

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 658.512

№ госрегистрации 2001531

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
УО «ВГТУ»

С.М. Литовский

«                    » 2002г.

**ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**СИСТЕМНО СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

выполняемой в рамках Межвузовской программы фундаментальных исследований «Разработка научных основ создания прогрессивных технологических процессов, оборудования и инструмента для машиностроительного производства Республики Беларусь» («Машиностроение – 1»)

(годовой заключительный)

2001-гб-291

Начальник НИС

С.А. Беликов

Научный руководитель

Е.И. Махаринский

Витебск

– 2003 –

## РЕФЕРАТ

Годовой отчет с., рис., табл., источника.

**КОРПУСНАЯ ДЕТАЛЬ, СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ, СХЕМА УСТАНОВКИ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ, 3D-МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ, МАРШРУТ ОБРАБОТКИ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СИНТЕЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ.**

Цель этой части работы: доработка и развитие методики синтеза информационно-технологической модели корпусной детали внутри этапов из параметризованных комплексных функциональных модулей (ФМ) и технологических регламентов их обработки, а также разработка программного обеспечения синтеза информационно-технологической модели детали в среде SolidWorks; разработка правил построения графов относительных поворотов и размерных связей корпусных деталей; разработка и отработка на надежность методики синтеза маршрута обработки заготовок, а также выбора оборудования для выполнения переходов внутри этапов типовой схемы обработки; разработка методики, алгоритмов и программных продуктов структурного синтеза установочных компонентов при базировании сопряжением и выверкой по разметке.

В процессе работы над проблемой проводился анализ литературных источников, опыта работы конструкторских и технологических бюро машиностроительных предприятий Витебской области.

В результате исследований была, развита и дополнена методика синтеза информационно-технологической модели корпусной детали из параметризованных функциональных модулей, а также разработано программное обеспечение процедуры синтеза информационно-технологической модели детали в среде SolidWorks. Для разработанной методики синтеза маршрута обработки заготовок и выбора оборудования для выполнения переходов внутри этапов типовой схемы обработки сформулированы правила построения графов

относительных поворотов и графов размерных связей детали. Методика отработана на надежность с помощью ее апробации на ряде сложных корпусных деталей различной конфигурации.

Предложена методика синтеза схем базирования, которая позволяет назначать вид компонентов комплекта операционных технологических баз при определении баз для разметки. Разработаны теоретические основы, алгоритм и программные продукты структурного синтеза схем установки заготовок корпусных деталей машин при их механической обработке.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	
<b>1. Синтез информационно-технологической модели корпусной детали из параметризованных функциональных модулей</b> .....	
<b>2. Формализация синтеза маршрута обработки корпусной детали</b> .....	
2.1. Графы размерных и угловых связей .....	
2.2. Алгоритм назначения комплектов ТБ и порядка выполнения переходов.....	
<b>3. Выбор оборудования и синтез схемы установки</b> .....	
3.1. Методика выбора оборудования.....	
3.2. Определение функций компонентов комплекта технологических баз при базировании сопряжением и выверкой по разметке.....	
3.3. Методика, алгоритмы и программные продукты структурного синтеза установочных компонентов.....	
<b>Заключение</b> .....	
<b>Литература</b> .....	
<b>Приложения</b> .....	
1. Классификаторы распространенных на предприятиях Витебской области комплексных функциональных модулей корпусных деталей машин по служебному назначению.....	
2. Схемы распределения припусков по этапам типовой схемы обработки некоторых ФМ.....	
3. Сценарий диалога с программой синтеза модели детали. Инструкции по использованию.....	

4. Неуказанные допуски относительного расположения поверхностей (согласно ГОСТ 21069-81 ).....
5. Таблица соответствия установочных элементов технологической базе.....
6. Таблица сокращения вариантов технических решений.....
7. Таблицы сложности установочных компонентов.....

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы,  
канд. техн. наук,  
профессор каф. ТиОМП

Е.И. Махаринский

(Введение, главы 1-3, заключение)

Ответственный исполнитель,  
аспирант каф. ТиОМП

Н.В. Беляков

(Главы 1-3, приложения)

Ответственный исполнитель,  
доцент каф. ТиОМП

Ю.Е. Махаринский

(Главы 1-3, приложения)

Исполнитель,  
зав. лабораторией  
кафедры ТиОМП

О.Н. Дроздова

(Оформление отчета)

## ВВЕДЕНИЕ

В результате предыдущих исследований (см. отчеты за 2001 и 2002 г.) была показана принципиальная возможность анализа и синтеза информационной модели корпусной детали из функциональных модулей. Начата работа по определению принципов классификации ФМ, составлению иллюстрированных классификаторов форм типовых компонентов корпусов применяемых на машиностроительных предприятиях Витебской области, определению формата базы данных о ФМ.

Было установлено, что возможны два метода формирования маршрута обработки ФМ: 1) на базе анализа типовых маршрутов, применяемых на машиностроительных предприятиях; 2) на базе синтеза вариантов маршрута обработки, с учетом общих закономерностей технологии машиностроения.

Для формирования маршрута обработки ФМ по первому методу предлагался исходный вариант структуры технологического регламента. Для реализации второго метода разработан алгоритм и программа на языке DELPHI 5.0, которая обеспечивает автоматический синтез всех возможных вариантов маршрута обработки функциональных модулей любых уровней сложности на основе моделирования состояния качества по этапам обработки компонентов ФМ, с возможностью дальнейшей их оптимизации по критериям предпочтения.

Для формализации процедуры синтеза схем базирования (вторая процедура синтетического этапа [33]) были предложены рекомендации по использованию ГОСТ «Базы в машиностроении», определена совокупность комплектов технологических баз, используемая при проектном базировании заготовок. Разработаны таблицы однозначности ориентации и достаточности задания допусков относительных поворотов главных поверхностей функциональных модулей относительно комплектов операционных технологических баз. В символьном и текстовом виде разработаны алгоритмы назначения вида

компонентов комплекта технологических баз, а так же примеры их реализации.

Начата работа по формализации синтеза маршрута обработки заготовки (третья процедура синтетического этапа) [33].

В настоящей работе предлагаются окончательные принципы классификации ФМ по степени сложности и служебному назначению применяемых на машиностроительных предприятиях Витебской области, формат базы данных о ФМ. Предложены системно структурные модели синтеза информационно-технологического образа корпусной детали из ФМ и технологических регламентов их обработки на этапах механической обработки. Разработана программа синтеза информационно-технологической модели детали на базе пакета SolidWorks.

Предлагается структурная модель синтеза маршрута обработки корпусной детали на основе определения и анализа таблиц комплектов технологических баз (отражающих угловую и размерную ориентации обрабатываемых поверхностей), которая позволяет, в зависимости от имеющегося оборудования, определять порядок обработки поверхностей и порядок смены баз внутри этапов механической обработки. Методика опробована на ряде (25) корпусных деталей различной конфигурации.

Сформулированы правила построения графов размерных связей деталей имеющих плоскость симметрии, соосные и параллельные поверхности вращения, оси которых лежат в данной плоскости.

Предлагаются теоретические основы, алгоритм и программные продукты структурного синтеза состава компонентов теоретической схемы установки оптимальной сложности, которые позволяют выдавать задание на проектирование или выбор станочных приспособлений.

Приводится описание программных продуктов.

# **1. СИНТЕЗ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Чтобы существенно уменьшить «размерность» задачи синтеза технологических процессов, связать элемент классификации с основами проектирования технологии, предлагается рассматривать деталь не как совокупность взаимосвязанных элементарных поверхностей, а как совокупность взаимосвязанных функциональных модулей разных уровней сложности. Функциональный модуль – это группа элементарных поверхностей, вместе выполняющих хотя бы одну функцию. Во многих случаях одна из поверхностей функционального модуля выполняет его служебное назначение, а остальные обеспечивают это выполнение. Для выполнения служебного назначения детали функциональные модули связываются друг с другом системой размеров (линейных и угловых) и допусков. Таким образом, конфигурация детали может быть представлена в виде набора ФМ и структуры размерных и угловых связей между ними.

ФМ корпусных деталей предлагается классифицировать по служебному назначению и уровню сложности.

По служебному назначению ФМ корпусных деталей предлагается разбить на следующие классы:

1. основные и вспомогательные сборочные базы;
2. ФМ крепления;
3. ФМ коммуникации;
4. ФМ, объединяющие компоненты детали в единое целое;
5. технологические поверхности и ФМ, которые облегчают сборку (фаски), обеспечивают выход режущего инструмента (канавки) и искусственные технологические базы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Ю.М.Соломенцев, В.Г.Митрофанов, А.Ф.Прохоров и др.; Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева, В.Г.Митрофанова.— М.: Машиностроение, 1986.-256с.

2. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Т.1. Под общ. ред. О.И.Семенкова. Минск, “Вышэйшая школа”, 1976.-320с.

3. Бабак В.Ф. Модели и методы конструирования интеллектуальных САПР ТП механообработки.— М.: ВНИИТЭМР, 1990.-56с.

4. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Формализация проектирования схемы базирования заготовок корпусных деталей машин // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова.— Мн.: УП “Техно-принт”, 2001.— с.97-101.

5. Беляков Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь: МГПИ им. Н.К. Крупской, 2001.— с.5-9.

6. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Современные САД/САМ системы и проблема формализации синтеза схемы установки заготовок корпусных деталей машин в серийном производстве // Тезисы докладов 34 научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск: УО ВГТУ, 2001.— с.43.

7. Беляков Н.В., Погребняк Ю.С. Обеспечение точности базирования при обработке корпусных деталей машин // Материалы докладов и сообщений 8 студенческой научной конференции в 2-х частях. Ч.1. — Мозырь: МГПИ им. Крупской, 2001.— с.57-59.

8. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Проблема синтеза схем базирования в современных САПР ТП и пути ее решения // Тезисы докладов 34 научно-

технической конференции преподавателей и студентов, Витебск: УО ВГТУ, 2001.– с.72.

9. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Формализация назначения комплектов технологических баз при механической обработке корпусных деталей // Тезисы докладов 35 научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск: УО «ВГТУ», 2002.– с. 29.

10. Беляков Н.В. Алгоритм синтеза установочных компонентов при механической обработке корпусных деталей // Тезисы докладов 35 научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск: УО «ВГТУ», 2002.– с. 31-32.

11. Беляков Н.В., Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е. Синтез схем установки заготовок корпусных деталей машин // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 18. Под ред. И.П. Филонова.– Мн.: УП «Технопринт», 2002.– с. 98-104.

12. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Синтез маршрута обработки корпусных деталей машин // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 18. Под ред. И.П. Филонова.– Мн.: УП «Технопринт», 2002.– с. 93-98

13. Беляков Н.В. Информационная модель геометрической формы корпусных деталей машин // VI Республиканская научная конференция студентов и аспирантов Беларуси «НИРС-2001». Тезисы докладов. В2-х частях. Часть I/УО «ВГУ им. П.М. Машерова» / Ред.кол.: Г.И. Михасев (гл. ред.).– Витебск: Изд-во ВГУ им. П.М. Машерова.-419с.),

14. Беляков Н.В., Жемчужный М.И., Махаринский Е.И. Достаточность задания допусков относительных поворотов на чертежах корпусных деталей и проблема синтеза схем базирования // Веснік ВДУ, 2002, №3(25). С. 118-123.

15. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. «Методика разработки схем базирования» // Вестник Витебского государственного технологического университета. Четвертый выпуск / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002.–С. 38-43.

16. Беляков Н.В. Махаринский Е.И. Классификация технологических регламентов обработки комплексных функциональных модулей // Сборник статей VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов (НИРС-2002) / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002. – С. 257-259.

17. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Технологические регламенты обработки функциональных модулей корпусных деталей // Рефераты докладов международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Том I./Под редакцией Б.М. Хрусталева–Мн.: УП «Технопринт», 2003.–223с.

18. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Понятие теории базирования при механической обработке // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 19. Под ред. И.П. Филонова.– Мн.: УП «Технопринт», 2003.–с. 7-12.

19. Беляков Н.В. Забежинский А.К. Махаринский Е.И. Махаринский Ю.Е. Теоретическая схема базирования и схема установки // Тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей и студентов университета/УО «ВГТУ».–Витебск, 2003.–120с.

20. Беляков Н.В. Забежинский А.К. Махаринский Е.И. Методика структурного синтеза теоретических схем установки заготовок корпусных деталей машин // Сборник материалов III международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и магистрантов.– Гомель: Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», 2003г. С22-25.

21. Бирюков В.В., Дьяченко С.А. САПР технологических процессов обработки деталей типа тел вращения и корпусов // Станки и инструменты.- 1991-№1.-с17-18.

22. Быков В.Г. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1989.-255с.

23. Верченко В.Н. Система ускоренной технологической подготовки производства на базе комплексной стандартизации ее элементов. Обзор. – М.: Издательство стандартов, 1972.-45с.

24. Голоденко Б.А., Смолянцев В.П., Черная Г.А. Интерактивная система автоматизированного проектирования технологических процессов обработки резанием // Вестник машиностроения.-1990-№11.-с.26-27.

25. Гусев Ю.В., Шукин А.А., Гранкин В.И. Экспериментальная отработка типовых технологических процессов обработки основных видов поверхностей плоских и корпусных деталей в зависимости от размеров, класса точности, шероховатости поверхностей. – М: Оргстанкипром, 1979.-151с.

26. Зарубин В.М., Капустин Н. М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. – М.: Машиностроение, 1979.-488с.

27. Калиновский А.И., Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Автоматический синтез маршрута обработки типовых компонентов деталей // Тезисы докладов 34 научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск: УО ВГТУ, 2001.– с.42.

28. Кирьянов В.Н., Брон А. М. Антонов Ю. И. и др. Автоматизация технологической подготовки производства для обработки корпусных деталей на многоцелевых станках с ЧПУ и ГПС на их основе. Методические рекомендации. – М.: ЭНИМС, 1985.-99с.

29. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учеб. для машиностроит. Спец. Вузов. –М.: Высш. шк., 1999.-591с.

30. Коммисаров В.И., Леонтьев В.И. Точность, производительность и надежность в системах проектирования технологических процессов. . : Машиностроение, 1985.-219с.

31. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. Учебник для вузов. –М.: Радио и связь, 1990.-352с.

32. Маталин А.А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985.-464с.

33. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения :Учебник. –Мн.: Выш. шк., 1997.-423с.

34. Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е., Ольшанский В.И. Основы теории проектирования технических систем: Учеб. пособие для студентов вузов.– Витебск: Издательство ВГТУ, 1998.-236с.

35. Митрофанов С.П., Гульков Ю.А., Куликов Д.Д. Автоматизация технологической подготовки серийного производства. – М.: Машиностроение, 1974.-287с.

36. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.-360с.

37. Павлов В.В., Кухоре В.С., Соколов В. Н. и др. Проектирование технологических процессов механической обработки резанием по типовым математическим моделям. – М., ВНИИНМАШ, 1984.-144с.

38. Разработка САПР: В10 кн./ Петров А.В., Черненький В.М., Данчул А.Н. и др. Под ред. А.В. петрова.–М.: Высш. шк., 1990.

39. Свешников Е.П., Панькин Б.А., Яковлев С.К. и др. Система автоматического проектирования технологических процессов механической обработки деталей в диалоговом режиме.– Л.: ЛДНТП, 1988.-22с.

40. Системы автоматизированного проектирования. В 9-ти кн.Кн.6. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования .Учеб. пособие для вузов / Н.М.Капустин, Г.Н.Васильев; Под ред. И.П.Норенкова.—М.: Высш. Шк., 1986. – 125 с.

41. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении / Р.А. Аллик, В.И. Бородянский, А.Г. Бурин и др.; Под общ. ред. Р.А. Аллика. –Л.: Машиностроение, 1986.-287с.

42. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов/ С.Н.Корчак, А.А.Кошин, А.Г.Ракович, Б.И. Сеницын. Под общ. ред. С.Н.Корчака.—М.; Машиностроение, 1988.-352с.

43. Системное проектирование интегрированных АСУ ГПС машиностроения / Ю.М.Соломенцев, В.А.Исаченко, В.Я. Польшкалин и др.; Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева и др.—М.: Машиностроение, 1988.-488с.

44. Старостин В.Г. Лелюхин В.Е. Формализация проектирования процессов обработки резанием. - М.: Машиностроение, 1986.-136с.

45. Ступаченко А.А. САПР технологических операций. –Л.: Машиностроение, 1988.-234с.

46. Технология машиностроения: В2т.: Учеб. для вузов. Т.1: Основы технологии машиностроения / Бурцев В.М., Васильев А.С., Дальский А.М. и др.; Под ред. А.М. Дальского. –М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1997.-564с.

47. Ткачева О.Н., Кузнецов А.П. Современные автоматизированные системы проектирования технологических процессов в машиностроении. – М: НИИМАШ, 1984.-72с.

48. Ткаченко Л.С., Соусь А.В., Яковицкий Э.Ф. Основы автоматизации проектирования технологических процессов обработки резанием. – Мн.: Наука и техника, 1978.-159с.

49. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство: Пер. с англ.–М.: Мир, 1991.-296с.

50. Хорафас Д., Легг С. Конструкторские базы данных/ пер. с англ. Д.Ф. Миронова.–М.: Машиностроение, 1990. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства. Пер. с англ.–М.: Мир, 1987.-224с.

51. Цветков В.Д., Петровский А.И., Толкачев А.А. Проблемно-ориентированные языки систем автоматизированного технологического проектирования / Под ред. П.И. Ящерицына. – Мн.: Наука и техника, 1984.-192с.

52. Цветков В.Д. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1972.-240с.

53. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979,-256с.

54. Шпур Г., Ф.-Л. Краузе Автоматизированное проектирование в машиностроении / Пер. с нем. Г.Д.Волковой и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева, В.П. Диденко.– М.: Машиностроение, 1988.–648с.

55. Шрайбман С.М., Эстерзон М.А. Технологическая подготовка обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ. – М: Наука, 1978.-51с.

56. Экспериментальная отработка типовых технологических процессов обработки основных видов поверхностей плоских и корпусных деталей в зависимости от размеров, класса точности, шероховатости поверхностей. Методические рекомендации. – М.:ин-т «Оргстанкинпром», 1977.-126с.