

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему  
**Проект производственного участка цианистого цинкования  
стальных деталей, производительностью 1400 м<sup>2</sup>/год**

Пояснительная записка

ПГУ 3.2-07.18.03.01.X081 ПЗ

Квалификация **бакалавр**

Направление **18.03.01 – Химическая технология**

Профиль **Технология электрохимических производств**

Автор — студент группы 193MX31

Трошина О.Н.  
подпись и дата

**Трошина О.Н.**  
инициалы, фамилия

Руководитель:

Наумов Л.В.  
подпись и дата

**Наумов Л.В.**  
инициалы, фамилия

Консультанты:

по конструированию и технологии

Наумов Л.В.  
подпись и дата

**Наумов Л.В.**  
инициалы, фамилия

по экономике

Наумов Л.В.  
подпись и дата

**Наумов Л.В.**  
инициалы, фамилия

по безопасности жизнедеятельности

Наумов Л.В.  
подпись и дата

**Наумов Л.В.**  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер:

Сорокина Н.В.  
подпись и дата

**Сорокина Н.В.**  
инициалы, фамилия

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 30.01.2023 № 4)

Заведующий кафедрой

А.Е. Зверовщиков  
подпись и дата

**А.Е. Зверовщиков**  
инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой отлично (протокол ГЭК от 04.02.2023 № 4)

Секретарь ГЭК

Н.В. Сорокина  
подпись и дата

**Н.В. Сорокина**  
инициалы, фамилия

УДК 621.351.1

Трошина О.Н. - Проект производственного участка  
цианистого цинкования стальных деталей  
производительностью 1400м<sup>2</sup>/год.

Пояснительная записка: 124 листов ф.А1,  
17 рисунков, 11 таблиц, 23 источников,  
3 приложения.

Графическая часть: чертежей 5 листов ф.А1,  
плакатов 5 листов ф.А1.

### РЕФЕРАТ

ЛИНИЯ , ГАЛЬВАНИКА, ПОКРЫТИЕ, ЦИНК, ЦИНКОВАНИЕ, ПОДВЕСКА,  
АВТООПЕРАТОР, ТЕХПРОЦЕСС, ОБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОЛИТ, ВАННА,  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ПЛАН УЧАСТКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ЭКОЛОГИЯ, ОЧИСТКА СТОКОВ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

Цель работы: проектирование автоматизированной гальванической линии  
цианистого цинкования стальных деталей «Ступица» производительностью  
1400м<sup>2</sup>/год.

Объект разработки: автоматизированная гальваническая линия цинкования

В работе произведены технологические расчеты и конструирование по  
проектированию основной гальванической ванны покрытия и вспомогательного  
оборудования. Определена площадь покрытия детали «Ступица». Определено  
основное и вспомогательное оборудование цеха. Выстроена последовательность  
гальванической линии и расположения ванн. Произведен расчет подвески для  
закрепления детали. Выполнены необходимые расчеты для проектирования  
основной гальванической ванны техпроцесса покрытия цинком. Рассчитаны  
основные параметры техпроцесса (источники тока, расхода воды и воздуха,  
тепловой баланс).

Спроектирована автоматизированной гальваническая линия покрытия  
цинком, разработана КД на основную и вспомогательную ванны процесса  
автоматизированного гальванического покрытия.

В научно-исследовательской разделе рассмотрены вопросы виды и  
способы цинкования деталей из металла.

В разделе БЖД рассмотрены вопросы техники безопасности на  
гальваническом производстве. В разделе экологии подробно изучена схема  
очистных сооружений для очистки стоков гальванического производства.

Эффективность данной технологии подтверждена экономическим  
обоснованием.

|           |      |                |                                                                                     |          |                                                                                                                    |                           |      |        |
|-----------|------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|--------|
|           |      |                |                                                                                     |          | ПГУ 3.2-07.18.03.01. X081 ПЗ                                                                                       |                           |      |        |
| Изм.      | Лист | № докум.       | Подпись                                                                             | Дат      | Проект<br>производственного участка<br>цианистого цинкования стальных<br>деталей производительностью<br>1400м²/год | Лит.                      | Лист | Листов |
| Разраб.   |      | Трошина О.Н.   |  | 18.09.23 |                                                                                                                    | В К Р                     | 4    | 124    |
| Проверил  |      | Наумов Л.В.    |  | 18.09.23 |                                                                                                                    |                           |      |        |
| Н. контр. |      | Сорокина Н.В.  |  | 20.09.23 |                                                                                                                    |                           |      |        |
| Утв.      |      | Зверовщик А.Е. |  | 20.09.23 |                                                                                                                    |                           |      |        |
|           |      |                |                                                                                     |          |                                                                                                                    | Кафедра «ТОМ», гр.193МХ31 |      |        |

«Утверждаю»  
Заведующий кафедрой  
«Технологии и оборудование  
машиностроения»  
д.т.н., профессор  
А.Е. Зверовщиков  
«22» 10 2022 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

1. Студент Трошина Ольга Николаевна  
направления подготовки 18.03.01, гр. 193МХ31 заочного отделения политехнического  
института Пензенского государственного университета
2. Руководитель квалификационной работы к.т.н. доцент Наумов Л.В.
3. Время проектирования с 09 января 2023 г. по 19 февраля 2023 г.
4. Место преддипломной практики АО «НЛЭМЗ», г. Нижний Ломов
5. Тема выпускной квалификационной работы Проект производственного участка цианистого  
цинкования стальных деталей, производительностью 1400 м<sup>2</sup>/год  
Тема утверждена приказом ПГУ №916/о от 28.10.2022 г.
6. Техническое задание (объем выпуска изделий, назначение изделий, режим работы пр.)
  - 6.1. Годовая программа выпуска: 1400 м<sup>2</sup>/год
  - 6.2. Гальваническое покрытие: цианистое цинкование
  - 6.3. Материал покрываемых деталей: сталь
  - 6.4. Проект разработать применительно к условиям АО «НЛЭМЗ»
7. Объем и содержание основной части выпускной квалификационной работы
  - 7.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований и описаний)
    - 7.1.1 Литературный обзор
    - 7.1.2 Технология электроосаждения покрытий
    - 7.1.3 Анализ существующей технологии
    - 7.1.4 Автоматизация технологического процесса
    - 7.1.5 Материальные и тепловые расчеты
    - 7.1.6 Экология и очистные сооружения гальванического цеха
    - 7.1.7 Научно-исследовательский раздел
    - 7.1.8 Технико-экономический расчет
    - 7.1.9 Безопасность жизнедеятельности
  - 7.2. Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)
    - 7.2.1 Чертеж детали 1 л. ф. А1
    - 7.2.2 Чертеж ванны нанесения цинкового покрытия 1 л. ф. А1
    - 7.2.3 Чертеж ванны обезжиривания 1 л. ф. А1
    - 7.2.4 Чертеж приспособления 1 л. ф. А1
    - 7.2.5 Плакат плана участка цеха 1 л. ф. А1
    - 7.2.6 Принципиальная схема разводки технологического трубопровода 1 л. ф. А1
    - 7.2.7 Плакат составов электролитов 1 л. ф. А1
    - 7.2.8 Схема автооператорной линии для нанесения цинкового покрытия 1 л. ф. А1
    - 7.2.9 Схема автооператора консольного 1 л. ф. А1
    - 7.2.10 Схема очистки сточных вод 1 л. ф. А1

## 8. Особые требования по выполнению разделов

### 8.1. По разработке гальванической линии

При проектировании гальванической линии предусмотреть автоматизацию процесса нанесения покрытия.

### 8.2. По технологии нанесения покрытия

Для снижения трудоемкости процесса нанесения покрытия предусмотреть высокопроизводительное и программируемое технологическое оборудование.

### 8.3. По технико-экономическому обоснованию проектных решений

Выполнить технико-экономическое обоснование принятых решений.

### 8.4. По организации безопасных условий труда

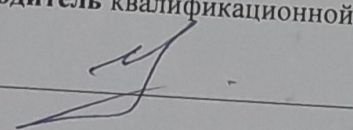
Разработать мероприятия по организации безопасных условий труда на спроектированном участке гальванического цеха.

## 9. Календарный график выполнения квалификационной работы

| Наименование работы                                                                      | Объем работы, % | Срок выполнения   | Подпись руководителя                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Литературный обзор                                                                    | 10              | с 09.01 по 11.01  |    |
| 2. Технология электроосаждения покрытия                                                  | 20              | с 11.01 по 13.01  |    |
| 3. Оборудование гальванического цеха                                                     | 10              | с 14.01 по 16.01  |   |
| 4. Автоматизация гальванического процесса                                                | 10              | с 17.01 по 19.01  |  |
| 5. Материальные и тепловые расчеты                                                       | 10              | с 20.01 по 22.01  |  |
| 6. Экология и очистные сооружения гальванического цеха                                   | 5               | с 23.01 по 25.01  |  |
| 7. Научно-исследовательский раздел                                                       | 5               | с 26.01 по 28.01  |  |
| 8. Техничко-экономический расчет                                                         | 5               | с 29.01 по 31.01  |  |
| 9. Безопасность жизнедеятельности                                                        | 5               | с 01.02 по 03.02  |  |
| Оформление пояснительной записки, графической части ВКР и представление проекта к защите | 20              | с 04.02. по 06.02 |  |

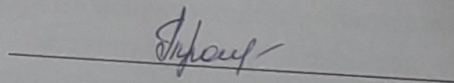
Дата выдачи задания 09 января 2023 г.

Руководитель квалификационной работы



Задание к исполнению принял 09 января 2023 г.

Исполнитель заданий

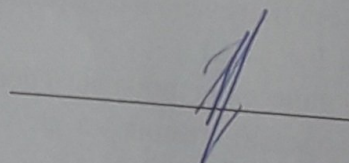


Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Зам. директора ПИ по заочной форме обучения

Пензенского государственного университета

д.т.н.,

 А.Н. Литвинов

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                                                | 8  |
| 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....                                                                                                    | 10 |
| 1.1 Общие сведения и область применения цинковых покрытий .....                                                               | 10 |
| 1.2 Составы электролитов цинкования .....                                                                                     | 15 |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЦИНКОВАНИЯ - АНАЛИЗ<br>СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ .....                                                | 17 |
| 2.1 Назначение и выбор гальванических покрытий .....                                                                          | 17 |
| 2.2 Эскизы и ведомость деталей .....                                                                                          | 18 |
| 2.3 Выбор типа покрытия и толщины, исходя из условий эксплуатации .....                                                       | 18 |
| 2.4 Требования к гальваническим покрытиям .....                                                                               | 19 |
| 2.5 Выбор технологической схемы нанесения покрытий .....                                                                      | 21 |
| 2.6 Определение времени обработки (покрытия) детали .....                                                                     | 27 |
| 2.7 Приготовление и корректировка электролитов. Химический<br>анализ электролита. Удаление недоброкачественных покрытий ..... | 28 |
| 2.7.1 Приготовление и корректировка электролитов .....                                                                        | 28 |
| 2.7.2 неполадки в работе электролитов. ....                                                                                   | 31 |
| 2.8 Методы анализа электролита .....                                                                                          | 34 |
| 3 ОБОРУДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....                                                                             | 36 |
| 3.1 Назначение, принцип действия и устройство существующего<br>оборудования .....                                             | 36 |
| 3.2. Предварительная компоновка гальванической линии .....                                                                    | 39 |
| 4 КОНСТРУКЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ЛИНИИ .....                                                                                         | 41 |
| 4.1 Определение номенклатуры потребного оборудования .....                                                                    | 41 |
| 4.2 Расчет и выбор ванн гальванической линии и приспособлений .....                                                           | 41 |
| 4.2.1 Расчет числа одновременно обрабатываемых деталей на подвеске из<br>условий максимальной нагрузки .....                  | 41 |
| 4.2.2 Определение типа подвески .....                                                                                         | 42 |
| 4.2.3 Размещение деталей на подвеске .....                                                                                    | 43 |
| 4.2.4 Расчет габаритов подвески .....                                                                                         | 45 |
| 4.2.5 Выбор материала подвесок и элементов технологической оснастки ....                                                      | 46 |
| 4.2.6 Проверка ограничений по току .....                                                                                      | 47 |
| 4.2.7 Изоляция подвесок .....                                                                                                 | 48 |
| 4.2.8 Расчет и выбор ванны гальванической линии .....                                                                         | 49 |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

*ПГУ 3.2-07.18.03.01. X081 ПЗ*

Лист  
5

|       |                                                                                                                                           |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3   | Описание принципа работы и конструкции ванны промывки .....                                                                               | 52 |
| 4.4   | Расчет габаритных размеров автооператорной линии.....                                                                                     | 55 |
| 4.5   | Расчет и выбор источника тока .....                                                                                                       | 57 |
| 4.5.1 | Расчет силы тока .....                                                                                                                    | 57 |
| 4.5.2 | Расчет баланса напряжения .....                                                                                                           | 57 |
| 4.5.3 | Источники питания.....                                                                                                                    | 59 |
| 4.5.4 | Реверсирование тока в гальванической ванне.....                                                                                           | 60 |
| 5     | МАТЕРИАЛЬНЫЕ И ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ЛИНИИ .....                                                                                               | 61 |
| 5.1   | Расчет расхода воды в ваннах промывки .....                                                                                               | 61 |
| 5.2   | Расчет расхода сжатого воздуха для барботажа.....                                                                                         | 62 |
| 5.3   | Расчет объема воздуха, удаляемого через бортовые отсосы .....                                                                             | 63 |
| 5.4   | Тепловой баланс гальванической ванны .....                                                                                                | 65 |
| 5.5   | Расчет расхода пара и охлаждающей воды.....                                                                                               | 67 |
| 5.6   | Расчет змеевика нагрева.....                                                                                                              | 68 |
| 5.7   | Расчет расхода химических компонентов.....                                                                                                | 68 |
| 6     | АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....                                                                                              | 73 |
| 6.1   | Основные требования к организации производства нанесения покрытий с применением АСУТП.....                                                | 73 |
| 6.2   | Способы регулирования и поддержания заданных параметров: температуры; плотности тока; кислотности электролита; уровня электролита.....    | 73 |
| 6.3   | Устройства регулирования и поддержания заданных параметров: температуры; плотности тока; кислотности электролита; уровня электролита..... | 77 |
| 7     | РАСЧЕТ АВТООПЕРАТОРНОЙ ЛИНИИ .....                                                                                                        | 79 |
| 7.1   | Назначение автооператорной линии.....                                                                                                     | 79 |
| 7.2   | Расчет количества автооператоров .....                                                                                                    | 81 |
| 7.3   | Описание автооператора.....                                                                                                               | 82 |
| 8     | ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧАСТКА ЦИНКОВАНИЯ .....                                                                                                   | 85 |
| 8.1   | Разработка общей планировки участка и рабочих мест .....                                                                                  | 85 |
| 8.2   | Расчет потребных площадей.....                                                                                                            | 87 |
| 8.3   | Эскизная компоновка .....                                                                                                                 | 89 |
| 9     | НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ - «ДРУГИЕ ВИДЫ И МЕТОДЫ ЦИНКОВАНИЯ» .....                                                                 | 90 |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|      |      |          |         |      |

ПГУ 3.2-07.18.03.01. Х081 ПЗ

Лист

6

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1 Методы и способы нанесения цинкового покрытия .....                               | 90  |
| 9.2 Горячее цинкование.....                                                           | 90  |
| 9.3 Холодный метод цинкования .....                                                   | 95  |
| 9.4 Гальваническое цинкование .....                                                   | 99  |
| 10 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ .....                                            | 106 |
| 10.1 Целесообразность разработки автоматической линии .....                           | 106 |
| 10.2 Цель определения себестоимости продукции .....                                   | 106 |
| 10.3 Классификация затрат на выпуск и реализацию продукции .....                      | 107 |
| 10.4 Расчет себестоимости нанесения покрытия. ....                                    | 109 |
| 11 ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ .....                                                        | 113 |
| 11.1 Очистка сточных вод от цианидов .....                                            | 113 |
| 11.2 Очистка сточных вод от шестивалентного хрома.....                                | 114 |
| 11.3 Нейтрализация сточных вод и очистка от ионов тяжелых металлов..                  | 115 |
| 12 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ<br>ПРОИЗВОДСТВЕ .....             | 117 |
| 12.1 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации<br>гальванической линии. .... | 117 |
| 12.2 Правила обращения с цианистыми электролитами .....                               | 121 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                      | 122 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                | 123 |
| Приложение А (технологический процесс)                                                |     |
| Приложение Б (спецификации)                                                           |     |
| Приложение В (ведомость проекта)                                                      |     |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ПГУ 3.2-07.18.03.01. X081 ПЗ

Лист  
7