

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на тему
**Проект производственного участка с автоматической
линией нанесения двухслойного покрытия медь, никель
блестящий на латунные изделия, производительностью
15000 м²/год**

Пояснительная записка

ПГУ 1.2-08.18.03.01. X 101 ПЗ

Квалификация **бакалавр**

Направление **18.03.01 – Химическая технология**

Профиль **Технология электрохимических производств**

Автор — студент группы **22MX1**

04.06.26. **Абдуллоев Ш.Ш.**
подпись и дата инициалы, фамилия

Руководитель:

04.06.26. **Таранцев К.В.**
подпись и дата инициалы, фамилия

Консультанты:

по конструированию и технологии

04.06.26. **Таранцев К.В.**
подпись и дата инициалы, фамилия

по экономике

04.06.26. **Таранцев К.В.**
подпись и дата инициалы, фамилия

по безопасности жизнедеятельности

04.06.26. **Таранцев К.В.**
подпись и дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер:

05.06.26. **Миронычев Н.А.**
подпись и дата инициалы, фамилия

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 05.06.2026. № 12)

Заведующий кафедрой

05.06.26. **А.Е. Зверовщиков**
подпись и дата инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой хорошо (протокол ГЭК от 19.06.2026. № 9)

Секретарь ГЭК

19.06.26. **Н.В. Сорокина**
подпись и дата инициалы, фамилия

УДК 621.793

РЕФЕРАТ

Абдуллоев Ш.Ш. Проект производственного участка с автоматической линией нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий на латунные изделия, производительностью 15000 м²/год
Расчетно-пояснительная записка: 145 с. 19 табл., 20 рис., 27 источн., 2 прил. Графическая часть: 9 л. ф.А1, 1л.ф.А3

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ, МЕДНЕНИЕ, НИКЕЛИРОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОЛИТ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ, АВТООПЕРАТОР, ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Объектом разработки является участок нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий на латунные изделия.

Цель работы: спроектировать производственный участок нанесения двухслойного покрытия на латунные изделия, производительностью 15000 м²/год. Произвести конструкторские, материалыные, тепловые и экономические расчеты.

При проектировании применены стандартные методы расчета участка гальванопокрытия.

Эффективность спроектированного участка обусловлена применением современного оборудования и современных методик расчета.

Основные конструкционные и технико-эксплуатационные характеристики:

- годовая программа 15000 м²/год
- габариты линии 20297 x 3415 x 4930 мм

Разработанный гальванический участок может применяться для нанесения двухслойного покрытия в серийном производстве предприятий машино- и приборостроения.

					ПГУ 1.2-08.18.03.04.X101 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Проект производственного участка с автоматической линией нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий на латунные изделия, производительностью 15000 м ² /год Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Абдуллоев Ш.Ш.			04.06				
Провер.	Таранцев К.В.			04.06			4	145
Т.контр.	Таранцев К.В.			04.06		Каф. ТОМ, гр.22MX1		
Н.контр.	Миронычев И.А.			05.06				
Утв.	Зверовщиков А.Е.			05.06				

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой
«Технологии и оборудование
машиностроения»
д.т.н., профессор Зверовщиков А.Е.
«07» 04 2026г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

1 Студент гр. 22МХ1 факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта политехнического института Абдуллоев Шахзод Шавкатович направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Технология электрохимических производств»

2 Руководитель квалификационной работы д.т.н., профессор Таранцев К.В.

3 Время проектирования С 05.06 по 03.07.2026г.

4 Место производственной практики - ПГУ, кафедра «Технологии и оборудование машиностроения», г. Пенза

5 Тема выпускной квалификационной работы Проект производственного участка с автоматической линией нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий на латунные изделия, производительностью 15000 м²/год

Тема утверждена приказом ПГУ № 352/0 от 07.04 2026 г.

6 Техническое задание (объем выпуска изделий, назначение линии, режим работы и пр.)

6.1 Производительность автоматизированной гальванической линии - 15000 кв.м/год

6.2 Автоматизированная гальваническая линия предназначена для работы на приборостроительном предприятии.

6.3 Материал детали ЛЦ40

6.4 Условия эксплуатации – УХЛ4 по ГОСТ 15150-69.

6.5 Проект разработать применительно к предприятию АО "Электроприбор" г. Пенза

7 Объем и содержание основной части выпускной квалификационной работы

7.1 Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований и описаний)

7.1.1 Анализ объекта проектирования. Постановка задач проектирования.

7.1.2 Проектирование автоматизированной гальванической линии.

7.1.3 Разработка технологического процесса нанесения покрытия и приготовления электролитов.

7.1.4 Проектирование и конструкторские расчеты размеров ванн, подвесок.

7.1.5 Проектирование участка гальванического цеха.

7.1.6 Техничко-экономическое обоснование проекта гальванического участка.

7.1.7 Промышленная экология и безопасность на участке.

Объем пояснительной записки: 100...120 стр.

7.2 Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

7.2.1 Чертежи детали – 1 л. ф. А1.

7.2.2 Автооператор – 1 л. ф. А1.

7.2.3 Линия автоматическая – 1 л. ф. А1.

7.2.4 Ванна декапирования – 1 л. ф. А1.

7.2.5 Ванна никелирования – 1 л. ф. А1.

7.2.6 Подвесочное приспособление – 1 л. ф. А1.

7.2.7 План участка гальванического цеха – 1 л. ф. А1.

7.2.8 Принципиальная схема разводки технологического трубопровода 1 л. ф. А1

7.2.9 Плакат составов электролитов 1 л. ф. А1

7.2.10 Схема очистки сточных вод 1 л. ф. А1

Итого: 8...10 л. ф.А1

8 Особые требования по выполнению разделов

8.1 По конструированию оборудования гальванического цеха

При проектировании оборудования предусмотреть использование автоматизированного привода, манипуляторов и автоматической системы контроля технологических режимов.

8.2 По технологии нанесения металлического покрытия

Выбрать состав и свойства покрытия, разработать технологический процесс, назначить составы электролита в ваннах и режимы осаждения сплава, определить порядок приготовления и корректировки состава электролитов, предложить методику предупреждения и устранения дефектов покрытий.

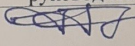
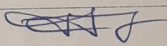
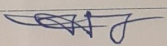
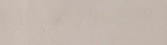
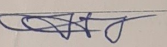
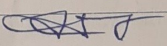
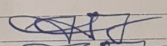
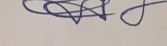
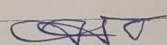
8.3 По технико-экономическому обоснованию проектных решений

Выполнить технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта совершенствования технологического процесса.

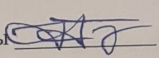
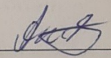
8.4. По организации безопасных условий труда

Разработать правила техники безопасности при работе в цехах гальванопокрытий, рассчитать количество воздуха, удаляемого через бортовые отсосы.

9 Календарный график выполнения квалификационной работы

Наименование работы	Объем работы, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
Анализ назначения и характеристик гальванических покрытий и составов растворов	5	05.06...06.06.2026	
Разработка технологического процесса нанесения покрытия	10	06.06...08.06.2026	
Выбор оборудования; расчеты параметров автооператорной линии, источников тока, технологических режимов, конструкторские расчеты размеров ванн, подвесок.	10	09.06...11.06.2026	
Автоматизация и контроль параметров технологического процесса	10	11.06...13.06.2026	
Материальные и тепловые расчеты технологического процесса	20	13.06...20.06.2026	
Проектирование участка гальванического цеха	15	20.06...25.06.2026	
Технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта совершенствования технологического процесса	10	25.06...28.06.2026	
Разработка мероприятий по организации безопасных условий труда	5	28.06...29.06.2026	
Оформление пояснительной записки. Прохождение нормоконтроля. Представление ВКР к защите.	15	29.06...03.07.2026	

Дата выдачи задания 5 июня 2026 г. Задание к исполнению принял 5 июня 2026 г.

Руководитель квалификационной работы  Исполнитель задания 

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан ФПТЭТ
д.т.н., профессор

ОПОП освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

Киреев С.Ю.

Содержание

Введение	9
1 Литературный обзор	11
1.1 Назначение и область применения двухслойного покрытий медь, никель	11
1.1.1 Свойства и область применения покрытий никелем	11
1.1.2 Свойства и область применения медных покрытий	13
1.1.3 Свойства и область применения покрытия двухслойного никель, медь	15
1.2 Составы электролитов для нанесения покрытий никелем и медью	17
1.2.1 Составы электролитов никелирования	18
1.2.2 Составы электролитов меднения	25
1.3 Особенности оборудования для нанесения двухслойного покрытия медь, никель	37
2 Технологическая часть	39
2.1 Назначение и выбор гальванического покрытия	39
2.1.1 Эскиз и ведомость деталей	39
2.1.2 Выбор типа покрытия и толщины исходя из условий эксплуатации	40
2.1.3 Обозначение и шифр покрытия	41
2.1.4 Требования, предъявляемые к поверхности детали, и методы получения заданного качества покрытия	41
2.1.5 Требования к гальваническому покрытию	42
2.2 Технологический процесс	43
2.2.1 Выбор технологической схемы нанесения покрытий	43
2.2.2 Определение времени обработки детали	46
2.2.3 Контроль качества покрытия	46
2.2.3.1 Требование к внешнему виду покрытия	46
2.2.3.2 Требование к толщине покрытия	47
2.2.3.3 Требования к контролю качества основного металла и	48
покрытия	48
2.2.4 Карта технологического процесса	48

					ПГУ 1.1-08.18.03.01.X101 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

2.3 Основные неполадки в процессе нанесения покрытия медь, никель.....	48
2.3.1 Проблемы, возникающие при нанесении покрытия медь, никель	48
2.3.2 Приготовление и корректировка электролитов.....	59
2.3.3 Анализ электролитов	60
3 Оборудование гальванического цеха.....	68
3.1 Назначение, принцип действия и устройство существующего оборудования.....	68
3.2 Возможная модернизация оборудования	75
3.3 Компоновка гальванической линии на участке.....	76
4 Конструкторские расчеты	78
4.1 Анализ исходных данных	78
4.2 Выбор автооператорной линии	78
4.2.1 Назначение автооператорной линии.....	78
4.2.2 Возможности автооператорной линии	79
4.2.3 Комплектация автооператорной линии.....	80
4.2.4 Компоновка автооператорной линии.....	80
4.2.5 Автооператоры	81
4.3 Расчет автооператорной линии	82
4.3.1 Определение номенклатуры необходимого оборудования.....	82
4.3.2 Расчет количества автооператоров	82
4.3.3 Расчет габаритных размеров автооператорной линии.....	84
4.4 Расчет и выбор ванн гальванической линии.....	85
4.5 Расчет габаритов подвески	88
4.6 Определение типа подвески	89
4.7 Расчет и выбор источника тока	90
4.7.1 Расчет силы тока	90
4.7.2 Расчет баланса напряжений	90
4.7.3 Источники питания.....	93
4.8 Расчет числа одновременно обрабатываемых деталей на подвеске из условий максимальной загрузки	94

ПГУ 1.1-08.18.03.01.X101 ПЗ					Лист
					7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

4.9 Размещение деталей на подвеске	94
4.10 Выбор материала подвесок и других элементов технологической оснастки.....	95
4.11 Проверка ограничений по току	96
4.12 Изоляция подвесок	98
4.13 Выбор анодов	98
5 Автоматизация технологического процесса	99
5.1 Основные требования к организации производства нанесения покрытий с применением АСУТП.....	99
5.2 Способы регулирования и поддержания заданных параметров: плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита.....	101
5.3 Устройство для поддержания заданных параметров температуры, плотности тока, кислотности электролита, уровня электролита.....	102
6 Материальные и тепловые расчёты	103
6.1 Материальный баланс	103
6.1.1 Расчет потребности химикатов	103
6.1.2 Расчет расхода воды	108
6.1.3 Расчет расхода сжатого воздуха.....	111
6.2 Расчет трубчатых электронагревателей	113
7 Экология и очистные сооружения гальванического цеха	116
8 Экономическая часть.....	121
9 Безопасность жизнедеятельности	129
9.1 Опасные и вредные факторы гальванического производства	129
9.2. Правила безопасности при работе в гальваническом цехе	134
Заключение	137
Список используемой литературы.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	142

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу
Абдуллоева Шахзода Шавкатовича

Тема работы: «Проект производственного участка с автоматической линией
нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий на латунные изделия,
производительностью 15000 м²/год»

Выпускная квалификационная работа студента Абдуллоева Ш.Ш. выполнена согласно заданию на выпускную квалификационную работу и содержит графическую часть на 10 листах формата А1, а также пояснительную записку на 141 листе формата А4.

Тема ВКР связана с разработкой технологии нанесения двухслойного покрытия и проектированием участка цеха по нанесению этого покрытия.

Во время прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы Абдуллоев Ш.Ш. проявил хорошие знания в изучаемых дисциплинах и способность находить оригинальные инженерные решения. Он показал уверенное владение программными продуктами для решения современных технических задач. То есть показал навыки, которые присущи будущему специалисту широкого профиля.

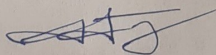
В соответствии с заданием на проектирование был выполнен литературный обзор по теме нанесения двухслойного покрытия медь, никель блестящий, разработана технология нанесения покрытия, выбрано и рассчитано технологическое оборудование с элементами автоматизации, произведены материальные и тепловые расчеты и выбрана система очистки сточных вод. На основе предложенной технологии разработан участок цеха.

Все задания по ВКР выполнялись автором самостоятельно в указанное календарным планом сроки.

Оформление листов графической части и расчетно-пояснительной записки соответствует требованиям стандартов ЕСКД, ЕСТД и ЕСТП.

В целом, работа автора отвечает требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам. Доля оригинального текста в пояснительной записке составила 51.66%. На основании этого считаю, что выпускная квалификационная работа заслуживает оценки «удовлетворительно» и может быть допущена к защите в ГЭК, а её автор Абдуллоев Шахзод Шавкатович заслуживает присвоения квалификации бакалавр по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

Руководитель ВКР
д.т.н., профессор



К.В. Таранцев