

Министерство образования Республики Беларусь  
УО «ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(УО «ПГУ»)

УДК 621.9.06  
№ гос. регистрации 20115741  
Инв. № \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Д.О. Глухов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 года

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«Анализ и синтез кинематики гаммы зубофрезерных, зубодолбежных и зубошлифовальных станков, обоснование кинематической структуры компоновки, выдать рекомендации по оптимизации режимов резания»

по заданию

«Разработать и освоить производство гаммы зубообрабатывающих полуавтоматов с ЧПУ, созданных по модульному принципу, для зубофрезерования, зубодолбления и зубошлифования»

(заключительный)

ГБ4411

Начальник НИС

\_\_\_\_\_ 2012 г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_

А.А. Бакатович

Руководитель НИР, д.т.н.,  
профессор

\_\_\_\_\_ 2012 г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_

Н.Н. Попок

Новополоцк, 2012

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы, ведущий научный сотрудник, д.т.н., профессор	_____	Н.Н. Попок (введение, разделы 1,4 заключение)
	подпись, дата	
Научный сотрудник, к.т.н, доцент	_____	Р.А.Киселев (разделы 1, 2)
	подпись, дата	
Научный сотрудник	_____	В.А.Терентьев (раздел 2)
	подпись, дата	
Научный сотрудник	_____	Р.С. Хмельницкий (раздел 3)
	подпись, дата	
Научный сотрудник	_____	А. В. Сидикевич (раздел 4)
	подпись, дата	
Инженер, м.т.н	_____	Г.И. Гвоздь (разделы 1, 2, 3)
	подпись, дата	
Нормоконтроль	_____	В.Ф.Кулеш
	подпись, дата	

## РЕФЕРАТ

Отчет: 91 стр., 4 ч., 52 рис., 15 табл., 70 источников.

ЗУБОДОЛБЛЕНИЕ, ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЕ, ЗУБОШЛИФОВАНИЕ, СПОСОБ, СТАНОК, КОМПОНОВКА, МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП.

**Объект исследования** — зубодолбежные, зубофрезерные и зубошлифовальные станки, их кинематические структуры и компоновочные схемы.

**Цель этапа работы** — анализ способов зубодолбления, зубофрезерования и зубошлифования и кинематики соответствующих зубообрабатывающих станков, разработка рекомендаций по построению рациональных компоновочных схем и выбору оптимальных режимов резания для данного вида оборудования.

В отчете рассмотрены основные способы зубодолбления, зубофрезерования и зубошлифования, проведен анализ и синтез кинематики гаммы зубофрезерных, зубодолбежных и зубошлифовальных станков, выработаны рекомендации по оптимизации режимов резания.

## СОДЕРЖАНИЕ

	с.
ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ЗУБОДОЛБЛЕНИЕ.....	7
1.1 Анализ способов зубодолбления .....	7
1.2 Сравнительный анализ кинематических структур зубодолбежных станков.....	16
1.3 Анализ схем формообразования.....	22
1.4 Анализ компоновок зубодолбежных станков .....	26
1.5 Рекомендации по компоновкам зубодолбежных станков .....	30
2 ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЕ.....	32
2.1 Анализ способов зубофрезерования.....	32
2.2 Анализ компоновок зубофрезерных станков .....	37
2.3 Рекомендации по схемам формообразования зубофрезерных станков.....	42
3 ЗУБОШЛИФОВАНИЕ.....	44
3.1 Анализ способов зубошлифования.....	44
3.1.1 Шлифование методом обкатки с единичным делением .....	45
3.1.2 Шлифование непрерывной обкаткой абразивным червяком .....	47
3.1.3 Анализ факторов, влияющих на кинематику зубошлифовальных станков работающих методом обкатки с единичным делением .....	47
3.1.4 Анализ зубошлифовальных станков, работающих методом непрерывной обкатки абразивным червяком .....	58
3.1.5. Анализ зубошлифовальных станков с комбинированными методами обработки ....	64
4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попок Н.Н., Терентьев В.А., Гаухштейн И.С. Систематизация и пути совершенствования способов обработки цилиндрических зубчатых колес//Вестник ПГУ, серия В, выпуск №6, 2006, с.95-105
2. Попок Н.Н., Терентьев В.А. Пути совершенствования многономенклатурных механо-сборочных производств //Мир технологий. Мн. :УП "Технопринт", 2003, с.56-61
3. Голембиевский А.И. Системный анализ процесса зубодолбления / под. ред. В.А. Петрова. – Мн.: Наука и техника, 1993. – 152с. – ISBN 5-343-01428-3.
4. Способ нарезания цилиндрических колес: Патент 475761 СССР: МКИ<sup>3</sup> В 23 F5/00.
5. Способ нарезания зубчатых изделий: А. с. 1291311 СССР МКИ<sup>3</sup> В 23 F5/12.
6. Зубодолбежный станок: А. с. 1641533 СССР МКИ<sup>3</sup> В 23 F5/12.
7. Способ одновременного долбления двух зубчатых колес: А. с. 1265017 СССР МКИ<sup>3</sup> В 23 F5/12.
8. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1970. – 403 с.
9. Электронный ресурс: <http://novator-grp.ru>.
10. Электронный ресурс: <http://www.liebherr.com>.
11. Электронный ресурс: <http://rtbo.ru>.
12. Попок Н.Н., Терентьев В.А. Новые способы обработки зубчатых колес и их реализация через блочно-модульную инструментальную систему//Вестник ПГУ, серия В, выпуск №12, 2005, с.115-120
13. Пат. 6134 ВУ, МКИЗ В 23F 5/22. Способ нарезания цилиндрических зубчатых колес и станок для его осуществления / А.И. Голембиевский (ВУ); УО «Полоцкий государственный университет» (ВУ). — № 970165; Заявлено 1997.03.24; Опубл. 2004.06.30.
14. Пат. 3922 ВУ, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с радиальной подачей и прямолинейной траекторией реза / Р.С. Рык, В.С. Мисевич (ВУ). Витебский станкостроительный завод им. Коминтерна (ВУ). — № 960219; Заявлено 1996.04.30; Опубл. 2001.06.30.
15. Заявка. 2001128828 RU, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с внутренними гидравлическими связями и пневматической (струйной) системой управления / В.А. Ванин, С.В. Евлампиев (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 2001128828/02; Заявлено 2001.10.25; Опубл. 2003.07.20.
16. Пат. 2203168 RU, МКИЗ В 23F 9/14. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для обработки червячной фрезой конических колес с криволинейным зубом / В.А. Ванин,

- В.К. Лучкин, Н.Н. Мочалин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 2001108266/02; Заявлено 2001.03.27; Оpubл. 2003.04.27.
17. Пат. 2177390 RU, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания некруглых зубчатых колес / В.А. Ванин, В.В. Жирняков, С.В. Евлампиев (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99126712/02; Заявлено 1999.12.20; Оpubл. 2001.12.27.
  18. Заявка. 99126712 RU, МКИЗ В 23F 15/02. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания некруглых колес / В.А. Ванин, В.В. Жирняков, С.В. Евлампиев (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99126712/02; Заявлено 1999.12.20; Оpubл. 2001.09.20.
  19. Заявка. 99125694 МКИЗ В 23F 5/24. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания конических колес / В.А. Ванин, (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99125694/02; Заявлено 1999.12.02; Оpubл. 2001.09.20.
  20. Пат. 2177390 RU, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания некруглых зубчатых колес / В.А. Ванин, В.В. Жирняков, С.В. Евлампиев (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99126712/02; Заявлено 1999.12.20; Оpubл. 2001.12.27.
  21. Пат. 2165828 RU, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания некруглых зубчатых колес методом диагональной подачи / В.А. Ванин, В.В. Жирняков, (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99105156/02; Заявлено 1999.03.11; Оpubл. 2001.04.27.
  22. Заявка 99105156 RU, МКИЗ В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания зубчатых колес методом диагональной подачи / В.А. Ванин, В.В. Жирняков, (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 99105156/02; Заявлено 1999.03.11; Оpubл. 2001.01.20.
  23. Заявка 98112160 RU, МКИЗ В 23F 5/24. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания прямозубых конических колес червячной фрезой / В.А. Ванин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 98112160/02; Заявлено 1998.06.22; Оpubл. 2000.06.10.
  24. Пат. 2143961 RU, МКИЗ В 23F 5/24. Зубофрезерный станок для нарезания х конических колес с косыми зубьями червячной фрезой / В.А. Ванин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 98111184/02; Заявлено 1998.06.15; Оpubл. 2000.01.10.

25. Пат. 2130366 RU, МКИЗ В 23F 15/02. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания х некруглых колес / В.А. Ванин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 97118044/02; Заявлено 1997.10.21; Оpubл. 1999.05.20.
26. Заявка 95121273 RU, МКИЗ : В 23F 5/22. Зубофрезерный станок с гидравлическими связями для нарезания х конических колес / В.А. Ванин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 95121273/02; Заявлено 1995.12.19; Оpubл. 1997.11.27.
27. Пат. 2146579 RU, МКИЗ В 23F 11/00. Зубофрезерный станок для нарезания х червячных колес методом тангенциальной подачи / В.А. Ванин (RU). Тамбовский государственный технический университет (RU). — № 98116943/02; Заявлено 1998.09.07; Оpubл. 2000.03.20., Бюл №8.
28. Пат. 6450740 USA, МПК7 В 23F 5/14 D 23Q 15/26. Зубофрезерный станок с делительным устройством — Deere & Co., Mundhenke David Dean, Klaßunde steven Marc(USA). № 09/556220; Заявлено 24.02.2000; Оpubл. 17.09.2002.
29. Пат. 6227775 USA, МПК7 В 23F 1/06, В 23F 15/00. Зубофрезерный станок Klammer Arnold F.(USA) — № 09/270963; Заявлено 17.03.1999; Оpubл. 17.09.2002
30. Пат. 2258854 RU, МПК7 F 16H 55/08. Способ и устройство для обработки зубьев цилиндрических круглозубых передач, Осипов И.Б. Осипов В.И.(RU). Минский государственный технический университет(RU) — № 2004103450/11; Заявлено 05.02.2004; Оpubл. 20.08.2005
31. Пат. 2248262 RU, МПК7 В 23F 5/22. Способ нарезания прямозубой цилиндрической шестерни / Подгаевский О.Л., Жужжалкин Г.В., Анарьев В.Н.(RU). Открытое акционерное общество АК «Туламашзавод (RU) — № 2003120098/02; Заявлено 02.07.2003 Оpubл. 20.03.2005
32. Пат. 2200076 RU, МПК7 В 23F 5/20. Способ нарезания зубьев на боковой поверхности детали / Тихонов О.В., Николаев В.Ю. (RU); Общество с ограниченной ответственностью «Биттехника» (RU) — № 2001105582/02; Заявлено 2001.02.27; Оpubл. 2003.03.10.
33. Пат. 2175593 RU, МПК7 В 23F 5/24. Способ нарезания зубьев конической шестерни цилиндроконической передачи / Лопатин Б.А., Зайнетдинов Р.И., Цуканов О.Н. (RU). Южно-Уральский государственный университет (RU) №2000105877/02; Заявлено 2000.03.10; Оpubл. 2001.11.10.
34. Заявка 1231717 RU, МПК7 В 23F 11/00. Способ нарезания зубьев колеса червячной цилиндрической передачи / Ковтушенко А.А., Лагутин С.А., Гольдфарб В.И., Верховский А.В.. (RU). — № 3803379/08; Заявлено 1984.10.17; Оpubл. 2000.06.27.

35. Пат. 2146188 RU, МПК7 В 23F 9/12. Цепь обката зуборезного станка для нарезания конических колес со спиральным зубом / Ванин В.А., Жирняков В.В (RU) Тамбовский государственный технический университет (RU) — № 98116770/02; Заявлено 1998.09.08; Опубл. 2003.03.10.
36. Пат. 2103120 RU, МПК7 В 23F 1/06. Способ черновой обработки прямых зубьев(RU) / Бархатов С.Е.(RU) Бархатов Станислав Евграфович (RU) — № 96111265/02; Заявлено 1996.06.04; Опубл. 1998.01.27.
37. Пат. 2094183 RU, МПК7 В 23F 9/12. Способ формообразования криволинейных по длине зубьев на цилиндрических колесах червячной фрезой / Сидоренко А.К. Лобанов Н.А., Аристахов Н.И (RU). Производственное объединение «Коломенский завод тяжелого станкостроения» — № 95121874/02; Заявлено 1995.12.25; Опубл. 1997.10.27.
38. Пат. 2088386 RU, МПК7 В23F5/20. Способ обработки зубьев конических колес на станке для обработки цилиндрических колес методом обкатки / Сегаль М.Г., Арон А.Г., Филиппов Е. К. (RU) Саратовский государственный технический университет — № 93036389/02; Заявлено 1993.07.14; Опубл. 1997.08.27.
39. Пат. 2281837 RU, МПК7 В23F21/16. Червячная фреза / Чумиков А.Б., Михайлова Т. Н., Заславский И.Я., Преображенский Ю.В. и др.(RU) Открытое акционерное общество «АВТОВАЗ» (RU) — № 2005100912/02; Заявлено 17.01.2005; Опубл. 20.08.2006; Бюл.№ 23.
40. Пат. 2169061 RU, МПК7 В23F5/04. Червячный инструмент, способ его изготовления, оборудование для его изготовления и эксплуатации / (RU) Настасенко В.А.(RU) №98116845/02; Заявлено 1998.09.08; Опубл. 2001.06.20.
41. Пат. 2152856 RU, МПК7 В23F21/16. Червячная фреза / Чурбаков В.Ф. Смольников Н.Я.(RU) Волгоградский государственный технический университет (RU) — № 99107545/02; Заявлено 1999.04.05; Опубл. 2000.07.20.
42. Пат. 2151671 RU, МПК7 В23F21/16. Червячная фреза / Кочетков А.Ф.(RU) Ульяновский государственный технический университет (RU) — № 98122504/02; Заявлено 1998.12.15; Опубл. 2000.06.27.
43. Пат. 2147496 (RU), МПК7 В23F21/16. Сборная червячная фреза / Настасенко В.А.(RU) — № 98104494/02; Заявлено 1998.03.10; Опубл. 2000.04.20.
44. Пат. 2147495 (RU), МПК7 В23F21/16. Червячный инструмент. / Настасенко В.А.(RU) — № 98104340/02; Заявлено 1998.03.10; Опубл. 2000.04.20.
45. Пат. 2134183 (RU), МПК7 В23F21/02. Червячный инструмент / Настасенко В.А.(RU) — № 98100805/02; Заявлено 1998.01.15; Опубл. 1999.08.10.



46. Пат. 22131796 (RU), МПК7 В23F21/16. Фреза / Смольников Н.Я. Сахаров А.З. Маринченко К.Е (RU), Волгоградский государственный технический университет (RU) — № 98103070/02; Заявлено. 1998.02.16; Оpubл. 1999.06.20.
47. Пат. 2120360 (RU), МПК7 В23F21/16. Червячная твердосплавная фреза / Смольников Н.Я Чурбанов В.Ф (RU), Волгоградский государственный технический университет (RU) — № 97116607/02; Заявлено 1997.10.08; Оpubл. 1998.10.20.
48. Пат. 2102202 (RU), МПК7 В23F21/16. Сборная червячная фреза / Мальцев Ю.И (RU), Акционерное общество открытого типа «Научно исследовательский технологический институт «Прогресс» (RU) — № 95100402/02; Заявлено 1995.01.11; Оpubл. 1998.01.20.
49. Пат. 2102201 (RU), МПК7 В23F21/16. Сборная червячная фреза / Мальцев Ю.И (RU), Акционерное общество открытого типа «Научно исследовательский технологический институт «Прогресс» (RU) — № 95100392/02; Заявлено 1995.01.11 Оpubл. 1998.01.20.
50. Пат. 2095204 (RU), МПК7 В23F21/16. Цилиндрическая спироидная фреза / Гольдфарб В.И., Кунивер А.С. (RU), Институт механики Ижевского государственного технического университета (RU) — № 96107708/02; Заявлено 1996.04.18 Оpubл. 1997.11.10.
51. Пат. 2087278 (RU), МПК7 В23F21/16. Червячная фреза для нарезания зубчатых колес / Орлов А.Д., Фомин К.В. Орлов В.А Воробьева О.А Дементьев В.А Колотий В.А. (RU), Акционерное общество «Авиаинвест» (RU) — № 95106093/02; Заявлено 1995.04.18; Оpubл. 1997.08.20.
52. Пат. 2080219 (RU), МПК7 В23F21/16. Червячная фреза / Чурбаков В.Ф Смольников Н.Я. (RU), Волгоградский государственный технический университет (RU) — № 93008973/02; Заявлено 1993.02.17; Оpubл. 1997.05.27.
53. Пат. 2079397 (RU), МПК7 В23F21/16. Сборная червячная фреза / Мальцев Ю.И. (RU), Научно-исследовательский технологический институт «Прогресс» (RU) — № 93006048/02; Заявлено 1993.02.02; Оpubл. 1997.05.20.
54. Пат. 2080218 (RU), МПК7 В23F21/16. Сборная червячная фреза / Мальцев Ю.И. (RU), Научно-исследовательский технологический институт «Прогресс» (RU) — № 92011762/02; Заявлено 1992.12.14; Оpubл. 1997.05.27.
55. Пат. 94013109 (RU) МПК7 В23F21/16 Сборная червячная фреза с поворотными рейками / Феофилов Н.Д Мешкова И.К. (RU), Тульский государственный технический университет (RU) — № 94013109/02; Заявлено 1994.04.13; Оpubл. 1997.02.27.
56. Пат. 2070847 RU, МПК В 23F 21/16. Червячная фреза / В.Ф. Чурбаков, Н.Я. Смольников (RU). Волгоградский политехнический институт (RU). — № 93019019/08; Заявлено 1993.04.13; Оpubл. 1996.12.27.

57. Заявка. 94041577 RU, МКП В 23F 21/16. Червячная фреза со сменными многогранными пластинами для финишной обработки эвольвентного профиля зубчатых колес/ Р.Г. Федосеев (RU). Р.Г. Федосеев (RU). — № 94041577/02; Заявлено 1994.11.18; Оpubл. 1996.09.10.
58. Пат. 2068323 RU, МПК В 23F 21/16. Сборная затылованная червячная фреза / В.Ф. Чурбаков, Н.Я. Смольников (RU). Волгоградский государственный технический университет (RU). – № 94010447/08; Заявлено 1994.03.25; Оpubл. 1996.10.27.
59. Пат. 2040376 RU, МПК В 23F 21/16. Червячная фреза / С.П. Радзевич, А.П. Радзевич, А.Н. Селезнев (RU). Днепродзержинский индустриальный институт им. М.И. Арсеничева (RU). – № 5020230/08; Заявлено 1992.01.03; Оpubл. 1995.07.25.
60. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/Под.ред. В.Э. Пуща. – Машиностроение, 1985.-256с.
61. Электронный ресурс: <http://www.stankomodern.ru>.
62. Электронный ресурс: <http://vnedrenie.info>.
63. 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
64. Туромша В.И. Скоростное силовое фрезерование/Вестник ПГУ, сер. В, 2012
65. Рыжкин, А.А. Обработка материалов резанием: учеб. пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, М.М. Климов. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. -411 с.
66. Инструментальные материалы: учебное пособие / Г.А. Воробьева [и др.]: - СПб.: Политехника, 2005. - 268 с.
67. 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.
68. Электронный ресурс: [nbuv.gov.ua](http://nbuv.gov.ua)
69. Электронный ресурс: <http://www.stankoinform.ru/>
70. Электронный ресурс: <http://www.surfware.soften.com.ua>