

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Факультет машиностроения и транспорта  
Кафедра «Технологии машиностроения»

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему  
Совершенствование технологии размола твердых сплавов с  
разработкой конструкции центробежно-планетарной установки  
на базе CAD/CAM/CAE программ

Магистерская диссертация

Квалификация магистр

Направление 15.04.05 — Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных  
производств

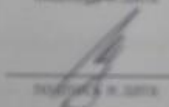
Профиль Технология машиностроения

Автор — студент группы 16ММм1

  
подпись и дата

Сухов В.Н.  
инициалы, фамилия

Руководитель:

  
подпись и дата

Зверовский А.Е.  
инициалы, фамилия

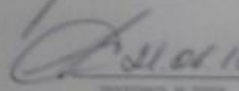
Нормоконтролер:

  
подпись и дата

Миронычев Н.А.  
инициалы, фамилия

Рецензент:

Наименование организации

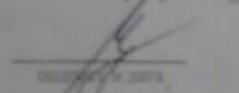
  
подпись и дата

Галубовский В.В.  
инициалы, фамилия

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 21.05.18, № 9)

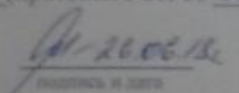
Заведующий кафедрой

  
подпись и дата

А.Е. Зверовский  
инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой отлично (протокол ГЭК от 26.06.2018 № 5)

Секретарь ГЭК

  
подпись и дата

Н.В. Сорокина  
инициалы, фамилия

7. Консультации и сопровождение диссертационных работ

7.1. По конструкции устройств

Разработка принципиальной схемы электрооборудования установки для резки

Консультант А.Е. Заремский

7.2. По технологиям

Технологические методы изготовления базовых деталей машинных инструментов

Консультант А.Е. Заремский

7.3. По технико-экономическому анализу эффективности работы

Описание функционирования опытного производства лезвий

Консультант А.Е. Заремский

7.4. По безопасности жизнедеятельности деятельности

Разработка мер БЖД при работе с переносными инструментами

Консультант А.Е. Заремский

8. Календарный график выполнения диссертации

| Наименование работы                                                                                                   | Объем работы в % | Срок выполнения              | Подпись ответственного |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 1. Обоснование актуальности темы НИР                                                                                  | 5                | 23.05.2018                   | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 2. Аналитический обзор литературных и патентных источников                                                            | 10               | 26.05.2018                   | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 3. Определение объекта и предмета исследования. Цель и задачи                                                         | 5                | 29.05.2018                   | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 4. Методика исследования, описание процесса и принципиальные схемы. Анализ результатов и их графическое представление | 50               | 4.06.2018                    | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 5. Основные результаты и выводы. Подготовка автореферата                                                              | 20               | 8.06.2018                    | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 6. Подготовка диссертации к защите                                                                                    | 10               |                              |                        |
| 6.1 Оформление и представление диссертации и графических материалов на проверку руководителю                          |                  | 9.06.2018                    | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 6.2 Направление диссертации на рецензирование                                                                         |                  | 10.06.2018                   | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| 6.3 Подготовка доклада и представление диссертации к защите                                                           |                  | 13.06.2018                   | <u>А.Е. Заремский</u>  |
| Защита диссертации на заседании ГЭК                                                                                   |                  | По графику защиты на кафедре |                        |

Руководитель диссертации А.Е. Заремский

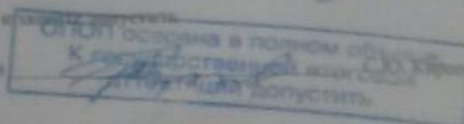
Защита и исполнено приказом от 22.05.2018

Исполнитель: магистрант (гр. 16ММб)

В.Н. Сунин

Магистерскую диссертацию рассмотреть

Докл. ФМТ д.т.н., профессор



УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой, д.т.н., профессор  
Зинковский А.Е.  
\_\_\_\_\_  
догов.

### ЗАДАНИЕ на магистерскую диссертацию

Студент гр.1804ММ1 факультета Машиностроения и транспорта перешел на обучение 15.04.18 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Студент Владимир Николаевич

1. Руководитель диссертации: профессор, д.т.н. Зинковский А.Е.
2. Время работы над диссертацией: с 4 июня по 1 июля 2018 года.
3. Место работы: кафедра «Технология машиностроения» ПТУ г. Пензы.
4. Тема диссертации: «Совершенствование технологии разлома твердых сплавов с разработкой конструкции центробежно-планетарной установки на базе CAD/CAM/CAE программ».

#### 5. Исходные данные для выполнения диссертации

- 5.1. Тема предложена кафедрой «Технология машиностроения» Пензенского государственного университета г. Пенза.
- 5.2. В работе применяются приемы автоматизации технологической операции разлома.

#### 6. Объем и содержание диссертации

##### 6.1. Текстовая часть

- 6.1.1. Аналитический обзор методов получения разлома твердых сплавов.
- 6.1.2. Анализ конструкции центробежно-планетарной установки.
- 6.1.3. Разработка принципиальной схемы центробежно-планетарной установки для разлома.
- 6.1.4. Разработка конструкции устройства для автоматизированного закрывания крышки и герметизации контейнера центробежно-планетарной установки.
- 6.1.5. Планирование и проведение экспериментальных исследований по разлому материала.
- 6.1.6. Разработка технологии изготовления базовой детали устройства для автоматизированного закрывания крышки и герметизации контейнера центробежно-планетарной установки.
- 6.1.7. Описание финансовой модели опытного производства порошков.
- 6.1.8. Разработка мер БЖД при работе с порошковым материалом.

##### 6.2. Графическая часть

- 6.2.1. Классификация методов разлома и обзор конструкции ЦПУ.
- 6.2.2. Принципиальная схема установки.
- 6.2.3. Конструкция плиты/подпы контейнера.
- 6.2.4. Конструкция станины в сборе.
- 6.2.5. Конструкция крышки для автоматизированного закрывания.
- 6.2.6. Исследование прочностных характеристик крышки контейнера ЦПУ.
- 6.2.7. Результаты экспериментальных исследований разлома карбидных порошков.
- 6.2.8. Чертеж детали и готовой.
- 6.2.9. Технологические задания изготовления базовой детали механизма закрывания.

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3 Определение типа производства .....                                                         | 74  |
| 6.4 Проектирование заготовки. Определение размеров. Экономический анализ .....                  | 79  |
| 6.5 Разработка маршрутной технологии обработки детали .....                                     | 86  |
| 6.6 Выбор и обоснование технологических баз на операции механической обработки .....            | 87  |
| 6.7 Определение припусков расчетно-аналитическим или интегрально-аналитическим методом .....    | 88  |
| 6.8 Проектирование операционной технологии .....                                                | 92  |
| 6.8.1 Выбор станков, инструмента, средств измерения и технологического оснащения .....          | 92  |
| 6.8.2 Выбор режимов резания на основные и наиболее ответственные операции .....                 | 96  |
| 6.8.3 Расчет технических норм времени .....                                                     | 104 |
| 6.8.4 Расчет точности обработки (суммарной погрешности) на чистовые или финишные операции ..... | 110 |
| Глава 7 Описание финансовой модели опытного производства порошка .....                          | 114 |
| Глава 8 Разработка мер БЖД при работе с абразивными материалами. .                              | 129 |
| Заключение .....                                                                                | 132 |
| Список использованных источников .....                                                          | 134 |
| Приложение А (обязательное). Технологическая документация. ....                                 | 138 |
| Приложение Б (обязательное). Спецификации .....                                                 | 139 |
| Приложение В (обязательное). Ведомость ВКР .....                                                | 140 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3 Определение типа производства .....                                                         | 74  |
| 6.4 Проектирование заготовки. Определение размеров. Экономический анализ .....                  | 79  |
| 6.5 Разработка маршрутной технологии обработки детали .....                                     | 86  |
| 6.6 Выбор и обоснование технологических баз на операции механической обработки .....            | 87  |
| 6.7 Определение припусков расчетно-аналитическим или интегрально-аналитическим методом .....    | 88  |
| 6.8 Проектирование операционной технологии .....                                                | 92  |
| 6.8.1 Выбор станков, инструмента, средств измерения и технологического оснащения .....          | 92  |
| 6.8.2 Выбор режимов резания на основные и наиболее ответственные операции .....                 | 96  |
| 6.8.3 Расчет технических норм времени .....                                                     | 104 |
| 6.8.4 Расчет точности обработки (суммарной погрешности) на чистовые или финишные операции ..... | 110 |
| Глава 7 Описание финансовой модели опытного производства порошка .....                          | 114 |
| Глава 8 Разработка мер БЖД при работе с абразивными материалами. .                              | 129 |
| Заключение .....                                                                                | 132 |
| Список использованных источников .....                                                          | 134 |
| Приложение А (обязательное). Технологическая документация. ....                                 | 138 |
| Приложение Б (обязательное). Спецификации .....                                                 | 139 |
| Приложение В (обязательное). Ведомость ВКР .....                                                | 140 |

РЕФЕРАТ

Сухов В. Н. Совершенствование технологии размол твердых сплавов с разработкой конструкции центробежно-планетарной установки на базе CAD/CAM/CAE программ

Пояснительная записка содержит 135 листов, 33 рисунка, 51 таблиц, 35 использованных источников

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТВЕРДЫЙ СПЛАВ, РАЗМОЛ, НАНОПОРОШКИ, ЦЕНТРОБЕЖНО-ПЛАНЕТАРНАЯ УСТАНОВКА, РАЗМОЛЬНЫЕ ТЕЛА, РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ЗАГРУЗКИ, УТЯЖЕЛЕНИЕ, КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, МНОГОФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ.

Доказана актуальность применения метода механического размол для получения порошков твердых сплавов. Обоснованы преимущества центробежно-планетарных установок для размол керамических материалов. Проведен анализ конструкций существующих центробежно-планетарных установок и предложена принципиальная схема установки для размол твердых сплавов. Проведены экспериментальные исследования и получены математические модели влияния на качественные характеристики порошков основных технологических факторов. Разработаны конструкции несущей станины, планшайбы установки и крышки контейнера для автоматизации технологической операции ЦПУ, выполнен прочностной анализ корпуса крышки контейнера методом конечных элементов. Разработана технология изготовления штока, базовой детали устройства для автоматизированного закрепления крышки и герметизации контейнера центробежно-планетарной установки. Выполнено описание исходных данных и структуры финансовой модели опытного производства размол твердого сплава. Разработаны меры безопасности при работе с порошковым материалом

#### Список использованных источников

1. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделия из них: учебное пособие для вузов / Панов В.С., Чувилин А.М. – М.: МИСИС, 2001 – 428 с.
2. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки. – Введ. 1976-01.01. – М: Изд-во стандартов. 1975. – 11 с.
3. Бушуев Л. П., О движении загрузки в барабанах планетарной центробежной мельницы. Изв. АН СССР, ОТН, Механика и машиностроение, 1961, №1.
4. Бушуев Л. П., Об относительном движении свободной частицы в камере планетарной центробежной мельницы, «Известия вузов. Машиностроение», 1961, №2.
5. Бушуев Л. П., Об аналогии между движением массива частиц в шаровой и планетарной центробежной мельницах. Изв. АН СССР, ОТН, Механика и машиностроение, 1959, №4.
6. Голосов С. И., Центробежные шаровые мельницы для тонкого помола вязущих материалов. Углетехиздат, 1959.
7. Бушуев Л. П., Экспериментальное исследование и вопросы теории планетарных центробежных мельниц. Научн. Докл. Высш. Школы – Горное дело, 1959, №2.
8. Зверовщиков А. Е. Разработка технологии объемной обработки деталей в контейнерах с планетарным вращением при переносном движении водила [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук. – Пенза, 1991. – 22 с.
9. Сергиев, А. П. Разработка и внедрение прогрессивных методов финишной обработки деталей и изделий на предприятиях отрасли [Текст] / А. П. Сергиев. – Ижевск, 1969. – 133 с.

## Содержание

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                                                          | 7  |
| Глава 1 Обзор методов получения размыла твердых сплавов.....                                                                                                                           | 10 |
| Глава 2 Анализ конструкции центробежно-планетарной установки.....                                                                                                                      | 21 |
| Глава 3 Разработка принципиальной схемы центробежно-планетарной<br>установки для размыла керамических заготовок.....                                                                   | 26 |
| Глава 4 Разработка конструкции крышки для автоматизированного<br>обслуживания установки.....                                                                                           | 34 |
| 4.1 Определение сил действующих на крышку во время работы, а также об-<br>структивных параметров.....                                                                                  | 34 |
| 4.2 Техническое описание конструкции и принципа работы<br>приспособления.....                                                                                                          | 39 |
| Глава 5 Планирование и проведение экспериментальных исследований по<br>размылу материалов.....                                                                                         | 41 |
| 5.1 Предварительная оценка эмпирического материала.....                                                                                                                                | 41 |
| 5.2 Предварительные опыты по эмпирике.....                                                                                                                                             | 43 |
| 5.3 Проведение опытов. Обработка полученных данных. Построение<br>математических моделей.....                                                                                          | 49 |
| 5.5 Планирование многофакторного эксперимента по тонкому размылу.....                                                                                                                  | 61 |
| Глава 6 Разработка технологии изготовления базовой детали устройство для<br>автоматизированного закрепления крышки и перемещения контейнера<br>центробежно- планетарной установки..... | 68 |
| 6.1 Служебные назначения и технические требования на деталь (детали) по<br>чертежу и условиям эксплуатации.....                                                                        | 70 |
| 6.2 Анализ технологичности конструкции детали.....                                                                                                                                     | 70 |

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Конструкция планшайбы и станины центробежно-планетарной установки.
2. Конструкция крышки контейнера устройства для автоматизированного обслуживания установки
3. Результаты исследования влияния основных факторов процесса размола: времени, размера размольных тел, процентного заполнения контейнера на дисперсность и фракционную однородность получаемого порошка;

По теме диссертации опубликовано 3 статьи.

Получен патент устройства для автоматизированного обслуживания установки.

Научные результаты, составляющие основное содержание магистерской диссертации, получены лично автором. Соавторы не возражают против использования в диссертации результатов совместных работ.