

Министерство образования Республики Беларусь

УО «ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(УО «ПГУ»)

УДК 621.01/04

№ госрегистрации 20112372

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе,

\_\_\_\_\_ Д.О. Глухов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по заданию 2611 «Исследование влияние параметров и характеристик процесса высокоскоростного фрезерования на качество и точность сферических поверхностей деталей»

(заключительный)

Начальник НИС

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_ А.А. Бакатович

Руководитель темы

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_ Н.Н. Попок

Новополоцк, 2012

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы,  
главный научный сотрудник, д.т.н.

Н.Н. Попок  
(введение, разделы 3, 6,  
заключение)

Ответственный исполнитель,  
младший научный сотрудник

Р.С. Хмельницкий  
(разделы 1, 2, 3, 4, 5, 6)

Нормоконтроль

В.Ф. Кулеш

## РЕФЕРАТ

Отчет: 72 стр., 40 рис., 20 табл., 33 исп. источника.

Сферическая поверхность, высокоскоростная обработка, режущий инструмент, блочно-модульный инструмент, фреза, станок.

**Объект исследования** — технология высокоскоростного фрезерования сферических поверхностей деталей.

**Цель работы** — повышение производительности обработки, точности и качества сферических поверхностей деталей.

**Метод исследования** — аналитический, экспериментальный.

**Результат работы** — разработана конструкция фрезы для высокоскоростной обработки сферических поверхностей, проведены исследования процесса резания и предварительные испытания фрезы.

**Степень внедрения** – результаты работы используются в учебном процессе УО «Полоцкий государственный университет» на кафедре «Технология и оборудование машиностроительного производства».

**Область применения** — машиностроительные предприятия Республики Беларусь.

**Экономическая эффективность** – снижение себестоимости обработки деталей со сферическими поверхностями за счет сокращения времени обработки при одновременном повышении ее качества.

**Прогнозные предложения о развитии объекта исследования** – необходима дальнейшая работа над проектированием специального станка и оснастки для высокоскоростной обработки сферических поверхностей в условиях мелкосерийного и единичного производств, также планируется дальнейшее проведение экспериментальных исследований по высокоскоростной обработке.

## СОДЕРЖАНИЕ

	С.
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ТЕМЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	6
1.1 Обзор исследований по высокоскоростной обработке материалов резанием .....	6
1.2 Анализ процессов при обработке поверхностей деталей с высокими скоростями резания .....	11
1.3 Анализ способов механической обработки наружной поверхности сферы.....	14
2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ....	19
2.1 Разработка конструктивных схем многофункциональных режущих инструментов для обработки сферических поверхностей .....	19
2.2 Описание процесса высокоскоростного фрезерования сферических поверхностей.....	22
2.3 Разработка конструкций фрез для высокоскоростной обработки наружных сферических поверхностей.....	26
3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА .....	29
3.1 Методика проведения экспериментальных исследований, оборудование и аппаратура.....	29
3.2 Методика исследования деформации срезаемого слоя.....	29
3.3 Методика исследования температуры резания.....	30
4 ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	33
4.1 Сравнение производительности способов механической обработки сферических поверхностей .	33
4.2 Анализ изменения геометрических параметров лезвия инструмента в процессе высокоскоростного фрезерования сферических поверхностей .....	34
4.3 Исследование геометрических характеристик срезаемого слоя и площадок контакта.....	38
4.4 Исследование напряженно-деформированного состояния блока резцового .....	43
4.5 Теоретическое исследование температуры в обрабатываемой заготовке при охватывающем фрезеровании .....	45
4.6 Исследование качества обработанной поверхности .....	49
4.7 Экспериментальное исследование деформации срезаемого слоя и температуры резания.....	51
5 ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	54
6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ .	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теория резания: учеб. пособие для студ. Машиностроительных спец. / Н.Н. Попок. – Новополюк: ПГУ, 2006 – 228 С.
2. С. Salomon, “Verfahren zur bearbeitung von metallen oder bei einer bearbeitung durch schneidende werkzeuge sich ähnlich verhaltende werkstoffe,” Deutsches Patent Nr. 523594, 931, 4, 1931.
3. Н.И. Щелконогов. Обработка закаленных сталей резцами из твердых сплавов и предпосылки для механической обработки стали при особо высоких скоростях резания // Вестник Металлопромышленности – 1938. – № 1. – С. 39-54.
4. А.В. Алексеев. К вопросу о резании закаленных сталей при высоких скоростях резания // Вестник Металлопромышленности – 1939. – № 1. – С. 59-61.
5. Официальный сайт официального представителя фирмы IBAG Switzerland AG и HAGE Sondermaschinenbau GmbH [Электронный ресурс] / Высокоскоростная обработка. Определение, особенности и примеры применения в авиакосмической промышленности. Сергеева Е.В. – Дойч Эферн, 2011. – Режим доступа: <http://www.sergeev-hsc.de/40136.html> – Дата доступа: 10.12.2011 г.
6. Маслов А. Р. Высокая скорость вращения шпинделя – всего лишь первый шаг//Мир техники и технологий. -2004. -№ 5. -С. 17.
7. Теория резания: учеб. / П.И. Ящерицин, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – МН.: Новое издание, 2005. – 512 с.: ил. – (Техническое образование).
8. Полосаткин Г.Д. Резание металлов со сверхвысокими скоростями / Г.Д. Полосаткин, В.Л. Караваяева // Обработываемость жаропрочных и титановых сплавов. Куйбышев: КуАИ, 1962.С. 95-103.
9. Ippollito R. High Speed Machining: Tool Performance and Surface Finish in Steel Turning / R. Ippollito, R. Tornincasa, R. Levi // Annals of GIRP. 1988. V.37/ № 1. P. 105-108.
10. В.И. Захаров. Технология токарной обработки. – Лениздат, 1968. – 502. с.
11. Пат. 2311991 (RU) МПК В23В 1/00, В23В 35/00 Способ высокоточной свободнообкатной обработки сферической поверхности / Добровольский А.В., Дмитриев С.И. (UA), Добровольский А.В., Дмитриев С.И. (UA) – № 2004137691/02; Заявлено 23.12.2004; Опубл. 10.12.2007 Бюл. №34.
12. В.А. Блюмберг. Справочник токаря. – Л. «Машиностроение, 1972. – 360. с.
13. В.А. Блюмберг. Справочник фрезеровщика. – Лениздат, 1963. – 452. с.
14. Пат. 2275989 (RU) МПК7 В23В 1/00 Способ точения наружных сферических поверхностей / Степанов Ю.С., Киричек А.В., Самойлов Н.Н., Катунин А.В., Афанасьев Б.И., Катунин А.А., Фомин Д.С. (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального об-

разования «Орловский государственный технический университет»(RU) — № 2004133452/02; Заявлено 19.11.2004; Оpubл. 10.05.2006 Бюл. №13.

15. Пат. 2275990 (RU) МПК7 В23В 5/40, В23С 3/04 Комбинированная головка для точения наружных сферических поверхностей / Степанов Ю.С., Киричек А.В., Самойлов Н.Н., Катунин А.В., Афанасьев Б.И., Катунин А.А., Фомин Д.С. (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет»(RU) — № 2004133451/02; Заявлено 16.11.2004; Оpubл. 10.05.2006 Бюл. №13.

16. Пат. 2320459 (RU) МПК7 В23С 3/00 Способ статико-импульсного иглофрезерования сферической поверхности/ Степанов Ю.С., Киричек А.В., Катунин А.В., Афанасьев Б.И., Катунин А.А., Фомин Д.С., Самойлов Н.Н., Селеменев К.Ф. (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет»(RU) — № 2006123402/02; Заявлено 30.06.2006; Оpubл. 27.03.2008 Бюл. №9.

17. Пат. 2320460 (RU) МПК7 В23С 3/00 Устройство для статико-импульсного иглофрезерования сферической поверхности/ Степанов Ю.С., Киричек А.В., Катунин А.В., Афанасьев Б.И., Катунин А.А., Фомин Д.С., Самойлов Н.Н., Селеменев К.Ф. (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский государственный технический университет»(RU) — № 2006123403/02; Заявлено 30.06.2006; Оpubл. 27.03.2008 Бюл. №9.

18. Анализ и разработка модульных инструментальных систем / А.Н. Попок, Р.С. Хмельницкий // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета, сер. Прикладные науки. — 2004. — Выпуск 7. — с. 64-66.

19. Пат. 3127 ВУ, МПК В 23В 1/00, 27/00. Многолезвийный блочно-модульный режущий инструмент / Н.Н. Попок, В.А. Терентьев, Р.С. Хмельницкий, А.В. Сидикевич, И.Я. Сопиков (ВУ). Учреждение образования «Полоцкий государственный университет» (ВУ). — № и 20060215; Заявлено 2006.04.11; Оpubл. 2006.10.30.

20. Р.С. Хмельницкий, Н.Н. Попок. Блочно-модульные режущие инструменты // Сборник научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС 2006». — Минск: БГУ, 2007. — С. 129-133.

21. Резников Ю.А. Теплофизика процессов механической обработки материалов. — М.: Машиностроение, 1982. — 279 с.

22. Жолобов А.А., Попковский В.А., Попковский Д.В. Прогнозирование поведения технологических систем на стадии их проектирования.— Могилев: МГТУ, 2000.— 150 с.

23. Н.Н. Попок. Оценка надежности блочно-модульных режущих инструментов методом конечных элементов / Н.Н. Попок [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета, сер. Фундаментальные науки. — 2007. — № 2. — С. 42-45.

24. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. — М.: Наука, 1964. — 487 с.

25. Богданова Е.А., Петров В.А., Попок Н.Н., Мандельэиль И.Р. Расчет температурного поля в цилиндрической детали при торцовом ротационном точении // В сб.: «Некоторые вопросы дифференцированных уравнений в решении прикладных задач. Тула, 1983, с. 79 – 81
26. Ларшин В.П., Мищенко Н.В., Макаров С.Н., Якимов А.В. Анализ и регулирование стойкости режущего инструмента// Труды Одесского политехнического университета, 2010 вып. 1(33)-2(34), с. 54-61
27. Туромша В.И. Скоростное силовое фрезерование/Вестник ПГУ, сер. В, 2012
28. Рыжкин, А.А. Обработка материалов резанием: учеб. пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, М.М. Климов. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. -411 с.
29. Инструментальные материалы: учебное пособие / Г.А. Воробьева [и др.]: - СПб.: Политехника, 2005. - 268 с.
30. Справочник металлиста: в 5 т. / редкол.: Н. Ачеркан (гл. ред.) [и др.] / М.: Машгиз, 1957 - 1959. - Т. 4: Е. Анненкова [и др.]; под ред. А.Н. Малова. - 1959. - 779 с.
31. Официальный сайт национальной библиотеки Украины [Электронный ресурс] – Режим доступа: [nbuv.gov.ua](http://nbuv.gov.ua) – Дата доступа: 10.12.2011 г.
32. Информационно-аналитический сайт «Станки, технология и инструмент для металлообработки» по материалам зарубежной печати [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.stankoinform.ru> – Дата доступа: 10.12.2011 г.
33. Официальный сайт SURFCAM [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.surfware.soften.com.ua> – Дата доступа: 10.12.2011 г.