

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

621.8
УДК 658.512

№ госрегистрации 2001531

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
УО «ВГТУ»

С.М. Литовский

2005г.



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»)

(заключительный)

Часть 1

2001-гб-291

Начальник НИС

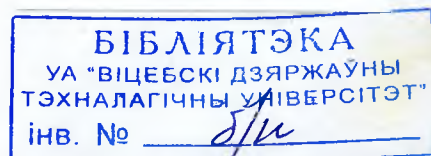
С.А. Беликов

Научный руководитель

Е.И. Махаринский

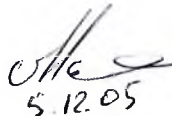
Витебск

– 2005 –

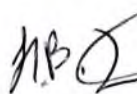


СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

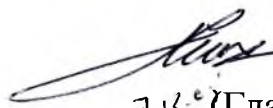
Руководитель работы,
канд. техн. наук,
профессор каф. ТиОМП


5.12.05 Е.И. Махаринский
(Введение, главы 1-6, заключение)

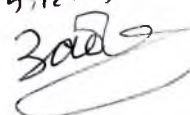
Ответственный исполнитель,
ассистент каф. ТиОМП

5.12.05 Н.В. Беляков
 (Главы 1-6, приложения А-Ф)


Ответственный исполнитель,
доцент каф. ТиОМП


7.12.05 Ю.Е. Махаринский
(Главы 2,3,5, приложения Е-Т)

Исполнитель,
студент

5.12.05 А.К. Забежинский
 (Приложение У)

Исполнитель,
студент


7.12.05 П.С. Кучинский
(Приложение У)

Исполнитель,
зав. лабораторией
кафедры ТиОМП

О.Н. Дроздова

(Оформление отчета)

Нормоконтролер



Ю.Е. Махаринский

РЕФЕРАТ

Отчет 325 с., 2 ч., 117 рис., 54 табл., 168 источников, 17 приложений.

КОРПУСНАЯ ДЕТАЛЬ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ, ИНФОРМАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ, МАРШРУТ ОБРАБОТКИ, СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ, СХЕМА УСТАНОВКИ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СИНТЕЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ, ГРАФ, РАЗМЕРНАЯ СВЯЗЬ, МАТРИЦА СМЕЖНОСТИ, ТОЧНОСТЬ, ПРИПУСК, ДОПУСК

Объект разработки – машиностроительные изделия, в частности корпусные детали, конструктивные элементы, поверхности, размерные связи между ними, а также этапы и процедуры проектирования технологических процессов их механической обработки.

Целью исследования являлось создание системно-структурных моделей и баз знаний проектирования индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин (вплоть до разработки программного обеспечения), которые за счет оптимального сочетания методов адресации и синтеза, оптимальной декомпозиции продукта производства и процесса проектирования, соблюдения принципов достаточности информации, минимума альтернатив и достаточной вероятности дают возможность обеспечить высокий уровень универсальности и гибкости системы автоматизированного проектирования, разработанной на их основе.

Для исследования и решения поставленных в работе задач использовались методы теории автоматизации проектирования, системно-структурного анализа и моделирования, теории графов, алгебры логики, теории множеств, теории алгоритмов, теории размерных цепей и теории вероятностей.

В соответствии с указанной целью были поставлены и решены задачи:

- разработка методики синтеза информационно-технологических моделей корпусных деталей на этапах механической обработки из параметризованных функциональных модулей (ФМ);
- определение принципов классификации и разработка элементов иллюстрированных классификаторов форм функциональных модулей по служебному назначению и степени сложности, а также составление стандартных маршрутов их обработки на основе анализа конструкторско-технологической документации машиностроительных предприятий;
- формализация процедуры назначения маршрута обработки ФМ;

– обоснование необходимости корректировки некоторых положений теории базирования, а также создание методических рекомендаций по использованию положений теории базирования при механической обработке;

– разработка методики синтеза комплектов технологических баз, порядка выполнения переходов внутри этапов типовой схемы механической обработки;

– разработка методики назначения вида компонентов (установочная направляющая, опорная и т.д.) комплекта технологических баз, а также состава компонентов теоретической схемы установки;

– разработка методики определения технологических размеров и размеров заготовки;

– разработка пакета прикладных программ автоматизации процедур проектирования.

Разработки внедрены на ОАО «ВИЗАС», ОАО «Витебский приборостроительный завод» (г. Витебск). Работа внедряется на НПП «ИНТЕРМЕХ» (г. Минск) в систему конструкторского автоматизированного проектирования CADMECH, систему автоматизации проектирования технологических процессов TECHCARD и АРМ конструктора оснастки.

Результаты работы (в виде методических рекомендаций и программных продуктов) внедрены в учебный процесс УО «ВГТУ» в курсы «Технология машиностроения», «Технология станкостроения», «Основы теории проектирования технических систем» и используются в лабораторных и практических занятиях, а так же при курсовом и дипломном проектировании.

Разработки могут быть полезны инженерно-техническим работникам машиностроительных предприятий занимающихся проектированием и внедрением технологических процессов механической обработки, разработчикам и наладчикам САПР ТП механической обработки. Они также могут использоваться студентами машиностроительных специальностей вузов, учащимися техникумов, колледжей, слушателями системы повышения квалификации машиностроительного профиля.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Перечень условных обозначений | 8 |
| Введение | 9 |
| 1. Синтез информационно-технологической модели геометрической формы корпусных деталей | 11 |
| 1.1. Классификация типовых функциональных модулей корпусных деталей..... | 11 |
| 1.2. Формат базы данных о внутренних показателях ФМ..... | 17 |
| 1.3. Внешние показатели функциональных модулей..... | 19 |
| 1.3.1 Простановка допусков ориентации обрабатываемых элементов объекта производства..... | 19 |
| 1.3.2 Правила формирования графов размерных связей деталей с плоскостью симметрии..... | 22 |
| 1.3.3. Графы угловых расположений..... | 25 |
| 1.4. Информационная модель геометрической формы корпусных деталей..... | 30 |
| 2. Методики назначения маршрута обработки функциональных модулей | 44 |
| 2.1. Синтез маршрута обработки типовых элементов корпусных деталей..... | 44 |
| 2.2. Использование типовых технологических модулей (регламентов)..... | 47 |
| 3. Теория базирования при механической обработке | 51 |
| 3.1. Теоретическая схема базирования..... | 51 |
| 3.2. Теоретическая схема установки..... | 64 |
| 4. Формализация синтеза маршрута обработки заготовок | 72 |
| 4.1. Типовая схема обработки..... | 72 |
| 4.2. Методика предварительного определения комплектов технологических баз и порядка обработки поверхностей заготовок корпусных деталей внутри этапов..... | 74 |
| 4.3. Синтеза маршрута обработки заготовок корпусных деталей, имеющих функциональные модули, ориентированные под углом..... | 99 |
| 4.4. Методика выбора оборудования..... | 101 |
| 5. Синтез схем базирования и схем установки | 105 |
| 5.1. Определение функций компонентов комплекта технологических | 105 |

| | |
|--|------------|
| баз..... | 111 |
| 5.2. Базирование выверкой и по разметке..... | 111 |
| 5.3. Методика структурного синтеза состава установочных компонентов теоретической схемы установки..... | 113 |
| 6. Структурные теоретико-множественные модели процедур проектирования..... | 119 |
| 6.1. Теоретико-множественная информационно-технологической модель геометрической формы детали и заготовки на этапах..... | 119 |
| 6.2. Синтез маршрута обработки ФМ, заготовки, схем базирования и выбор оборудования..... | 131 |
| 6.3. Определение численных значений технологических размеров и размеров заготовки..... | 135 |
| 6.3.1. Размерные схемы и размерные цепи технологического процесса.. | 135 |
| 6.3.2. Расчёт по уравнениям размерных цепей..... | 142 |
| Заключение..... | 146 |
| Список использованных источников..... | 150 |
| Приложения | |
| Приложение А. Иерархический классификатор форм функциональных модулей корпусных деталей машин..... | 159 |
| Приложение Б. Элементы классификатора комплексных функциональных модулей корпусных деталей машин по служебному назначению..... | 185 |
| Приложение В. Схемы распределения припуска по этапам типовой схемы обработки некоторых ФМ..... | 206 |
| Приложение Г. Таблицы однозначности ориентации и достаточности задания допусков относительных поворотов | 208 |
| Приложение Д. Численные значения неуказанных допусков перпендикулярности, соосности и симметричности..... | 214 |
| Приложение Е. Классификатор переходов механической обработки корпусных деталей..... | 217 |
| Приложение Ж. Таблица соответствия простейших ФМ коду перехода | 219 |
| Приложение К. Таблица уточненных переходов..... | 220 |
| Приложение Л. Режущий инструмент..... | 223 |
| Приложение М. Технологические регламенты обработки некоторых ФМ..... | 227 |
| Приложение Н. Алгоритмы назначения вида компонентов комплекта технологических баз и примеры их реализации..... | 230 |

| | |
|--|-----|
| Приложение П. Таблица соответствия установочных элементов технологической базе..... | 274 |
| Приложение Р. Таблица сокращения вариантов технических решений..... | 277 |
| Приложение С. Рекомендуемые графические обозначения ряда установочных устройств и опор, отсутствующих в ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79) «Опоры, зажимы, и установочные устройства. Графические обозначения»..... | 279 |
| Приложение Т. Таблицы сложности установочных компонентов..... | 280 |
| Приложение У. Описание программ проектирования..... | 283 |
| Приложение Ф. Акты о внедрении..... | 319 |

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений развития процесса технологической подготовки машиностроительного производства Республики Беларусь в условиях рыночных отношений и растущей конкуренции является автоматизация проектирования изделий и технологических процессов их изготовления.

Однако, несмотря на многочисленные исследования в области формализации проектирования технологических процессов механической обработки заготовок и созданию теоретических основ функционирования систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) (Горанский Г.К., Горелик А.Г., Ярмош Н.А., Капустин Н.М., Корчак С.Н., Старостин В.Г., Лелюхин В.Е., Челищев Б.Е., Митрофанов В.Г., Митрофанов С.П., Норенков И. П., Базров Б.М., Соломенцев Ю.М., Цветков В.Д. и др.) в настоящее время:

1). в серийном производстве, такие детали, как корпуса, кронштейны и т.п., чаще всего относят к числу оригинальных, и на них проектируется индивидуальная технология, преимущественно операционная;

2). в единичном и мелкосерийном производстве при неавтоматизированном проектировании разработки единичных технологических процессов выполняются на крупные оригинальные детали; для средних и мелких деталей такие разработки не выполняются из-за большого разнообразия деталей и ограниченного числа квалифицированных технологов-проектировщиков; в этом случае на оригинальные детали разрабатывается только маршрутный технологический процесс, что нередко приводит к ошибкам;

3). методика и формальные процедуры проектирования индивидуальных технологических процессов корпусных деталей методом синтеза (включает такие трудноформализуемые разделы, как назначение схем базирования, схем установки, выбор маршрута и основных технологических операций, выбор условий обеспечения заданной точности обработки и др.) разработаны не до конца; принятие проектных решений часто основывается на опыте и интуиции проектировщика; поэтому для деталей данного класса нет работоспособных САПР ТП, позволяющих выполнять указанные процедуры в автоматическом режиме;

4). не разработаны принципы построения информационно-технологической модели детали и заготовки на этапах обработки и принципы классификации компонентов корпусных деталей, которые позволили бы сократить затраты времени на описание и обработку исходной (конструкторской) информации;

5). теория базирования не дает четкого понятийного аппарата для формализации проектирования схем базирования и схем установки и является предметом обсуждения многих специалистов.

Технологическая подготовка серийного производства деталей машин, несомненно, влияет на качество и эффективность их изготовления. Высокое качество технологической подготовки производства повышает ее эффективность и существенно уменьшает вероятность брака. Разработанный технологический процесс должен обязательно обеспечить заданную чертежом точность размеров и относительных поворотов. Точность относительных поворотов обеспечивается только правильным выбором технологических баз. При обработке настроенным на партию деталей инструментом правильный выбор технологических баз обеспечивает также правильную точность чертежных размеров, особенно если последние получают опосредованно – через ряд технологических размеров.

Вследствие этого разработка теоретических основ, системно-структурных моделей и методик синтеза проектных решений является актуальной задачей, решение которой даст возможность повысить качество проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей, а также повысить производительность труда в сфере подготовки производства корпусных деталей машин.

Формализация процедур проектирования технологических процессов актуальна не только для автоматизации их выполнения, но и при ручном проектировании, как на производстве, так и в учебном процессе.

Разработанные системно-структурные модели, методики и программное обеспечение позволяют формировать информационно-технологическую модель корпусной детали внутри этапов механической обработки из параметризованных функциональных модулей, назначать вид компонентов комплекта операционных технологических баз (установочная, направляющая, опорная, двойная опорная и т.д.) и оптимальный состав компонентов схемы установки, а также определять порядок смены баз на каждом этапе технологического процесса.

Предлагаемые модели и методики могут применяться только при внесении некоторых уточнений и дополнений в ГОСТ 21495-76 «Базы в машиностроении, Термины и определения» и в ГОСТ 3.1107-81 (СТ СЭВ 1803-79) «Опоры зажимы и установочные устройства. Графические обозначения».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авербах А. З. О единой системе кодирования информации при автоматизации подготовки производства в машиностроении. – В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. Мн.: ИТК АН БССР, 1965, вып. 1, с. 211–237.
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. 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.
4. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / Корсаков В.С., Капустин Н.М., Темпельгольф К.-Х., Лихтенберг Х.; Под общ. ред.. Капустина Н.М.—М.: Машиностроение, 1985.—304с.
5. Бабак В.Ф. Модели и методы конструирования интеллектуальных САПР ТП механообработки.— М.: ВНИИТЭМР, 1990.-56с.
6. Байор Б.Н. О развитии методологии базирования // СТИН, 2000, № 3, С.24-26.
7. Базров Б.М. Выбор баз для установки сменных элементов системы СПИД // СТИН, 1982, № 5, С. 24.
8. Базров Б.М., Губарь В.А., Палийчук И.И. Внедрение модульного технологического процесса на участке токарных станков с ЧПУ // СТИН, 1989, № 11, С. 32-36.
9. Базров Б.М. Модульный принцип построения механосборочного производства // Вестник машиностроения, 1993, № 12, С. 18-23.
10. Базров Б.М. Модульная технология производства деталей // Вестник машиностроения, 1987, № 11, С. 47-52.
11. Базров Б.М. Концепция модульного построения механосборочного производства // СТИН, 1989, № 11, С. 16-19.
12. Базров Б.М. Концепция модульного построения технологических средств механосборочного производства // Вестник машиностроения, 1996, № 2, С. 28.
13. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1966.– 556с.
14. Батюшин Т.К. и др. Технология вагоностроения. Ремонт и надежность вагонов: Учебник для техникумов по специальности «Вагоностроение». – М.Е.. М.: Машиностроение, 1990.-360с.
15. Бирюков В.В., Дьяченко С.А. САПР технологических процессов обработки деталей типа тел вращения и корпусов // Станки и инструменты.-1991-№1.-с17-18.
16. Быков В.Г. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. –Л.: Машиностроение, 1989.-255с.
17. Быков В.П. Конструкторская и технологическая классификация деталей кузнечно-прессового машиностроения. – М.: НИИМАШ, 1973.
18. Беспалов Б. Л., Глейзер Л.А., И.М. Колесов и др. Технология машиностроения. Специальная часть. М.: Машиностроение, 1965.-456с.
19. Ветко А.Н., Калинин В.В. Формирование структуры технологического процесса обработки корпусных деталей на переналаживаемых линиях // СТИН, 1990, №2.С 24
20. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин: Учебник для вузов. –М.: Высш. школа, 1981.-344с.
21. Гаврилов Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем / СПб: Питер, 2000.-384с.

22. Гладков К.М., Глущенко Е.И., Лившиц Б.И. Технология текстильного машиностроения.– М.: «Машиностроение», 1966.-439с.
23. Глущенко Е.И., Основы технологической подготовки производства в текстильном машиностроении.– М.: Машиностроение, 1972.
24. Голимбиевский А.И. Основы системологии способ формообразующей обработки в машиностроении / Под ред. Петрова В.А.– Мн.: Наука и техника, 1986.-168с.
25. Голоденко Б.А., Смолянцев В.П., Черная Г.А. Интерактивная система автоматизированного проектирования технологических процессов обработки резанием // Вестник машиностроения.- 1990. №11.-с.26-27.
26. Горанский Г. К. К теории автоматизации инженерного труда.— Мн.; Изд-во АН БССР, 1962, с. 216.
27. Горанский Г. К. Система кодирования информации при машиностроительном проектировании.– В кн.: Вычислительная техника в машиностроении Мн.: НТК АН БССР, 1965, вып. 1, с. 38—120.
28. Горанский Г. К., Зозулевич Д. М., Шерлинг Д. Р. Внутренний язык автоматизированных систем проектирования в машиностроении.–Мн.: ИТК АН БССР, 1968, с. 112.
29. Горанский Г. К., Горелик А. Г., Зозулевич Д. М., Траинев В. А. Элементы теории автоматизации машиностроительного проектирования с помощью вычислительной техники.– Мн.: Наука и техника, 1970, с. 51.
30. Горанский Г.К., Бендерова Э.И. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства.- М.: Машиностроение, 1981.– 456с.
31. Горелик, А. Г., Ламбин Л. Н. Система кодирования геометрической информации о контурах плоских деталей.– В кн.; Вычислительная техника в машиностроении. Мн.: НТК АН БССР, 1965, выи. 1, с. 148–170.
32. Гривачевский А. Г., Горелик А. Г., Зозулевич Д. М. Системы кодирования контура плоской детали применительно к задачам геометрического анализа.– В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. Мн.: ИТК АН БССР, 1965, вып. 1. с. 144-147.
33. Гурин Ф.В, Клепиков В.Д., Рейн В.В. Технология автотракторостроения. М., «Машиностроение», 1971.-344с.
34. 119. Гусев А.А. Ковальчук Е.Р., Колесов Е.М. и др. / Технология машиностроения (специальная часть) : Учебник для машиностроительных специальностей вузов. –М.: Машиностроение, 1986.-480с.
35. 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. Методические рекомендации – М: ин-т Оргстанкипром, 1979.-151с.
36. Данилевский В.В. Технология машиностроения: Учебник для техникумов. – 5-е изд., перераб и доп. –М., Высш. Шк., 1984.-416с.
37. Дашенко А.И., Белоусов А.П. Проектирование автоматических линий.– Мн.: Высшая школа, 1983.– 394с.
38. Дашенко А.И., Гадельшин В.К., Межов А.Е., Рубцов А.П. применение метода направленного поиска при определении технологического маршрута механической обработки корпусных деталей.– в кн. Автоматизация технической подготовки производства.. Мн.: Ин-т технической кибернетики АН БССР, 19 , вып. С.82-91.
39. Диалоговая система многоуровневого проектирования технологических процессов гибкого производства / Митрофанов В.Г., Басин А.М., Балаболин В.Н. и др. // Вестник машиностроения.- 1987. №2.-с.26-27.

40. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. Под общ. ред. М.Е. Егорова. –М.: «Высшая школа», 1976.-534с.
41. Емельянов В.Н. О разработке теоретических схем базирования // СТИН, 2002, № 1, С.32-34.
42. Зарубин В.М., Капустин Н. М. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. – М.: Машиностроение, 1979.-488с.
43. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М.: Машиностроение, 1975.-222с.
44. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения. М.: Издательство стандартов, 1977.-228с.
45. Информационно-поисковая система технологического назначения / под общ. ред, Н. А. Ярмоша.– Мн.: ИТК АН БССР, 1978, с. 159.
46. Каратыгин А.М., Анненкова Е.Г., Огринчук А. Н., Жильцов Н.И. Технология полиграфического машиностроения. –М.: «Книга», 1967.-552с.
47. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей с помощью ЭВМ. М.: Машиностроение, 1976.- 288с.
48. Капустин Н.М., Семенов А.В. Моделирование на ЭВМ интеллектуальной деятельности технолога при проектировании технологических процессов механической обработки // Вестник машиностроения, 1987, № 6, С. 39-43
49. 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.
50. 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.
51. Клевцов В.А., Муцянко В.И., Бородянский В.И., Серогодская Н.Я. Базирование в проблеме разработки АСТПП // Технологические исследования и разработки в системах автоматизированного проектирования.– Владивосток, 1980.– С. 32-43.
52. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. –М.: Машиностроение, 1987.-320с.
53. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учеб. для машиностроит. Спец. Вузов. –М.: Высш. шк., 1999.-591с.
54. Коммисаров В.И., Леонтьев В.И. Точность, производительность и надежность в системах проектирования технологических процессов.М.: Машиностроение, 1985.-219с.
55. Конструктивно- технологический классификатор деталей металлорежущих станков. – М.: ин-т «Оргстанкинпром», 1976.
56. Кочуров В. А. Система кодирования конструкторской и технологической подготовки производства в машиностроении.– В кн.: Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / Под ред. Г. К. Горанского. М.: Машиностроение, 1976, с. 29.
57. Куликов Д.Д., Яблочников Е.И. Язык описания операционных заготовок / Автоматизация технической подготовки производства. Мн: ИТК АН БССР, 1986, с 114-112.
58. Куликов Д.Д. Метод кодирования операционных заготовок для механической обработки деталей/ Автоматизация технической подготовки производства. Мн: ИТК АН БССР, 1985, с 85-93.
59. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. Учебник для вузов. –М.: Радио и связь, 1990.-352с.
60. Малкин Я.А. Основы технологии механической обработки деталей машин. М.: Машгиз, 1961.-199с.

61. Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР.– М.: Энергоатомиздат, 1991.–136с.
62. Маслов Д.П., Данилевский В.В., Сасов В.В. Технология машиностроения.– Л.: Машгиз, 1957.-424с.
63. Маталин А.А Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985.-464с.
64. Маталин А.А Технология механической обработки. Л.: Машиностроение, 1977.-464с.
65. Мауэргаус Ю.Е. Геометрическое моделирование чертежей деталей в системе технической подготовки производства // Вестник машиностроения 1991, №2, С55.
66. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения: Учебник. –Мн.: Выш. шк., 1997.-423с.
67. Методика. Правила формализованного представления конструкторской и технологической информации.– М.: Изд-во стандартов, 1976.
68. Митрофанов С. П., Гульнов Ю.А., Куликов Д.Д. Автоматизация технологической подготовки серийного производства. М.: Машиностроение, 1974.-360с.
69. Митрофанов С. П. Научная организация машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1976.-712с.
70. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. В2-х томах, 3-е изд., перераб. И доп. Л.: Машиностроение, 1983.-404с.
71. Михалев С.Б. Автоматизация процессов подготовки производства. Мн., «Беларусь», 1973-288с.
72. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения.: Учебник для вузов по инженерно-экономическим специальностям –М.: Машиностроение, 1990.-288с.
73. Новиков О.А., Тянтов А.Я. Автоматизированное проектирование модульных технологических процессов // СТИН, 1989, № 11, С. 21-26.
74. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.-360с.
75. Операционная технология обработки деталей на многооперационных фрезерных станках с ЧПУ. Методические рекомендации. Эстерзон М.А., Шрайбман С.М. Под ред Юхвида М.Е. М., ЭНИМС, 1977.-73с.
76. Орловский Г.В., Слисенко А.О. Искусственный интеллект: промышленная точка зрения.– В кн.: ЭВМ в проектировании и производстве.–М.-Л.:Машиностроение, 1983с. 5-16.
77. Павлов В.В., Кухоре В.С., Соколов В. Н. и др. САПР. Проектирование технологических процессов механической обработки резанием по типовым математическим моделям. Методические рекомендации, МР 109-84.– М., ВНИИНМАШ, 1984. –144с.
78. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства / С.П. Митрофанов, Ю. А. Гульнов, Р.Р. Куликов и др. – М.: машиностроение, 1981. 287с.
79. Проектирование технологии: Учебн. для вузов/И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др. Под ред. Ю.Б. Соломенцева.– М.: Машиностроение, 1990.-416с.
80. 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.
81. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов/ И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И.П. Филонова.– Мн.: УП «Технопринт», 2003.-910с.
82. Размерный анализ технологических процессов обработки / И.Г. Фридлиндер, В.А. Иванов, М.Ф. Барсуков и В.А. Слуцкер; Под общ. ред. И.Г. Фридлиндера.–Л.:Машиностроение. Ленингр.отд-ние, 1987.-141с.

83. Разработка САПР: В10 кн./ Петров А.В., Черненький В.М., Данчул А.Н. и др. Под ред. А.В. Петрова.–М.: Высш. шк., 1990.
84. РТМ2-040-45–74 Технологический регламент. Механическая обработка деталей типа корпусов шпиндельных бабок прецизионных металлорежущих станков средних размеров в условиях серийного и мелкосерийного производства.– М.: НИИМАШ, 1975.– 42с.
85. РТМ2-040-43–74 Технологический регламент. Механическая обработка деталей типа столов прецизионных металлорежущих станков средних размеров в условиях серийного и мелкосерийного производства.– М.: НИИМАШ, 1975.– 40с.
86. РТМ2-040-42–74 Технологический регламент. Механическая обработка деталей типа стоек и колонок прецизионных металлорежущих станков средних размеров в условиях серийного и мелкосерийного производства.– М.: НИИМАШ, 1975.– 31с.
87. РТМ2-040-40–74 Технологический регламент. Механическая обработка деталей типа корпусов коробок подач, коробок скоростей, фартуков прецизионных металлорежущих станков средних размеров в условиях серийного и мелкосерийного производства.– М.: НИИМАШ, 1975.– 40с.
88. Рыбальченко Ю.Л., Хостикоев М.З. Инструментальное обеспечение модульных технологических процессов // СТИН, 1989, № 11, С. 26-29.
89. Саратов А.А. Математическое моделирование процесса выбора баз при машинном проектировании технологических процессов.– в кн. Автоматизация технической подготовки производства.. Мн.: Ин-т технической кибернетики АН БССР, 19 , вып. С.54-64.
90. 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.
91. Серебряков В.И. Материализация схем базирования заготовок установочными элементами // Машиностроение.– Мн., 2002.-Вып.18-С.156-160.
92. Синтез структуры САПР из унифицированных блоков. Методические рекомендации. МР 111-84. М., ВНИИМАШ, 1984. –63с.
93. Системы автоматизированного проектирования. В 9-ти кн.Кн.6. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования .Учеб. пособие для втузов / Н.М.Капустин, Г.Н.Васильев; Под ред. И.П.Норенкова.—М.: Высш. Шк., 1986. – 125 с.
94. 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.
95. 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.
96. Система ускоренной технологической подготовки производства на базе комплексной стандартизации ее элементов. М.: Издательство стандартов, 1972, -32с. 87. Системное проектирование интегрированных АСУ ГПС машиностроения / Ю.М. Соломенцев, В.А. Исаченко, В.Я. Польшакин и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева и др.– М.: Машиностроение, 1988.-488с.
97. Скворцова А.С., Аверьянов О.И. Формализованная классификация деталей машиностроения // СТИН, 2001, №6.С 24.
98. Соколовский А.П. Курс технологии машиностроения. М.: Машгиз, 1947
99. Солонин С.И., Солонин И.С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. М.: Машиностроение, 1980.-110с.
100. Сорокин А.И., Рыбальченко Ю.Л., Чернова Т.А. Модульные технологические процессы изготовления деталей // СТИН, 1989, № 11, С. 20-21.
101. Сорокин А.И. Построение систем переналаживаемых станочных приспособлений при модульной технологии // СТИН, 1989, № 11, С. 29-32.

102. Старец А.С. Опыт разработки и внедрения системы автоматизации технологического проектирования на предприятиях с серийным характером производства. Киев: Знание, 1983. 24с.
103. Старостин В.Г. Лелюхин В.Е. Формализация проектирования процессов обработки резанием. - М.: Машиностроение, 1986.-136с.
104. Старостин В.Г. Синтез структур маршрутно-операционных технологических процессов обработки резанием // СТИН, 1992, № 8, С. 27-30.
105. Стрелец А.А., Фирсов В.А. Размерные расчеты в задачах оптимизации конструкторско-технологических решений.—М.: Машиностроение, 1988.-120с.
106. Ступаченко А.А. САПР технологических операций. —Л.: Машиностроение, 1988.-234с.
107. 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.
108. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С. П. Митрофанов, Д.Д. Куликов, О.Н. Миляев, Б.С. Падун; Под общ. Ред. С.П. Митрофанова.— Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987.—352с.
109. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. (В 2-х частях). Часть1. Издательство стандартов. 1976,-84с.
110. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. (В 2-х частях). Часть2. Издательство стандартов. 1976,-86с.
111. Технологические основы гибких производственных систем: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / В.А. Медведев, В.П. Вороненко, В.Н. Брюханов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева.— 2-е изд., испр.— М.: Высш. шк., 2000.- 255с.
112. Ткачева О.Н., Кузнецов А.П. Современные автоматизированные системы проектирования технологических процессов в машиностроении. — М: НИИМАШ, 1984.-72с.
113. Ткаченко Л.С., Соусь А.В., Яковицкий Э.Ф. Основы автоматизации проектирования технологических процессов обработки резанием. — Мн.: Наука и техника, 1978.-159с.
114. Технология машиностроения. В 2кн. Кн.1 Основы технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина.— М. Высш. шк., 2003.— 278с.
115. 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.
116. Технология машиностроения (специальная часть). Картавов С.А. Издательское объединение «Вища школа», 1974.-272с.
117. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство: Пер. с англ.—М.: Мир, 1991.-296с.
118. 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.
119. Цветков В. Д. Система кодирования и вопросы построения информационного языка для описания исходной информации при технологическом проектировании.— В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. Мн.: ИТК АН БССР, 1965, вып. 1, с 193-210.
120. Цветков В.Д. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1972.-240с.
121. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979,-256с.
122. 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.

123. Цепи размерные. Расчет технологических размерных цепей / Матвеев В.В., Свиридов Ю.Н., Блюменкранц Д.Л. и др.– М.: ВНИИНМАШ, 1982.–226с.
124. Челищев Б.Е., Боброва И.В. Автоматизированные системы технологической подготовки производства. М.: Энергия, 1975. 136с.
125. Червяков Л.М. Моделирование технологических решений // СТИН, 1997, № 4, С. 24-28
126. Шишков С.Е., Котов А.В., Деревьева А.Н. Автоматизация размерного анализа и синтеза технологических процессов // СТИН, 1992, № 3, С. 3-4.
127. 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.
128. Шрайбман С.М., Эстерзон М.А. Технологическая подготовка обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ. – М: Наука, 1978.-51с.
129. Эттель А.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения. –М.: Машгиз, 1961.-287с.
130. Юшкевич В.В. Построение структуры расточных операций комбинаторными методами.– В сб.: Автоматизация технической подготовки производства. Минск: Изд-во АН БССР, 1981, с. 116-125.
131. Якобсон М.О. Технология станкостроения.– М. Машиностроение, 1966.-475с.
132. Ярмош Н.А. Автоматизация информационных процессов проектирования. Минск: Наука и техника, 1984.
133. Яхин А.Б. Ефимов В.П. Технология приборостроения. –М.: Оборонгиз, 1955.-379с.
134. Махаринский Е.И., Горохов В.А., Схиртладзе А.Г, Махаринский Ю.Е., Беляков Н.В. Основы технологии машиностроения.– М.: Глобус, 2005.- 360с
135. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Махаринский Ю.Е. Методика формализованного проектирования схем базирования, схем установки и маршрута обработки заготовок корпусных деталей машин: Научное издание.– Витебск: УО «ВГТУ», 2004.-39с.
136. Махаринский Е.И., Беляков Н.В. Методика синтеза индивидуальных технологических процессов изготовления корпусных деталей машин // ВЕСТНИК МАШИНОСТРОЕНИЯ, 2005.– С. 57-65.
137. Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е., Беляков Н.В. О теории базирования при механической обработке // СТИН, 2005, № 4, С. 29-32.
138. Беляков Н.В., Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е. Погрешность теоретической схемы установки // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Девятый выпуск/ УО «ВГТУ».– Витебск, 2005.- С. 72-77.
139. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Махаринский Ю.Е. Направление развития теории базирования // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Пятый выпуск / УО «ВГТУ». – Витебск, 2003.-С. 54-59.
140. Беляков Н.В. Формализация процедур проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей машин // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». Шестой выпуск / УО «ВГТУ». – Витебск, 2004.- С. 63-69.
141. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Методика разработки схем базирования // Вестник Витебского государственного технологического университета. Четвертый выпуск / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002.-С. 38-43.
142. 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.
143. 10. Беляков Н.В., Жемчужный М.И., Махаринский Е.И. Погрешность схемы установки // Веснік ВДУ, 2005, №3(37). С. 122-127.

144. 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.
145. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Методика проектирования индивидуального маршрута обработки заготовок корпусных деталей внутри этапов типовой схемы обработки // Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 20. Под ред. И.П. Филонова.– Мн.: УП «Технопринт», 2004.
146. 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.
147. 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.
148. 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.
149. 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 «Технопринт», 2001.– с.97-101.
150. Беляков Н.В., Махаринский Е.И., Саланенко И.В. Автоматизация расчетов технологических размерных цепей для оценки адекватности технологических процессов механической обработки // Сборник статей Международной научно-методической конференции.– Витебск.: ВФ ЧУО «ИСЗ им. А.М.Широкова», 2005.–С.216-219.
151. Беляков Н.В. 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.
152. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Проблема сбережения ресурсов на стадии проектирования технологии изготовления корпусных деталей машин // Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства. Материалы международной научно-технической конференции. Ноябрь 2003 г. Часть I. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2003.-С. 38-45.
153. Беляков Н.В. Забежинский А.К. Махаринский Ю.Е. 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. С. 22-25.
154. 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.– С.223.
155. 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.- С.102-104.
156. Беляков Н.В. Методика построения графов размерных связей корпусных деталей машин с плоскостью симметрии // VIII Республиканская научная конференция студентов и аспирантов Беларуси «НИРС-2003». Тезисы докладов. В 7-ми частях. Часть I. Транспорт и машиностроение / БНТУ Ред. кол.: Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюк и др.– Минск: Изд-во БНТУ.-С. 173-174.
157. 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.– С.120.

158. 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.
159. 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.
160. 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.
161. 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.
162. 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.
163. 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.
164. Беляков Н.В. Теоретико-множественные модели процедур проектирования ТП обработки корпусных деталей // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы респ. науч.-техн. конф.– Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 2005.- С. 21.
165. Беляков Н.В., Саланенко И.В. автоматизация оценки спроектированного технологического процесса механической обработки корпусных деталей // VIII Республиканская научная конференция студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 14-16 марта 2005г.: [материалы] / редкол.: Д.Г. Лиин [и др.].– Гомель: Изд-во ГГУ им. Ф. Скорины, 2005.– С. 119-120.
166. Беляков Н.В. Формализованная методика оценки адекватности спроектированного технологического процесса механической обработки корпусных деталей // Республиканская конференция «Содружество наук. Барановичи-2005» / УО «БрГТУ».– Барановичи: УО «БрГТУ», 2005.– С. 256-258.
167. Беляков Н.В. Погрешность теоретической схемы установки // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы респ. науч.-техн. конф.– Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-российский университет», 2005.- С. 20.
168. Саланенко А.В., Беляков Н.В. Автоматизация размерного анализа технологических процессов механической обработки деталей // Тезисы докладов XXXVIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ».– Витебск: УО «ВГТУ», 2005.– С. 124.

