

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

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу
Кожоевой Карлыгач Курсантбековны

Тема работы: «Проект производственного участка с автоматической линией нанесения цинкового покрытия с последующим фосфатированием стальных деталей, производительностью 20000м²/год»

Выпускная квалификационная работа студентки Кожоевой К.К. выполнена согласно заданию на выпускную квалификационную работу и содержит графическую часть на 9 листах формата А1, и 1 листе формата А2, а также пояснительную записку на 130 листах формата А4.

Тема ВКР связана с совершенствованием технологии нанесения цинковых покрытий с последующим фосфатированием, и проектированием участка цеха по нанесению этих покрытий.

Во время прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы Кожоева К.К. проявила хорошие знания во многих дисциплинах и способность находить и реализовывать оригинальные инженерные решения. Она показала уверенное и эффективное владение программными продуктами для решения современных технических задач. То есть показала навыки, которые присущи будущему высококвалифицированному специалисту широкого профиля.

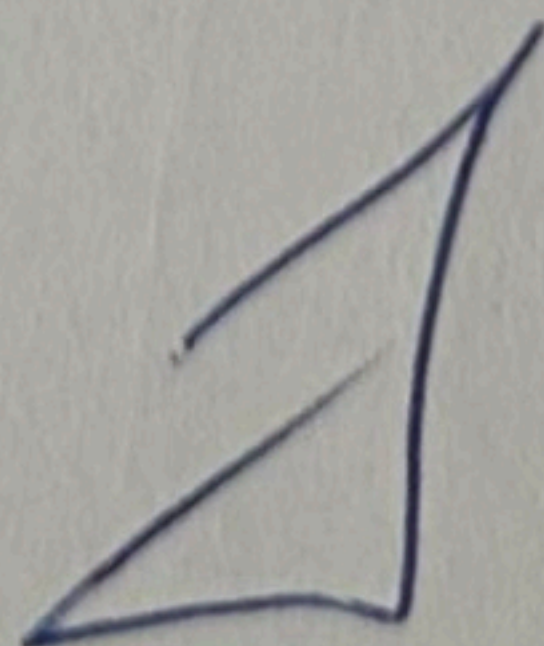
В соответствии с заданием на проектирование, Кожоевой К.К. выполнен литературный обзор по теме нанесения цинковых покрытий с последующим фосфатированием, разработана технология нанесения покрытия, выбрано и рассчитано технологическое оборудование с элементами автоматизации, произведены материальные и тепловые расчеты и выбрана система очистки сточных вод. На основе предложенной технологии ей разработан участок цеха. Кроме этого, рассмотрены вопросы, связанные с неполадками в работе электролитов цинкования и фосфатирования, а также способами их устранения.

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

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

В целом, работа автора отвечает требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам. Доля оригинального текста в пояснительной записке составила 68,6 %. На основании этого считаю, что выпускная квалификационная работа заслуживает оценки «отлично» и может быть допущена к защите в ГЭК, а её автор Кожоева Карлыгач Курсантбековна заслуживает присвоения квалификации бакалавр по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

Руководитель ВКР
К.Т.Н., доцент



Л.В. Наумов

4.3 Устройства регулирования и поддержания заданных параметров плотности тока электролита.....	91
5. Проектирование участка гальванического цеха.....	99
6 Материальные и тепловые расчеты.....	104
6.1 Материальный баланс.....	105
6.2 Тепловой баланс.....	111
7 Экология и очистные сооружения гальванического цеха.....	111
7.1 Требования к организации производства очистки сточных вод.....	118
8 Экономическая часть.....	123
9 Безопасность жизнедеятельности.....	124
9.1 Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации гальванической линии.....	125
Заключение.....	127
Список используемых источников.....	130
Приложения А.....	

исключений технологическое оборудование, транспортную систему (автооператор), системы вентиляции и нейтрализации сточных вод.

Цель работы-разработать проект участка цинкования и фосфатирования стальных деталей с годовой программой 20000 м², отвечающий требованиям технологичности, безопасности и экономической эффективности.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- подобран и обоснован электрохимический режим осаждения цинка и состав раствора для фосфатирования применительно к стальным деталям;
- Выполнены технологические расчеты, определены размеры ванны цинка линии, количество подвесок;
- Спроектирован гальванический участок (план размещения оборудования) с учетом нормативов техники безопасности и удобства обслуживания;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.2-08.18.03.01E184 ПЗ

Лист
7

3 Оборудование гальванического цеха.....	53
3.1 Назначение, принцип действия и устройство существующего оборудования.....	53
3.2 Расчет и выбор ванн гальванической линии и приспособлений.....	54
3.2.1 Расчет числа одновременно обрабатываемых деталей на подвеске из условий максимальной нагрузки.....	54
3.2.2 Определение типа подвески.....	55
3.2.3 Размещение деталей на подвеске.....	58
3.2.4 Расчет габаритов подвески.....	59
3.2.5 Выбор материала подвесок и других элементов технологической оснастки.....	60
3.2.6 Проверка ограничений по току.....	62
3.2.7 Изоляция подвесок.....	63
3.2.8 Расчет и выбор ванн гальванической линии.....	65
3.3 Выбор и расчет автооператорной линии.....	68
3.3.1 Назначение автооператорной линии.....	68
3.3.2 Автооператоры.....	71
3.3.3. Определение номенклатуры необходимого оборудования.....	72
3.3.4. Расчет количества автооператоров.....	74
3.3.5. Расчет габаритов размеров автооператорной линии.....	75
3.4 Расчет и выбор источника тока.....	75
3.4.1. Расчет силы тока.....	76
3.4.2. Расчет баланса напряжения.....	78
3.4.3. Источники питания.....	82
4 Автоматизация технологического процесса.....	85
4.1 Основные требования к организации производства нанесения покрытий с применением АСУТП.....	85
4.2 Способы регулирования и поддержания заданных параметров: температуры электролита.....	88

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.2-08.18.03.01E184 ПЗ

Лист

6

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Литературный обзор.....	12
1.1 Общие сведения и область применения цинковых покрытий.....	12
1.1.1 Свойства и назначение фосфатирования.....	15
1.2 Составы электролитов.....	21
1.2.1 Электролиты цинкования.....	21
1.2.2 Электролиты фосфатирования.....	23
1.3 Покрытие цинк с последующим фосфатированием.....	26
2 Технология электроосаждения покрытий.....	28
2.1 Назначение и выбор гальванических покрытий.....	28
2.1.1 Эскизы и ведомость деталей.....	28
2.1.2 Обозначение и шифр покрытия.....	29
2.1.3 Требования, предъявляемые к поверхности детали, предназначенной под покрытие, и методы получения требуемого качества поверхности.....	30
2.1.4 Требования к гальваническим покрытиям.....	32
2.2 Технологический процесс.....	35
2.2.1 Выбор технологической схемы нанесения покрытий.....	35
2.2.2 Определение времени обработки детали.....	35
2.2.3 Контроль качества покрытий.....	37
2.3 Приготовление и корректировка электролитов. Химический анализ электролита. Удаление недоброкачественных покрытий.....	38
2.3.1 Приготовление электролита цинкования.....	38
2.3.2 Корректировка электролита цинкования.....	41
2.3.3 Химический анализ электролита цинкования.....	44
2.3.4 Приготовление раствора фосфатирования.....	44
2.3.5 Корректировка электролита фосфатирования.....	45
2.3.6 Химический анализ фосфатирования.....	48

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.2-08.18.03.01E184 ПЗ

Лист

5

УДК 621.793

РЕФЕРАТ

Кожоева К.К. Проект производственного участка с автоматической линией нанесения цинкового покрытия с последующим фосфатированием стальных деталей, производительностью 20000м²/год

Расчетно-пояснительная записка: 130 с. 22 табл., 7 рис., 21 источн., 2 прил.
Графическая часть: 9 л. ф.А1, 1л.ф.А2

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ, ЦИНК С ПОСЛЕДУЮЩИМ ФОСФАТИРОВАНИЕМ, РЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА, АВТООПЕРАТОР, ПОДВЕСОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

Объектом разработки является участок гальванического цинкования и фосфатирования стальных деталей производительностью 20000 м²/год.

Цель работы: проектирование автоматизированной гальванической линии цинкового покрытия с последующим фосфатированием стальных деталей «Болт», производительностью 20000 м²/год и подобрать оборудование, необходимое для осуществления данного процесса.

В результате работы были выполнены необходимые конструктивные, материальные и тепловые расчеты, выбрано оборудование для проведения процесса, рассмотрены предложения по автоматизации производства, подобрана оптимальная система очистки, рассмотрены вопросы по безопасности жизнедеятельности и посчитана экономическое обоснование проекта.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики:

- габариты автоматической линии 16330 x 3015 x 5400 мм;
- часовая производительность 5,35 м²/час.

					ПГУ 1.2-08.18.03.01E184 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Проект производственного участка с автоматической линией нанесения цинкового покрытия с последующим фосфатированием стальных деталей, производительностью 20000м ² /год	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кожоева К.К.		04.06.18				130
Провер.		Наумов Л.В.		04.06.18				
Т.контр.				05.06.18		Каф. ТОМ, гр.22MX1		
Н.контр.		Миронычев Н.А.		05.06.18				
Утв.		Зверовщиков А.Е.		05.06.18				

8 Особые требования по выполнению разделов

8.1 По конструированию оборудования гальванического цеха

При проектировании оборудования производственного участка предусмотреть использование унифицированных деталей и изделий с использованием автоматизации процесса нанесения покрытия.

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.

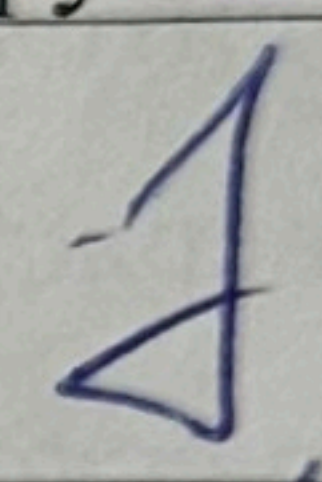
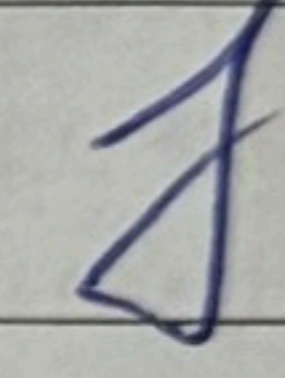
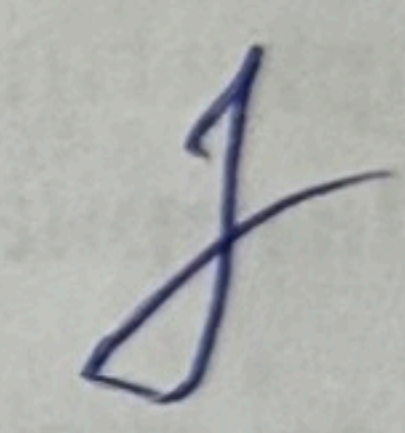
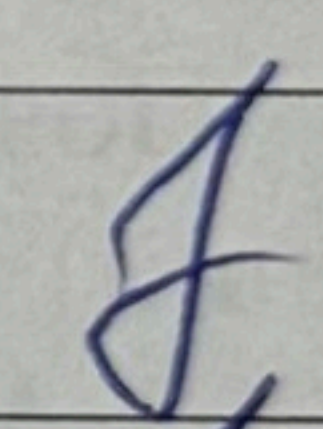
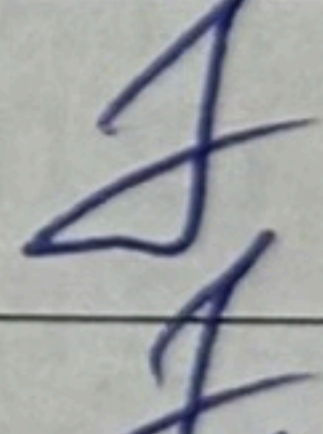
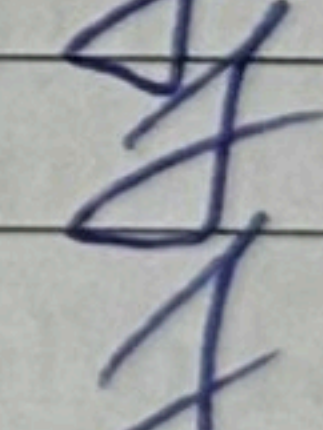
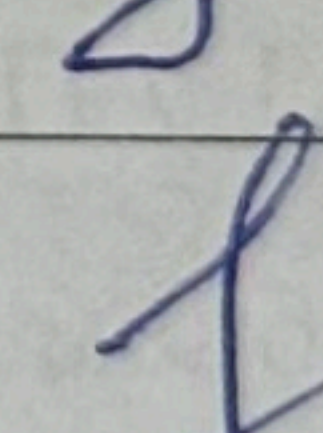
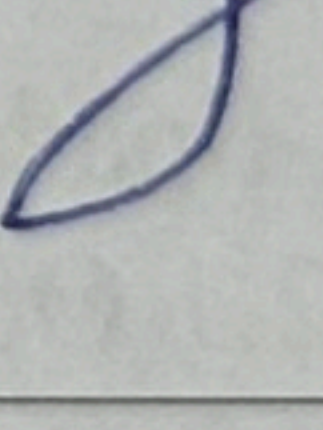
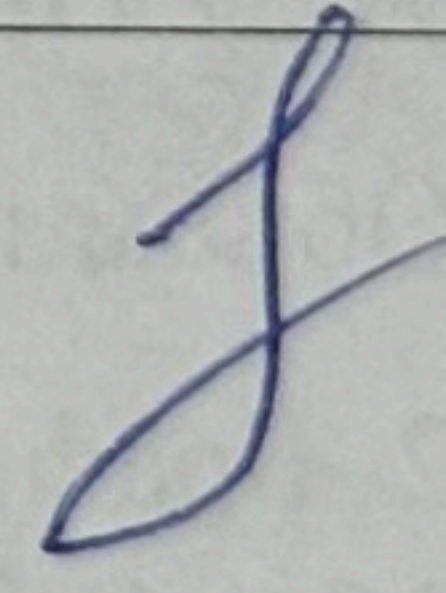
8.3 По технико-экономическому обоснованию проектных решений

Выполнить технико-экономическое обоснование проекта.

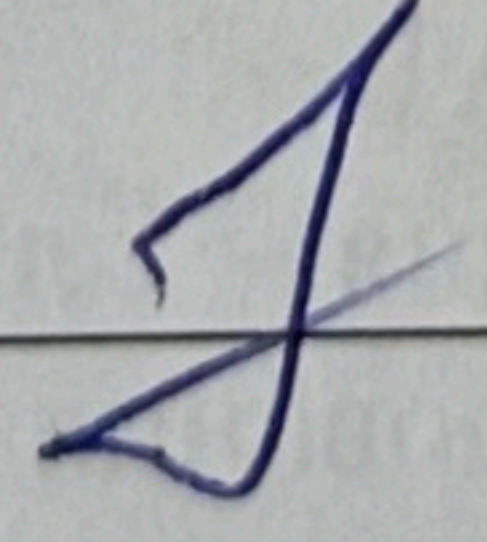
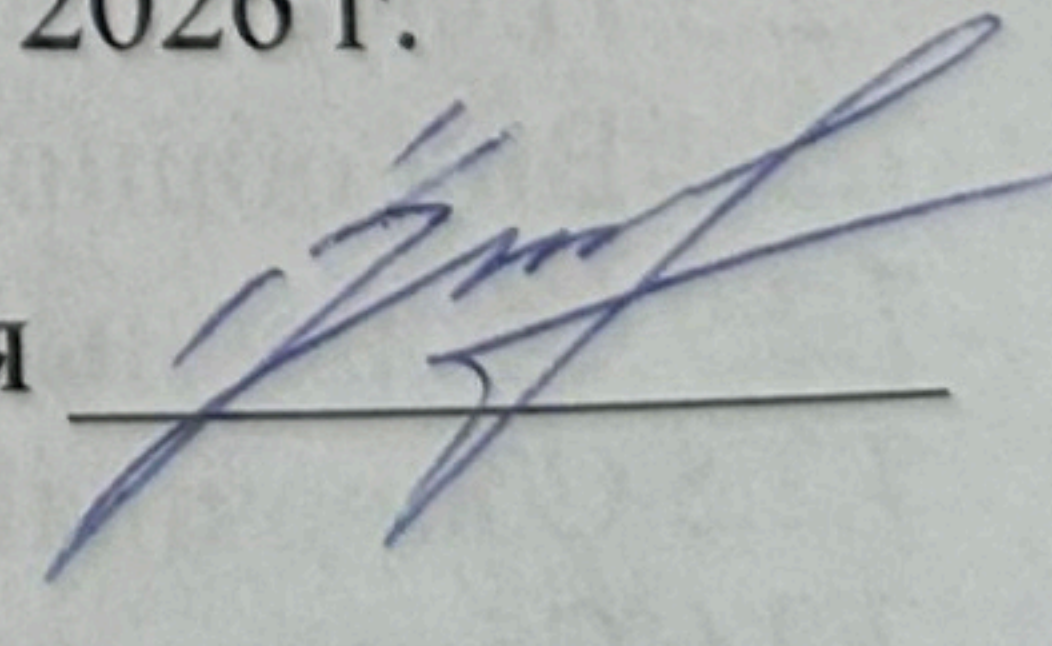
8.4. По организации безопасных условий труда

Разработать правила техники безопасности при работе в цехах гальванопокрытий.

9 Календарный график выполнения квалификационной работы

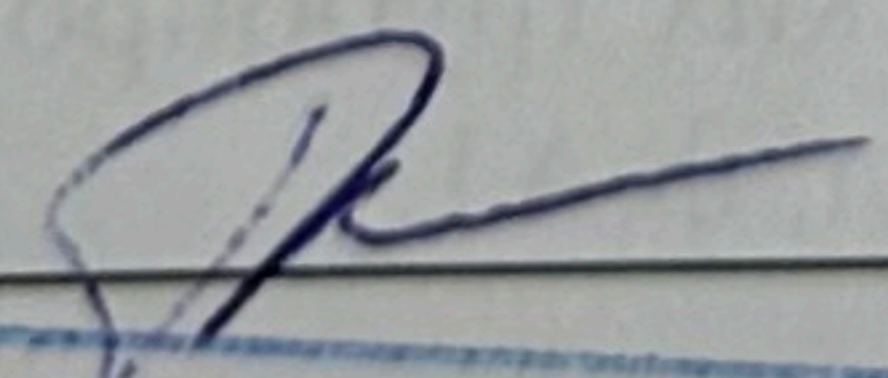
Наименование работы	Объем работы, %	Срок выполнения	Подпись руководителя
Анализ назначения и характеристик гальванических покрытий и составов растворов	5	04.06...06.06.2026	
Разработка технологического процесса нанесения покрытия	10	07.06....09.06.2026	
Выбор оборудования; расчеты параметров автооператорной линии, источников тока, технологических режимов, конструкторские расчеты размеров ванн, подвесок.	10	10.06...12.06.2026	
Автоматизация и контроль параметров технологического процесса	10	13.06...15.06.2026	
Материальные и тепловые расчеты технологического процесса	20	16.06...20.06.2026	
Проектирование участка гальванического цеха	15	21.06...24.06.2026	
Технико-экономическое обоснование проекта	5	25.06...26.06.2026	
Разработка мероприятий по организации безопасных условий труда	5	27.06...28.06.2026	
Оформление пояснительной записки и графической части. Прохождение нормоконтроля. Представление ВКР к защите.	20	29.06...02.07.2026	

Дата выдачи задания 04 июня 2026 г. Задание к исполнению принял 04 июня 2026 г.

Руководитель квалификационной работы  Исполнитель задания 

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан ФПТЭТ,

д.т.н., профессор 

Киреев С.Ю.

ОПОП освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой
«Технологии и оборудование
машиностроения»

д.т.н., профессор Зверовщиков А.Е.

«07» 04 2026 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

1 Студента гр. 22MX1 факультета промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта Политехнического института Кожовой Карлыгач Курсантбековны направления подготовки 18.03.01 Химическая технология, профиль «Технология электрохимических производств».

2 Руководитель квалификационной работы – к.т.н., доцент Наумов Л.В.

3 Время проектирования – с 04.06.2026 по 02.07.2026г.

4 Место производственной практики – кафедра «Технологии и оборудование машиностроения» ПГУ.

5 Тема выпускной квалификационной работы – Проект производственного участка с автоматической линией нанесения цинкового покрытия с последующим фосфатированием стальных деталей, производительностью 20000м²/год

Тема утверждена приказом ПГУ № 0352/0 от 07.04.2026г.

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

6.1 Производительность автоматизированной гальванической линии 20000 м²/год.

6.2 Автоматизированная гальваническая линия предназначена для работы на приборостроительном предприятии.

6.3 Материал детали Сталь 40Х.

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 Технико-экономическое обоснование проекта гальванического участка.

7.1.7 Промышленная экология и безопасность на участке.

Объем пояснительной записки: 100...122 стр.

7.2 Графическая часть (перечень и содержание чертежей, плакатов)

7.2.1 Общий вид детали – 1 л. ф.А2.

7.2.2 Плакат Состав электролитов – 1л. ф.А1 .

7.2.3 Плакат Автооператорная линия – 1л. ф.А1.

7.2.4 Вид общий автооператора – 1 л. ф.А1

7.2.9 Сборочный чертеж ванны цинкования – 1 л. ф.А1.

7.2.5 Сборочный чертеж ванны фосфатирования – 1 л. ф.А1.

7.2.6 Сборочный чертеж приспособления – 1л. ф.А1.

7.2.7 Плакат Принципиальная схема разводки технологических трубопроводов – 1 л. ф. А1.

7.2.8 Плакат Планировка участка гальванического цеха – 1 л. ф.А1.

7.2.10 Плакат Схема очистки сточных вод –1л. ф. А1.

Итого: 8...10 л. ф.А1.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему
**Проект производственного участка с автоматической линией
нанесения цинкового покрытия с последующим
фосфатированием стальных деталей,
производительностью
20000м²/год**

Пояснительная записка

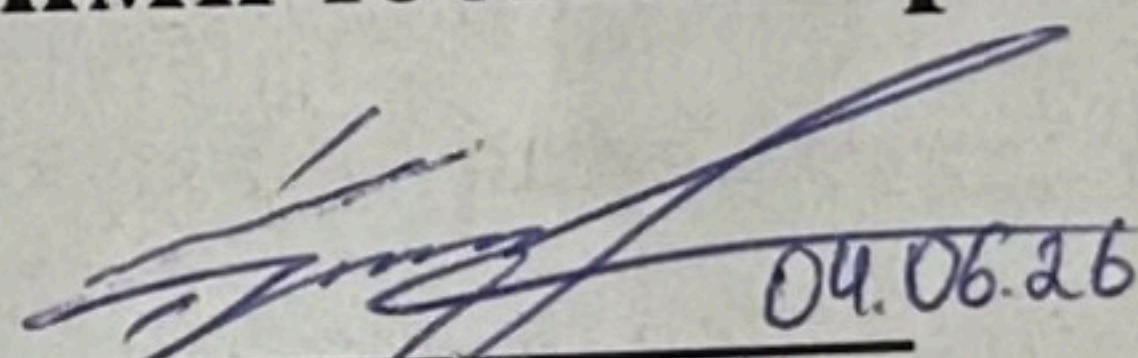
ПГУ 1.2-08.18.03.01.Е184 ПЗ

Квалификация бакалавр

Направление 18.03.01 – Химическая технология

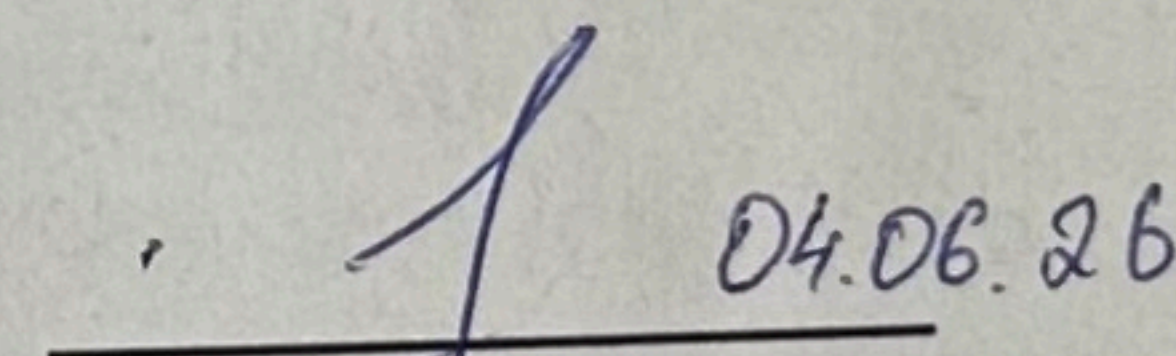
Профиль Технология электрохимических производств

Автор — студент группы 22МХ1


подпись и дата 04.06.26

Кожоева К.К.
инициалы, фамилия

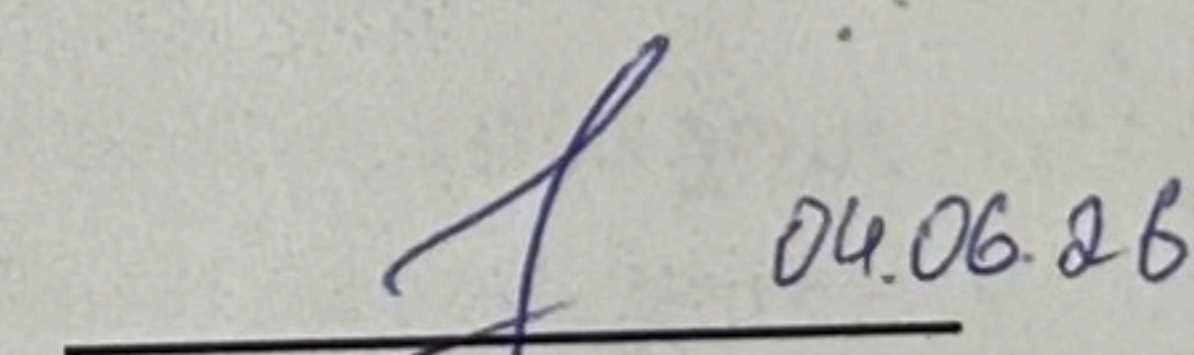
Руководитель:


подпись и дата 04.06.26

Наумов Л.В.
инициалы, фамилия

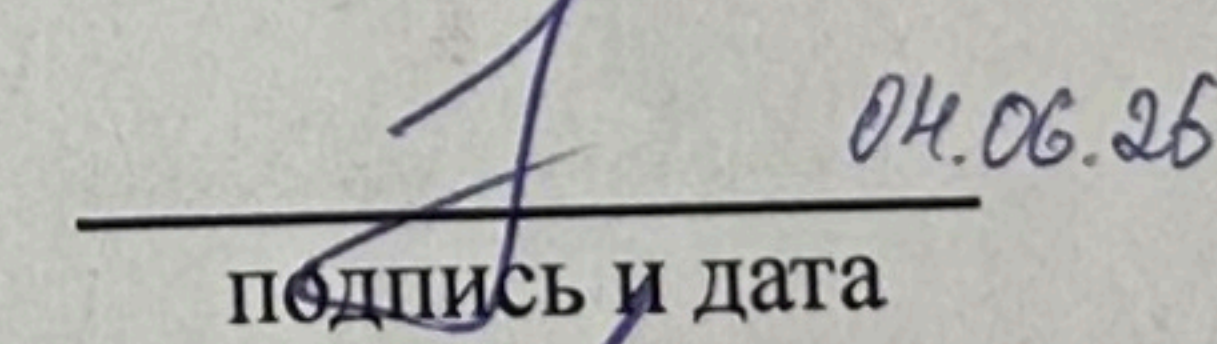
Консультанты:

по конструированию и технологиям


подпись и дата 04.06.26

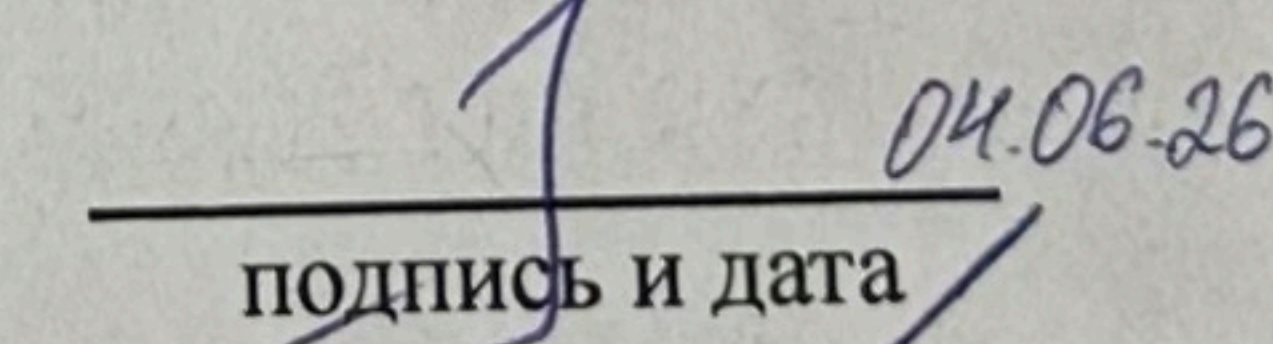
Наумов Л.В.
инициалы, фамилия

по экономике


подпись и дата 04.06.26

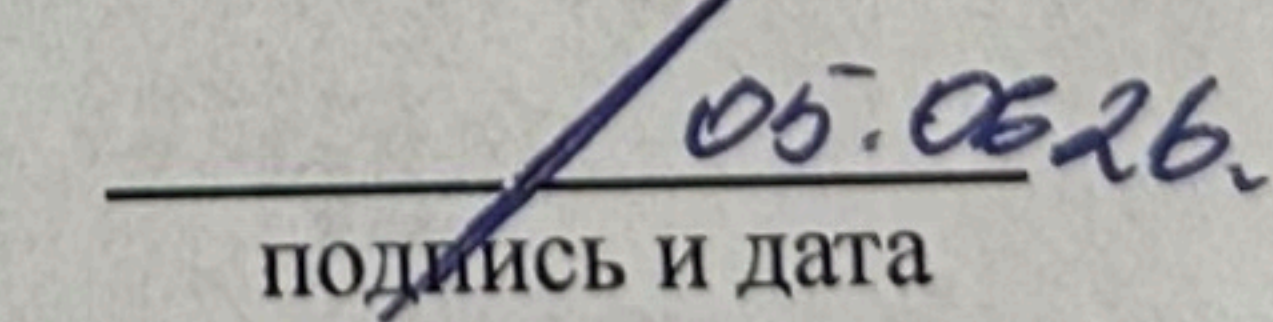
Наумов Л.В.
инициалы, фамилия

по безопасности жизнедеятельности


подпись и дата 04.06.26

Наумов Л.В.
инициалы, фамилия

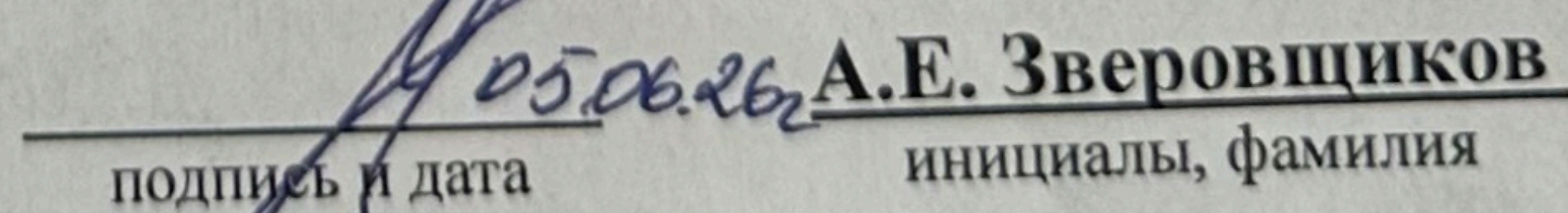
Нормоконтролер:


подпись и дата 05.06.26

Миронычев Н.А.
инициалы, фамилия

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

Заведующий кафедрой

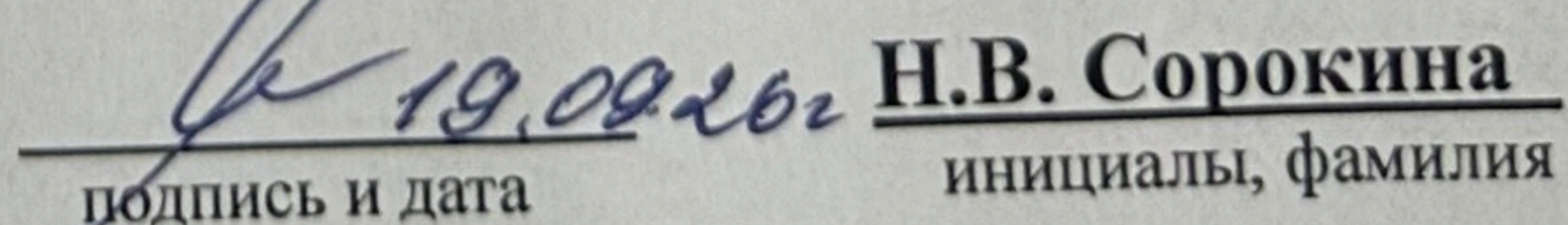

подпись и дата 05.06.26

А.Е. Зверовщиков
инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой

(протокол ГЭК от 19.09.2026 № 5)

Секретарь ГЭК


подпись и дата 19.09.26

Н.В. Сорокина
инициалы, фамилия