, все источники организованные.

В атмосферу от источников предприятия поступают 12 загрязняющих веществ, в том числе: 7 газообразных и жидких, 5 твердых и 2 группы суммации. Общее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составило 1,1 тонн в год, в том числе 0,81 тонн в год газообразных и жидких, 0,29 тонн в год твердых. Наибольший объем выбросов на участке №1 и составляет 49%.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ являются технологические ванны гальванического производства и лабораторное оборудование. Наибольшие объемы выбросов составляют натрий гидроксид, соляная кислота и хром (VI). Максимальные объемы валовых выбросов образуются на участках травления и электрохимического обезжиривания.

На исследуемом предприятии применяется реагентный метод очистки сточных вод, сущность которого заключается в переводе ионов тяжелых металлов, содержащихся в стоках, в нерастворимые формы при добавлении различных реагентов с последующим их выделением в виде осадков. Эффективность очистки стоков определяется отсутствием цианидов в конце обезвреживания проведением контрольных анализов на циан-ион.

В гальваническом цехе образуется значительное количество отходов, которые в своем составе содержат ионы покрывающих металлов и являются существенными загрязнителями окружающей среды. Отходы передаются на обезвреживание на локальные очистные сооружения предприятия и на полигон ТКО для захоронения.

В результате проведенного анализа разработан перечень мероприятий, направленных на повышение эффективности производственного

экологического контроля на предприятии. Предложенные меры охватывают ключевые аспекты природоохранной деятельности, включая внедрение системы экологического менеджмента, автоматизацию процессов контроля выбросов и сточных вод, модернизацию оборудования.

Реализация данных мероприятий позволит обеспечить соответствие требованиям природоохранного законодательства, повысить достоверность и оперативность контроля, снизить уровень техногенного воздействия на окружающую среду, а также повысить ресурсную и экологическую эффективность производственных процессов. Комплексный подход к совершенствованию ПЭК способствует формированию устойчивой системы экологической безопасности на предприятии.

Охрана труда на гальваническом предприятии представляет собой сложную и многоплановую систему, требующую постоянного внимания и совершенствования. Специфика производства, связанная с применением химически агрессивных веществ, использованием высоковольтного оборудования и воздействием вредных факторов, требует необходимость строгого соблюдения нормативных требований и внедрения эффективных организационно-технических решений.

Основными мероприятиями по уменьшению воздействия опасных и вредных производственных факторов являются закупка средств индивидуальной защиты, необходимых для определенного фактора, установка эффективной системы вытяжной вентиляции, а также увеличение регламентированных перерывов.

Внедрение нового реагента в технологию очистки сточных вод позволило снизить экологическую нагрузку и обеспечить экономическую эффективность. Расчетная величина предотвращенного экономического ущерба составила 252888106,65 рублей в год.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды» // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 2. – Ст. 133; 2023. – № 52 (ч. I). – Ст. 8204.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства РФ. – 1998. – № 26. – Ст. 3009; 2024. – № 53 (ч. I). – Ст. 11000.
3. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об охране атмосферного воздуха» // Собрание законодательства РФ. – 1999. – № 18. – Ст. 2222; 2024. – № 33 (ч. I). – Ст. 7101.
4. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 26.12.2024) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» // Собрание законодательства РФ. – 1999. – № 14. – Ст. 1650; 2024. – № 53 (ч. I). – Ст. 10999.
5. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 (ред. от 18.12.2024) «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» // Собрание законодательства РФ. – 2021. – № 2 (ч. II). – Ст. 370; 2024. – № 52 (ч. II). – Ст. 12030.
6. Постановление Правительства РФ от 13.03.2019 № 262 «Об утверждении Правил создания и эксплуатации системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ» // Собрание законодательства РФ. – 2019. – № 12. – Ст. 1259.
7. Приказ Минприроды России от 18.02.2022 № 109 (ред. от 24.03.2023) «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля» (зарегистрирован в Минюсте России 11.03.2022 № 67603) // Официальный интернет-портал правовой информации, 11.03.2022.

8. Приказ Минприроды России от 24.03.2023 № 150 «О внесении изменений в требования к содержанию программы производственного экологического контроля, утвержденные приказом Минприроды России от 18 февраля 2022 г. № 109» (зарегистрирован в Минюсте России 31.03.2023 № 72601) // Официальный интернет-портал правовой информации, 31.03.2023.

9. Приказ Минприроды России от 30.06.2023 № 411 «Об утверждении Методических рекомендаций по заполнению формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля» (зарегистрирован в Минюсте России 28.07.2023 № 74529) // Официальный интернет-портал правовой информации, 28.07.2023.

10. ГОСТ Р 56062-2014. Производственный экологический контроль. Общие положения. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 25 с.

11. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3) (ред. от 15.11.2024) // Официальный интернет-портал правовой информации.

12. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2) (зарегистрирован в Минюсте России 29.01.2021 № 62200) // Официальный интернет-портал правовой информации.

13. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 887н (ред. от 27.10.2023) «Об утверждении Правил по охране труда при обработке металлов» (зарегистрирован в Минюсте России 30.12.2020 № 61951) // Российская газета. – 2021. – № 2.

14. Патрушев, А.В. Производственный экологический контроль: учебное пособие / А.В. Патрушев, В.Г. Мартынов. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 192 с.
15. Гарбер, М.Ю. Производственный экологический контроль на предприятии: организация и проведение: практическое пособие / М.Ю. Гарбер, Т.В. Шевелева. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 245 с.
16. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 36-2024 «Обработка поверхностей материалов и изделий с использованием гальванических и химических процессов» (утв. Приказом Росстандарта от 10.11.2016 № 1720-ст) // Портал Бюро НДТ (дата обращения: 07.05.2025).
17. Ветошкин, А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебник / А.Г. Ветошкин. – М.: Юрайт, 2020. – 451 с.
18. Тагиров, А.А. Гальванотехника: технологии и оборудование: учебное пособие / А.А. Тагиров, Р.Т. Галеев. – Казань: КГТУ, 2020. – 352 с.
19. Хуторян, А.Г. Технология гальванических покрытий / А.Г. Хуторян. – М.: Машиностроение, 2018. – 224 с.
20. Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Изд. 2-е, доп. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2013. – 178 с.
21. Найденко, В.В., Губанов, Л.Н. Очистка и утилизация промстоков гальванического производства. – Н. Новгород: Деком, 2019. – 368 с.
22. Жуков, А.П. Методы очистки производственных сточных вод: учебное пособие / А.П. Жуков, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 2015. – 415 с.
23. Федоров, Д.А. Разработка мероприятий по экологическому контролю в гальваническом производстве: дис. канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – 185 с.

24. Системы экологического менеджмента: практический курс / С.Ю. Дайман, Т.В. Гусева, Е.А. Заика, Т.В. Сокорнова. – М.: Форум, 2010. – 288 с.
25. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 24.02.2024) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 1 (ч. I). – Ст. 3; 2024. – № 9 (ч. I). – Ст. 1181.
26. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О специальной оценке условий труда» // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 52 (ч. I). – Ст. 6991; 2021. – № 27 (ч. I). – Ст. 5150.
27. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак; под ред. О.Н. Русака. – 15-е изд. – СПб.: Лань, 2016. – 672 с.
28. Безбородова, О.Е. Оценка экономического ущерба окружающей среде от производственной деятельности / О.Е. Безбородова, В.И. Симакин, Д.П. Грузин. – Пенза: 2007. – 158 с.