

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 658.512

№ госрегистрации 2001531

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ



Директор по научной работе

С.М. Литовский

С.М. Литовский

2001г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

СИСТЕМНО СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

(годовой)

2001-гб-291

Начальник НИС

С.А. Беликов

Научный руководитель

Е.И. Махаринский

Витебск

– 2001 –

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	4
РЕФЕРАТ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	9
2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ.....	14
2.1. Классификация компонентов корпусных деталей машин.....	14
2.2. Информационная модель детали.....	18
3. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ.....	21
3.1. Базирование при механической обработке.....	21
3.2. Правила выбора компонентов комплекта технологических баз.....	34
3.3. Принципы структурного синтеза схемы установки корпусных деталей машин.....	47
4. НАЗНАЧЕНИЕ МАРШРУТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИНЫ.....	53
4.1. Технологический модуль.....	53
4.2. Синтез вариантов маршрута обработки типовых компонентов деталей машин.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	71
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	78

Приложение 1. Иллюстрированный классификатор форм

функциональных модулей корпусных деталей машин, образующих

основные и вспомогательные сборочные базы .....	78
Приложение 2. Иллюстрированный классификатор форм крепежных функциональных модулей корпусных деталей машин. ...	124
Приложение 3. Иллюстрированный классификатор форм функциональных модулей-коммуникаций. ....	131
Приложение 4. Иерархический классификатор форм функциональных модулей корпусных деталей машин. ....	133
Приложение 5. Программное обеспечение «Синтез вариантов маршрута обработки типовых компонентов деталей машин». ....	156
Приложение 6. Листинг программы «Синтез вариантов маршрута обработки типовых компонентов деталей машин». ....	172
Приложение 7. Классификатор переходов механической обработки ..	195
Приложение 8. Параметры точности, индивидуальные условия выбора перехода. ....	199
Приложение 9. Общий классификатор типовых компонентов деталей машин .....	206
Приложение 10. Таблица соответствия кода типового компонента детали коду перехода. ....	208
Приложение 11. Акты внедрения. ....	209

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы,

канд. техн. наук,

профессор каф. ТиОМП

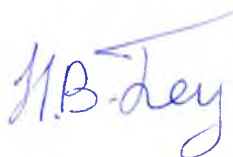


Е.И. Махаринский

(реферат, введение,  
заключение, разд. 2.1., 3.1.,  
приложения 7, 8, 9)

Ответственный исполнитель,

аспирант каф. ТиОМП



Н.В. Беляков

(разделы 1, 2.2., 3.2., 4.1., 4.2.,  
приложения 1, 2, 3, 4)

Ответственный исполнитель,

ст. преподаватель каф. ТиОМП



Ю.Е. Махаринский

(разделы 3.2., 3.3.,  
приложение 10)

Исполнитель,

студент 5-го курса



А.И. Калиновский

(приложения 5, 6)

Исполнитель,

зав. лабораторией

кафедры ТиОМП



О.Н. Дроздова

(оформление отчета)

## РЕФЕРАТ

Годовой отчет 211 с., 220 рис., 18 табл., 71 источник, 11 приложений.

СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОРПУСНАЯ ДЕТАЛЬ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ (ФМ), КЛАССИФИКАТОРЫ ФМ, ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ, СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ, СХЕМА УСТАНОВКИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ, МАРШРУТ ОБРАБОТКИ

Цель этой части работы – разработка методов создания информационной модели корпусных деталей машин (для адекватного представления информации о последних с точки зрения конструктора и технолога), дополнение и уточнение положений теории базирования, создание теоретических основ и алгоритмов синтеза схем базирования и установки заготовок корпусных деталей машин при их механической обработке, а так же разработка алгоритмов синтеза маршрута обработки их типовых компонентов (ФМ).

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

В результате исследований была показана принципиальная возможность анализа и синтеза информационной модели корпусной детали из функциональных модулей (ФМ). Были разработаны принципы классификации ФМ, а также иллюстрированные классификаторы форм ФМ по степени сложности и служебному назначению, применяемых на машиностроительных предприятиях Витебской области. Были дополнены и уточнены положения теории базирования, разработаны формальные правила синтеза схем базирования, начата разработка принципов структурного синтеза схем установки заготовок корпусных деталей машин при их механической обработке. Определены методы назначе-

ния маршрутов обработки типовых компонентов деталей (ФМ), разработан начальный вариант структуры технологического модуля, а так же алгоритм (и программа его реализующая) синтеза маршрута обработки ФМ низких рангов.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений развития процесса технологической подготовки производства является автоматизация проектирования изделий и технологических процессов их изготовления. Однако анализ литературных источников, учебников и опыта эксплуатации систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) показал, что:

1) основой работающих в промышленности САПР ТП является либо процесс выбора технологом необходимого текста операции и переходов (системы формирования), либо процесс анализа типового технологического процесса-аналога, созданного исходя из опыта и традиций ограниченного числа предприятий (системы анализа или адресации), а не общие закономерности, принципы, утверждения и алгоритмы технологии машиностроения;

2) рекомендуемые теорией процедуры проектирования технологических процессов механической обработки недостаточно формализованы и часто принятие проектных решений должно опираться на опыт и интуицию проектировщика;

3) не разработаны принципы оптимального построения и классификации компонентов объекта производства, которые позволили бы сократить затраты времени на описание и обработку исходной (конструкторской) информации.

Поэтому пока практически невозможно создание САПР ТП для достаточно сложных (корпусных) деталей машин, которые могли бы в автоматическом режиме, осуществлять синтез схем базирования, установки и операций технологического маршрута, формировать технологические цепи, рассчитывать технологические размеры, оценивать допустимость принятого маршрута и схем базирования.

Очевидна необходимость преодоления противоречия между объемами содержательной и алгоритмической составляющих теории проектирования технологических процессов, а так же существенного повышения уровня формализации процедур синтеза структуры технологических процессов, построе-

ния моделей, связывающих структуру и параметры типовых элементов продукта производства со структурой и параметрами маршрута их обработки.



## 1. АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ранее проводились попытки классификации деталей машин (в том числе и корпусных) [1-6]. Наиболее глобальной работой такого плана можно назвать работу [1]. В ней содержатся эскизы типовых представителей деталей машин по всем видовым группировкам.

Все детали делятся на отраслевые и общемашиностроительные. К общемашиностроительным относятся такие, которые не являются специфическими для какой-либо одной отрасли по конструкции, габаритным размерам, материалам, массам, технологии изготовления.

В качестве классификационных признаков для деталей общемашиностроительного применения выбраны следующие: геометрическая форма детали; конструктивная характеристика отдельных элементов детали; взаимное расположение элементов детали; параметрический признак; наименование детали; выполняемая деталью функция.

Утверждается, что геометрическая форма детали является наиболее объективным и стабильным признаком при ее описании. Этот признак почти не подвергается индивидуальной интерпретации. Геометрическая форма характеризует непосредственно деталь независимо от ее функции и принадлежности к другим изделиям.

Наименование детали и выполняемая деталью функция используются в качестве классификационных признаков только в том случае, когда они наиболее точно характеризуют деталь и понимаются однозначно во всех отраслях техники. Например, колесо зубчатое, вал, коленчатый и т.д.

В пояснительной записке [1] приводится уточнение и пояснение классификационных признаков для различных подклассов т.е. единых признаков классификации внутри различных подклассов нет. Так например к подклассу 50100 относятся корпуса (и части корпусов) механизмов и тому подобные коробчатые детали, которые представляют собой основу для пространственного

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения. М.: Издательство стандартов, 1977.-228с.
2. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. (В 2-х частях). Часть 1. Издательство стандартов, 1976.-84с.
3. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. (В 2-х частях). Часть 2. Издательство стандартов, 1976.-86с.
4. Быков В.П. Конструкторская и технологическая классификация деталей кузнечно-прессового машиностроения. – М.: НИИМАШ, 1973.-75с.
5. Конструктивно- технологический классификатор деталей металлорежущих станков. – М.: ин-т «Оргстанкинпром», 1976.-78с.
6. 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.
7. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.-360с.
8. Старостин В.Г. Лелюхин В.Е. Формализация проектирования процессов обработки резанием. - М.: Машиностроение, 1986.-136с.
9. Цветков В.Д. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1972.-240с.
10. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979.-256с.
11. Штур 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.

12. Цветков В.Д., Петровский А.И., Толкачев А.А. Проблемно-ориентированные языки систем автоматизированного технологического проектирования / Под ред. ПИ Ящерицына. – Мн.: Наука и техника, 1984.-192с.
13. Быков В.Г. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1989.-255с.
14. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. Учебник для вузов. –М.: Радио и связь, 1990.-352с.
15. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство: Пер. с англ.–М.: Мир, 1991.-296с.
16. Хорафас Д., Лерт 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.
17. Разработка САПР: В10 кн./ Петров А.В., Черненко В.М., Данчул А.Н и др. Под ред. А.В. петрова.–М.: Вькш. шк., 1990.
18. Ткаченко Л.С., Соусь А.В., Яковицкий Э.Ф. Основы автоматизации проектирования технологических процессов обработки резанием. – Мн.: Наука и техника, 1978.-159с.
19. 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.
20. Зарубин В.М., Капустин Н. М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. – М.: Машиностроение, 1979.-488с.
21. 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 ППС на их основе. Методические рекомендации. – М.: ЭНИМС, 1985.-99с.

22. 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.

23. 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.

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

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

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

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

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

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

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

31. Ткачева О.Н., Кузнецов А.П. Современные автоматизированные системы проектирования технологических процессов в машиностроении. – М: НИИМАШ, 1984.-72с.
32. Стулаченко А.А. САПР технологических операций. –Л.: Машиностроение, 1988.-234с.
33. 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.
34. Свешников Е.П., Паныкин Б.А., Яковлев С.К. и др. Система автоматического проектирования технологических процессов механической обработки деталей в диалоговом режиме.– Л.: ЛДНПЦ, 1988.-22с.
35. Бабак В.Ф. Модели и методы конструирования интеллектуальных САПР ТП механообработки.– М.: ВНИИГЭМР, 1990.-56с.
36. Гусев Ю.В., Щукин 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.
37. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Т.1. Под общ. ред. О.И.Семенкова. Минск, "Вышэйшая школа", 1976.-320с.
38. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Ю.М.Солюменцев, В.Г.Митрофанов, А.Ф.Прохоров и др.; Под общ. ред. Ю.М.Солюменцева, В.Г.Митрофанова.— М: Машиностроение, 1986.-256с.
39. Гладков К.М., Глуценко Е.И., Лившиц Б.И. Технология текстильного машиностроения.– М: «Машиностроение», 1966.-439с.
40. Маслов Д.П., Данилевский В.В., Сасов В.В. Технология машиностроения.– Л.: Машгиз, 1957.-424с.
41. Каратыгин А.М., Анненкова Е.Г., Огринчук А. Н., Жильцов Н.И. Технология полиграфического машиностроения. –М: «Книга», 1967.-552с.

42. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. Под общ. ред. М.Е. Егорова. –М.: «Высшая школа», 1976.-534с.
43. Малкин Я.А. Основы технологии механической обработки деталей машин. М.: Машгиз, 1961.-199с.
44. Гурин Ф.В., Клепиков В.Д., Рейн В.В. Технология автотракторостроения. М., «Машиностроение», 1971.-344с.
45. Яхин А.Б. Ефимов В.П. Технология приборостроения. –М.: Оборонгиз, 1955.-379с.
46. Якобсон М.О. Технология станкостроения. –М. Машиностроение, 1966.-475с.
47. Эттель А.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения. – М.: Машгиз, 1961.-287с.
48. Технология машиностроения (специальная часть). Картавов С.А. Издательское объединение «Высшая школа», 1974.-272с.
49. Беспалов Б. Л., Глейзер Л.А., И.М. Колесов и др. Технология машиностроения. Специальная часть. М.: Машиностроение, 1965.-456с.
50. Батошин Т.К. и др. Технология вагоностроения. Ремонт и надежность вагонов: Учебник для техникумов по специальности «Вагоностроение». – М.Е. М.: Машиностроение, 1990.-360с.
51. Данилевский В.В. Технология машиностроения: Учебник для техникумов. – 5-е изд., перераб и доп. –М., Высш. Шк., 1984.-416с.
52. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. –М.: Машиностроение, 1987.-320с.
53. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения.: Учебник для вузов по инженерно-экономическим специальностям –М.: Машиностроение, 1990.-288с.
54. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин: Учебник для вузов. –М.: Высш. школа, 1981.-344с.

55. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. –М.:Машиностроение, 1990.–461с.

56. Гусев А.А. Ковальчук Е.Р., Колесов Е.М. и др. / Технология машиностроения (специальная часть) : Учебник для машиностроительных специальностей вузов. –М.: Машиностроение, 1986.-480с.

57. Капустин Н.М., Сухоруков К.М., Мещеряков Р.К. и др.; Под общ. ред. Н.М. Капустина / Технология производства гусеничных и колесных машин. Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. –М.: Машиностроение, 1989.-368с.

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

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

60. Махяринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения :Учебник. –Мн.: Вышп. шк., 1997.-423с.

61. Технология машиностроения: Вст.: 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.

62. Технология газонефтяного и нефтехимического машиностроения: учебное пособие. / Б.М. Базров, Б.А. Авербух и др.; Под общ. ред. Базрова Б.М.М.: Машиностроение, 1986.-256с.

63. Базров Б.М. Модульная технология производства деталей // Вестник машиностроения, 1987. №11. С.47-51.

64. Базров Б.М. Совершенствование машиностроительного производства на основе модульной технологии. // Станки и инструмент, 1985. №10. С22-

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

66. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Формализация проектирования схемы базирования заготовок корпусных деталей машин // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 17. Под ред. ИП Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – с.97-101.

67. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Современные CAD/CAM 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.

68. 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.

69. 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: МГПИим. Крупской, 2001. – с.57-59.

70. 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.

71. Беляков Н.В. Алгоритм формирования маршрута обработки типовых компонентов деталей машин // Молодежь и наука на пороге 3 тысячелетия. Мозырь: МГПИим. НК. Крупской, 2001. – с.5-9.