

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему
«Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки деталей
в камерных устройствах»

ПГУ 2.1 – 05.15.04.05.M089 ПЗ

Квалификация: магистр
Направление: 15.04.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных
производств
Профиль: Технология машиностроения

Автор: студент группы 233ММм1

05.02.26
подпись и дата

А.С. Кузнецов
инициалы, фамилия

Руководитель:

05.02.26
подпись и дата

Е.В. Зотов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер:

05.02.26
подпись и дата

Н.В. Сорокина
инициалы, фамилия

Рецензент:

ФГБОУ ВО «ПензГТУ», кафедра ТМС

05.02.26
подпись и дата

В.В. Голубовский
инициалы, фамилия

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от
06.02.2026, № 7)

Заведующий кафедрой

06.02.26
подпись и дата

А.Е. Зверовщиков
инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой хорошо (протокол ГЭК от
17.02.2026, № 3)

Секретарь ГЭК

17.02.2026
подпись и дата

Н.В. Сорокина
инициалы, фамилия

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой, д.т.н., профессор
Зверовников А.Е.
20.01.2026 г.

ЗАДАНИЕ на выпускную квалификационную работу магистра

Студент гр.233МММ1 Политехнического института ПГУ Кузнецов Александр Сергеевич,
направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств, программа "Технология машиностроения"

- 1 Руководитель ВКР : к.т.н., доцент Зотов Е.В.
- 2 Время работы над ВКР: с 26.01.2026 г. по 21.02.2026 г.
- 3 Место преддипломной практики: кафедра «ТОМ» ПГУ.

Тема ВКР (диссертации): «Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах.»

Тема утверждена приказами № 1197/о от 27 ноября 2023г. И №15а/о от 12.01.2024 г.

Исходные данные для выполнения ВКР (диссертации)

3.1 Тема предложена кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения» Пензенского государственного университета, г. Пенза.

3.2 В выпускной квалификационной работе рассмотреть вопросы повышения производительности финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах на примере центробежно-планетарной обработки путём анализа движения рабочей загрузки, численного моделирования процесса методом дискретных элементов и обоснования рациональных технологических режимов обработки.

4 Объем и содержание ВКР (диссертации)

4.1 Текстовая часть

4.1.1 Анализ априорной информации по теме финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах, включая обзор существующих методов отделочно-зачистной обработки и особенностей центробежно-планетарной обработки.

4.1.2 Численное исследование процесса центробежно-планетарной обработки методом дискретных элементов с использованием программного обеспечения ANSYS Rocky DEM. Анализ движения рабочей загрузки, оценка интенсивности контактного взаимодействия и разработка математической модели для обоснования рациональных технологических режимов обработки.

4.1.3 Практическая реализация результатов исследований, включающая разработку конструктивной реализации центробежно-планетарной установки и рекомендации по использованию результатов численного моделирования при выборе конструктивных параметров и технологических режимов.

4.1.4 Техничко-экономическое обоснование принятых проектных и технологических решений.

4.1.5 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда при эксплуатации центробежно-планетарных установок и выполнении операций финишной абразивной обработки деталей.

4.2 Иллюстративный материал к защите ВКР

4.2.1 Особенности процесса финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах на примере центробежно-планетарной обработки.

4.2.2 Цель и задачи выпускной квалификационной работы.

4.2.3 Методика численного исследования процесса центробежно-планетарной обработки методом дискретных элементов с использованием программного обеспечения ANSYS Rocky

ЕМ (принятая расчётная схема, исходные предпосылки моделирования, критерии оценки интенсивности обработки).

4.2.4 Основные результаты численного моделирования и их анализ (влияние технологических параметров на интенсивность контактного взаимодействия, выявленные закономерности).

4.2.5 Практическая реализация результатов исследования (трёхмерная модель центробежно-планетарной установки, примеры использования результатов моделирования при выборе конструктивных параметров и технологических режимов).

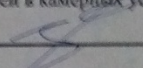
4.2.6 Основные выводы и результаты выпускной квалификационной работы.

Итого: не менее 6 листов, ф.А1

5 Консультанты и содержание дополнительных разделов.

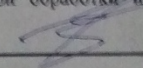
5.1 По технологическо-конструкторскому обеспечению.

Анализ конструктивных и технологических особенностей центробежно-планетарной установки, разработка и анализ трёхмерной модели установки, обоснование конструктивных решений и возможностей их использования для выполнения операций финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах.

Консультант  Е.В. Зотов

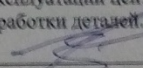
5.2 По технико-экономическому анализу эффективности работы

Расчёт технико-экономических показателей предлагаемых проектных и технологических решений. Оценка экономической эффективности применения центробежно-планетарной обработки и результатов численного моделирования при технологической подготовке производства.

Консультант  Е.В. Зотов

5.3 По безопасности жизнедеятельности деятельности

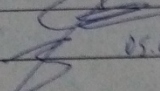
Разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда при эксплуатации центробежно-планетарных установок и выполнении операций финишной абразивной обработки деталей.

Консультант  Е.В. Зотов

5 Календарный график выполнения ВКР магистра

Наименование работы	Объем работы в %	Срок выполнения
1. Обоснование актуальности темы НИР	5	28.01.2026
2. Аналитический обзор литературных источников и производственных данных	10	29.01.2026
3. Определение объекта и предмета исследования. Цель и задачи исследования	5	01.02.2026
4. Разработка методики, проведение исследования, выполнение разделов ВКР, анализ и представление результатов	50	02.02.2026
5. Основные результаты и выводы.	15	10.02.2026
6. Подготовка диссертации к защите	15	
6.1 Оформление и представление диссертации и графических материалов на проверку руководителю		13.02.2026
6.2 Направление диссертации на рецензирование		14.02.2026
6.3 Подготовка доклада и представление диссертации к защите		15.02.2026
Защита диссертации на заседании ГЭК		По графику защит на кафедре

Руководитель ВКР

 05.02.26 Е.В. Зотов

Задание к исполнению принял 26.01.2026 г.

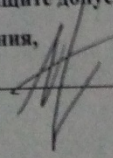
Исполнитель: магистрант гр. 233ММм1

 05.02.26 А.С. Кузнецов

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Зам. директора ПИ по заочной форме обучения,

д.т.н., профессор

 А.Н. Литвинов

РЕФЕРАТ

Кузнецов А.С. Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах.

Пояснительная записка включает в себя: 123 страниц, 44 рисунков, 14 таблиц, 26 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: КАМЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА, ЦЕНТРОБЕЖНАЯ ОБРАБОТКА, ГРАНУЛИРОВАННЫЕ РАБОЧИЕ СРЕДЫ, ИССЛЕДОВАНИЕ, ДИНАМИКА, ANSYS ROCKY, МОДЕЛИРОВАНИЕ.

В выпускной квалификационной работе рассматривается повышение эффективности финишной абразивной обработки в камерных устройствах на основе моделирования движения рабочей загрузки в программе конечно-элементного анализа ANSYS Rocky DEM.

Объект исследования – технологическая операция центробежной объемной обработки в контейнерах с планетарным вращением различными гранулированными абразивными средами.

Цель работы – повышение производительности финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах путем обоснования рациональных технологических режимов обработки, обеспечивающих интенсификацию движения гранулированной рабочей среды.

В выпускной квалификационной работе приведен обзор и анализ методов финишной абразивной обработки деталей, применяемых в машиностроении, рассмотрены их основные достоинства и ограничения. В качестве объекта углубленного исследования выбран способ

					ПГУ 2.1-05.15.04.05.M089 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузнецов А.С.	<i>А.С. Кузнецов</i>	05.02.26	Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах.		
Провер.		Зотов Е.В.	<i>Е.В. Зотов</i>	05.02.26			
Н. Контр.		Сорокина Н.В.	<i>Н.В. Сорокина</i>	05.02.26	Кафедра «ТОМ» Гр.233ММм1		
Утверд.		Зверовщиков А.Е.	<i>А.Е. Зверовщиков</i>	05.02.26			

Лист	Всего	Лист	Обозначение	Наименование	Лист	Примечание
				Документация		
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 ТЗ	Задание на ВКР	2	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 ПЗ	Пояснительная записка	123	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 ВР	Ведомость работы	1	
				Документация графическая		
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /11	Обзор основных способов объёмной обработки	1	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /12	Метод дискретных элементов	1	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /13	Методика проведения численного эксперимента	1	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /14	Результаты численного моделирования	1	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /15	Разработка математической модели	1	
11			ПТУ 21-05.15.04.05.M089 /16	Практическая реализация результатов исследования	1	
ПТУ 2.1-05.15.04.05.M089 ВР				Ведомость ВКР		
Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Лист	Лист
Разраб.	Кузнецов А.С.	05.02.25		В	К	Р
Проф.	Зотов Е.В.	05.02.26		1	1	1
Исполн.	Сорокина Н.В.	05.02.26		Кафедра "ТОМ", гр.233МММ1		
Упроб.	Зверовицкий А.С.			Формат А4		
Копировал						

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

О Т З Ы В
на выпускную квалификационную работу магистра

Кузнецова Александра Сергеевича

Тема: «Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах».

Выпускная квалификационная работа (ВКР) магистранта Кузнецова А.С. выполнена на актуальную тему, связанную с технологическим обеспечением финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах на примере центробежно-планетарной обработки.

ВКР выполнена согласно заданию и содержит пояснительную записку на 123 листах формата А4, а также иллюстративный материал. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Во время работы над ВКР автором опубликована 1 публикация. Апробация работы также прошла на конференции профессорско-преподавательского состава Пензенского государственного университета в октябре 2025 г.

В работе проведен анализ существующих способов объемной отделочно-зачистной обработки, выполнено численное моделирование процесса движения гранулированной рабочей среды методом дискретных элементов с использованием программного обеспечения ANSYS Rocky DEM. На основе результатов двухфакторного численного эксперимента исследовано влияние частоты вращения контейнера и коэффициента заполнения рабочей камеры на интенсивность контактного взаимодействия, выявлены рациональные режимы обработки. Разработана математическая модель, описывающая выявленные закономерности, и выполнена ее верификация по результатам моделирования.

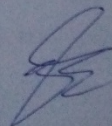
Работа отличается логичной структурой, последовательностью изложения и корректным применением современных методов численного анализа. Полученные результаты согласуются с данными, представленными в научной литературе, и могут быть использованы при проектировании технологических процессов и оборудования для центробежно-планетарной обработки деталей.

В процессе выполнения диссертации магистрант проявил самостоятельность, умение анализировать полученные данные и обосновывать выводы.

Материалы ВКР прошли проверку по программе «Антиплагиат», результаты проверки: оригинальность составила 77,3%, что соответствует нормативным требованиям.

Считаю, что работа автора заслуживает оценки «хорошо» и может быть допущен к защите в ГЭК, а ее автор, КУЗНЕЦОВ А.С., заслуживает присвоения квалификации магистра по направлению подготовки 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Руководитель ВКР
к.т.н., доцент



Е.В. Зотов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»
РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу
Кузнецова Александра Сергеевича
Тема работы: «Технологическое обеспечение финишной абразивной обработки
деталей в камерных устройствах».

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) Кузнецова А.С. посвящена актуальной научно-практической задаче повышения эффективности финишной абразивной обработки деталей в камерных устройствах на примере центробежно-планетарной обработки.

Материал Кузнецова А.С., представленный в выпускной квалификационной работе, логически структурирован, изложен научным стилем. Объем выпускной квалификационной работы составляет 123 страниц, 44 рисунков и 14 таблиц.

Работа выполнена на современном научно-техническом уровне, отличается логичной структурой и последовательным изложением материала. В диссертации приведен анализ литературных источников, рассмотрены особенности центробежно-планетарной обработки, выполнено численное моделирование процесса методом дискретных элементов, а также рассмотрены вопросы практической реализации, технико-экономической эффективности и безопасных условий работы на центробежной установке.

Актуальность темы работы обусловлена необходимостью повышения производительности и стабильности формирования качественных характеристик поверхности деталей при финишной абразивной обработке, а также ограниченными возможностями традиционных эмпирических подходов к выбору технологических режимов. Применение численного моделирования методом дискретных элементов для анализа процессов центробежно-планетарной обработки является современным и обоснованным решением поставленной задачи.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности использования полученных результатов при выборе рациональных технологических режимов финишной абразивной обработки и при проектировании центробежно-планетарных установок. Представленная трехмерная модель установки демонстрирует возможность практической реализации результатов исследования и может служить основой для дальнейшей конструкторской проработки.

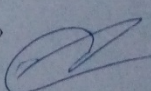
В качестве замечаний можно отметить следующее:

1) В работе не рассмотрено влияние геометрических параметров гранулированной рабочей среды на интенсивность контактных взаимодействий, что могло бы расширить область практического применения предложенного подхода.

2) Представленная математическая модель ориентирована на анализ установившихся режимов движения рабочей загрузки. Перспективным направлением дальнейших исследований может являться расширение модели с учетом переходных процессов и более сложных кинематических схем движения контейнеров.

В целом, по актуальности работа автора отвечает требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам. Считаю, что ВКР заслуживает оценки «хорошо», а Кузнецов Александр Сергеевич присвоения квалификации магистра по направлению подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Рецензент:
доцент кафедры ТМС ФГБОУ ВО «ПензГТУ»
к.т.н., доцент

 В.В. Голубовский