

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621-039-419: 620.22-419

№ госрегистрации 20141200

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Д.О. Глухов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ  
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ  
ПОСЛОЙНОГО РАСКРОЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, СБОРКИ И СИНТЕЗА ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

(заключительный)  
задание 1.44 / ГБ 04.11  
ГПНИ «Механика, техническая диагностика, металлургия»  
подпрограмма «Механика»

Начальник НИСа

\_\_\_\_\_ 2015г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_

Т.В. Гончарова

Руководитель НИР,  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ 2015г.  
«\_\_» \_\_\_\_\_

Н.Н. Попок

Новополоцк, 2015

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, главный научный сотрудник, д-р техн. наук, профессор	_____ «___»_____2015г.	Н.Н. Попок (введение, раздел 2, заключение)
Исполнители темы:		
Старший научный сотрудник	_____ «___»_____2015г.	С.В. Кухта (разделы 1,4)
Научный сотрудник	_____ «___»_____2015г.	Г.И. Гвоздь (раздел 3)
Научный сотрудник	_____ «___»_____2015г.	Н.М. Позылова (раздел 1)
Научный сотрудник	_____ «___»_____2015г.	А.И. Костюченко (разделы 3)
Нормоконтроль	_____ «___»_____2015г.	В.Ф. Кулеш

## РЕФЕРАТ

Отчет: 61 с., 23 рис., 2 табл., 42 источников, 4 прил.

### ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОГО РАСКРОЯ, ПОСЛОЙНЫЙ СИНТЕЗ ИЗДЕЛИЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Объект исследования – многофункциональные технологические комплексы.

Цель работы – разработка технологии послойного раскроя, сборки и синтеза изделий из композиционных материалов с использованием формообразующих средств технологического оснащения.

Разработаны технологии послойного раскроя и измельчения материалов с использованием формообразующих средств технологического оснащения, параметрическая оптимизация модулей многофункциональных технологических комплексов интенсивной обработки, спроектированы средства обеспечения многофункциональных технологических комплексов, использующих воздействия физическими полями.

## СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений.....	5
Введение.....	6
1. Технологии листового раскроя и послойного синтеза изделий.....	7
1.1 Технологии листового раскроя и послойного синтеза поверхностей изделий деталей машин.....	7
1.2 Формообразование поверхностей концентрированными потоками энергии.....	14
2. Многофункциональные технологические комплексы для листового раскроя и послойной сборки.....	17
2.1 Теоретические основы проектирования комплексов комбинированной обработки	17
2.2 Модульное построение технологических комплексов, использующих концентрированные потоки энергии.....	20
3. Структурный синтез и оптимизация состава технологических комплексов.....	26
3.1 Создание технологических комплексов интенсивной формообразующей обработки.....	26
3.2 Компонентные схемы технологических комплексов для раскроя материала.....	29
4. Проектирование средств обеспечения многофункциональных технологических комплексов.....	35
4.1 Концептуальные основы компьютерно-управляемых производств.....	35
4.2 Компьютерное проектирование процессов послойного синтеза.....	39
Заключение.....	47
Список использованных источников.....	48
Приложение А Изготовление корпуса модели «Замок».....	51
Приложение Б Изготовление сечения модели «Елка».....	55
Приложение В Формирование сечения 3D-модели «Медведь».....	59
Приложение Г «Блок резцовый», полученный послойным синтезом на 3D принтере.....	61

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артамонов, Б. А., Волков, Ю. С., Дрожалова, В. И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учебное пособие (в 2-х томах). /под ред. В. П. Смоленцева. — М.: Высшая школа, 1983.
2. Подураев, В. Н., Камалов, В.С. Физико-химические методы обработки. / Подураев В. Н., Камалов В. С. — М.: Машиностроение, 1973.
3. Попилов, Л. Я. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов. / Л. Я. Попилов. Справочник. 2 - е изд. доп. и перераб. — М.: Машиностроение, 1982.
4. Cooper, A.G. Graph based process planning for mold shape deposition manufacturing / A. G. Cooper, J. M. Pinilla, J. Kao [etc]. – Stanford University, 2001.
5. Русецкий, А.М. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / А.М.Русецкий, П.А.Витязь, М.Л.Хейфец, Л.М.Акулович, В.И.Бородавко и др. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 239 с.
6. Хейфец, М.Л. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: учеб. пособие для студентов вузов по машиностроительным специальностям / М. Л. Хейфец, Л. М. Акулович, Ж. А. Мрочек, Е. З. Зевелева. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – 292 с.
7. Мрочек Ж.А. Перспективные технологии машиностроительного производства: учеб. пособие / Ж. А. Мрочека, М. Л. Хейфец, О. П. Голубев и др. – Новополоцк : ПГУ, 2007. – 204 с.
8. Шишковский И. В. Синтез функциональных изделий из градиентных материалов методом селективного лазерного спекания. Перспективные материалы: перед. изд. / Самара: СГТУ, 2001, №5. - с.60-64.
9. Инновационные технологии в машиностроении: материалы междунар. науч.-тех. конф. посвященной памяти В.Л. Кирпичёва и 45-летию Полоцкого гос. унив., Новополоцк, 29-30 октября 2013 г. / Полоцк. гос. универ.; редкол.: А. И. Гордиенко [и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 2013. – 248 с.
10. Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний збірник наукових праць № 3(49)'2014, Донецький нац. тех. універ.; редкол.: Мінаєв О.А. [і інш] – 2014 г. / Донецьк: ДНГУ, 2014. – 188 с.
11. Русецкий, А.М. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М.Русецкий, П.А.Витязь, М.Л.Хейфец, Н.Н.Попок и др. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 316 с.
12. Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 14-й междунар. науч.-тех. конф. Ялта, 2-6 июня 2014 г. / Киев: АТМ України, 2014. – 160 с.
13. СТБ ISO 9013-2010 «Резка термическая. Классификация термических резов. Геометрические характеристики изделий и классы точности».
14. Рахимьянов А.Х. Тонкоструйная плазменная резка биметаллических композиций: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.02.07/ А.Х. Рахимьянов; Новосиб. гос. тех. универ. – Новосибирск, 2014. – 20 с.

15. Попок Н.Н. Многофункциональное технологическое оборудование и оснастка / Н.Н. Попок, В. А. Данилов // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в машиностроении», - Новополоцк: ПГУ, 2013. – с.22-26.
16. Попок Н.Н. Обеспечение многофункциональности технологической оснастки путем использования унифицированных модулей / Н.Н. Попок, М.В.Черневич, А.А. Герасимов // тезисы докладов научн.- техн. конференции «Перспективные направления развития технологий машиностроения и металлообработки» – Минск: 2013. – С. 82 – 84.
17. Попок Н.Н. Автоматизация механической обработки на основе технологических модулей / Н.Н. Попок // Материалы Республиканского научно-технического семинара «Автоматизация технологических процессов» / Минск: Минэкспо, 2012, с.33-34.
18. Попок Н.Н. Алгоритмическое обеспечение САПР технологических процессов изготовления корпусных деталей на станкостроительных предприятиях / Н.Н. Попок, Н.В.Беляков, Ю.Е. Махаринский // Вестник ВГТУ, вып.21.– Витебск,2011, с.19-28.
19. Артоболевский, И.И. Основы синтеза систем машин автоматического действия / И.И. Артоболевский, Д.Я. Ильинский. – М.: Наука, 1983. – 280 с.
20. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике: справ. пособие: в 7 т. / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1979. – Т. 1. – 496 с.
21. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике: справ. пособие: в 7 т. / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1981. – Т. 6, 7. – 784 с.
22. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]; под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
23. Этин, А. О. Кинематический анализ и выбор эффективных методов обработки лезвийными инструментами / А. О. Этин, М. Е. Юхвид. – М.: ЭНИМС, 1994. – 185 с.
24. Васильев, А.С. Технологические основы управления качеством машин / А.С.Васильев, А.М.Дальский, М.Л.Хейфец и др.– Москва: Машиностроение, 2003. – 256с.
25. Бородавко, В. И. Послойный синтез для листового раскроя и сборки изделий / В. И. Бородавко, А. М. Пынькин, М. Л. Хейфец // Наука и инновации. – 2013. – № 10 (128). – С. 36–38.
26. Подураев, В. Н. Технология физико-механических методов обработки /В. Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
27. Analysis and design of highly efficient methods of treatment / M. Kheifetz [et al.] // Proceedings on the 34th International conference on production engineering.– Niš, Serbia: University of Niš, 2011. – P. 449–452.
28. Design of technological complexes for highly efficient treatment / V. Boro davko [et al.] // Proceedings on the 34th International conference on production engineering. – Niš, Serbia: University of Niš, 2011. – P. 453–456.

29. Design decisions during modelling transfer of quality parameters in life cycle of machine details / Kheifetz M. [et al.] // Proceedings on the 11th International scientific conference on advanced production technologies. – Novi Sad, Serbia: University of Novi Sad, 2012. – P. 353–356.
30. Formation of quality parameters in life cycle of machine details on the basis of technological inheritance / A. Vasiliev [et al.] // Proceedings on the 11th International scientific conference on advanced production technologies. – Novi Sad, Serbia: University of Novi Sad, 2012. – P. 403–406.
31. Капустин, Н. М. Комплексная автоматизация в машиностроении / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, Н. П. Дьяконова; под ред. Н. М. Капустина. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 368 с.
32. Черепашков, А. А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А. А. Черепашков, Н. В. Носов. – Волгоград: Изд. дом «Ин-Фолио», 2009. – 640 с.
33. Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 608 с.
34. Харазов, В. Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами / В. Г. Харазов. – СПб.: Профессия, 2009. – 592 с.
35. Макаров, И. М. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств / И. М. Макаров. – М.: Высш. шк., 1986. – 175 с.
36. Основы автоматизации машиностроительного производства / под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 1999. – 312 с.
37. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н. М. Капустин [и др.]; под ред. Н. М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
38. Мрочек, Ж. А. Основы технологии автоматизированного производства в машиностроении / Ж. А. Мрочек, А. А. Жолобов, Л. М. Акулович. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 303 с.
39. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузмик. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
40. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с.
41. Русецкий, А. М. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец, Л. М. Акулович, А. В. Аверчинков и др. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 375 с.
42. Разработка САПР: в 10 кн. Кн. 7. Графические системы САПР / В. Е. Климов. – М.: Высш. шк., 1990. – 142 с.