

Для служебного пользования

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Витебский технологический институт легкой промышленности

УДК 621.9.113.

№ Гос.регистрации 0182.1007647

Инв. № 02860 090460

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер п/я А-1739

В.И.ДУБКО

22 февраля 1986 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
работе ВТИЛП

В.Е.ГОРБАЧИК

22 февраля 1986 г.

ОТЧЕТ ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

"РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ"

(заключительный)

Книга I

ХД-82-161

Начальник научно-исследовательского  
сектора ВТИЛП

И.Е.ПРАВДИВЫЙ

20 февраля 1986 г.

Зав.кафедрой "Технология машино-  
строения", руководитель темы, к.т.н.

В.И.ГОРЮШКИН

"15" февраля 1986 г.

Витебск-1985

Библиотека ВГТУ





## Р Е Ф Е Р А Т

Отчет состоит из 8 книг.

Книга I содержит 77 страниц, из них 5 рисунков.

Книга II содержит 61 страницу, из них 19 рисунков, 4 таблицы.

Книга III содержит 88 страниц, из них 41 рисунок, 28 таблиц.

Книга IV содержит 80 страниц, из них 25 рисунков, 3 таблицы.

Книга V содержит 79 страниц, из них 27 рисунков, 16 таблиц.

Книга VI содержит 89 страниц, из них 12 рисунков, 1 таблица.

Книга VII содержит 72 страницы, из них 48 рисунков, 4 таблицы, 2 чертежа.

Книга VIII содержит 82 страницы, из них 42 рисунка, 13 таблиц.

Количество использованных источников - 25.

На основе системного подхода к проектированию производственных систем исследованы перспективные направления и средства автоматизации мелкосерийного производства деталей машин и приборов на предприятии А-1739. Разработаны технологические процессы и прототипы гибких производственных модулей, с соответствующим программно-математическим обеспечением, функционирующих в безлюдном режиме:

- на основе методов резания;
- на основе методов порошковой металлургии;
- на основе методов послойного синтеза.

Впервые реализован принцип изготовления деталей по требованию сборочного производства, способы гибкого автоматического производства изделий из порошковых, композиционных ( в т.ч.





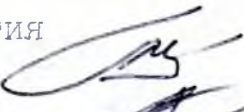
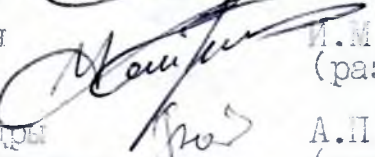
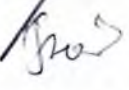


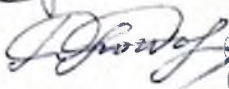
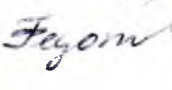
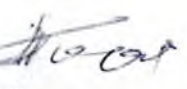
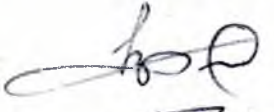
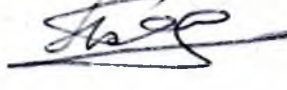
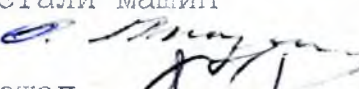
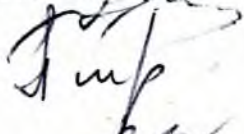
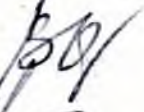

полимерных) и др. материалов.

Разработана и апробирована методика определения рациональных типов и структур ГПС на стадии макропроектирования, а также рекомендации по созданию высокоэффективных ГПС в условиях предприятия А-1739 и отрасли.

Ряд разработок, в т.ч. программно-математические обеспечения САПР ТП и систем управления, выполнены по модульному принципу в рамках установленных государственных стандартов, что допускает их использование для автоматизации производства других предприятий и отраслей.



# СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

1. Зав.кафедрой "Технология машиностроения", к.т.н., доцент  В.И.ГОРЮШКИН  
(общее руководство, раздел 1, 6)
2. Доцент кафедры "Технология машиностроения", к.т.н.  Е.И.МАХАРИНСКИЙ  
(раздел 3)
3. Зав.кафедрой "Начертательная геометрия и черчение", к.т.н., доцент  П.И.СКОКОВ  
(раздел 4) ✓
4. Доцент кафедры "Технология машиностроения", к.т.н.  А.А.УГОЛЬНИКОВ  
(раздел 5)
5. Доцент кафедры "Технология машиностроения", к.т.н.  Е.В.БЕЛОВ  
(раздел 5)
6. Доцент кафедры "Высшая математика", к.т.н.  И.М.КОНТОРОВИЧ  
(раздел 3)
7. Ст.преподаватель кафедры "Начертательная геометрия и черчение"  А.П.БОТАЛКО  
(раздел 4) ✓
8. Ведущий инженер  В.С.ФИАЛКО  
(раздел 5)
9. Младший научный сотрудник  А.Г.ВАСИЛЕВСКИЙ  
(раздел 5)
10. Младший научный сотрудник  С.А.ДРОЗДОВ  
(раздел 5)
11. Младший научный сотрудник  Т.Г.ФЕДОТОВА  
(раздел 3)
12. Младший научный сотрудник  В.И.ТОЛОКОЛЬНИКОВ  
(раздел 2)
13. Инженер  В.Г.ДОРОДЕЙКО  
(раздел 5)
14. Инженер  С.П.ТЕТМЬЕВ  
(раздел 5)
15. Доцент кафедры "Детали машин и ТММ", к.т.н.  О.С.МУРКОВ  
(раздел 5)
16. Доцент кафедры "Высшая математика", к.т.н.  В.П.ПИСКУНОВИЧ  
(раздел 2)
17. Зав.лабораторией кафедры "Технология машиностроения"  В.Г.ОГРИЗКО  
(раздел 4) ✓
18. Начальник СМП "Кулон"  Н.С.ЛЮБОЧКО  
(раздел 2,3,5)

19. Ст.инженер СМП "Кулон"



А.К.СТАРИКОВИЧ  
(раздел 2,3,5)

20. Инженер СМП "Кулон"



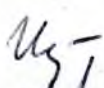
Т.Ф.РЯЗАНОВА  
(раздел 1,3)

21. Ассистент кафедры "Технология машиностроения"



Д.Н.СВИРСКИЙ  
(раздел 5)

22. Ассистент кафедры "Технология машиностроения"



Г.П.ИЛЬИЧЕВА  
(раздел 3)

23. Ассистент кафедры "Технология машиностроения"



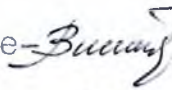
В.В.ХОРОШЕВ  
(раздел 4)

24. Инженер вычислительного центра ВТИЛП



М.А.ИГНАТЕНКО  
(раздел 3)

25. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



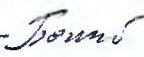
В.Л.ВИШНЯКОВ  
(раздел 5)

26. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



Г.А.ХМЕЛЕВ  
(раздел 5)

27. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



А.Е.БАТЮКОВ  
(раздел 4)

28. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



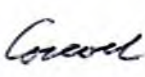
В.Н.ВАЙНИШТЕЙН  
(раздел 4)

29. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



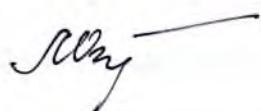
Ю.В.СУДАКОВ  
(раздел 5)

30. Студент 5-го курса механического факультета ВТИЛП



СЫСОЕВ  
(раздел 5)

Нормоконтроль



Л.А.ОГРИКО



# СОДЕРЖАНИЕ

## КНИГА I

	Стр.
ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ .....	14
ВВЕДЕНИЕ .....	15
I. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	17
I.1. Анализ развития концепций ГАП в машиностроении...	17
I.2. Классификация технологических методов изготовления деталей .....	36
I.3. Перспективы развития гибкого производства деталей машин методами синтеза .....	39
I.3.1. Технология гибкого производства методами синтеза .....	47
I.3.2. Технология производства деталей методами прямого синтеза .....	52
I.4. Статистический анализ деталей и постановка задачи ИКР .....	70

## КНИГА II

2. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ГИБКОГО ТОКАРНОГО МОДУЛЯ ГТМ-01....	3
2.1. Назначение, состав и организация работы модуля ГТМ-01 .....	4
2.2. Транспортно-накопительная система ГТМ-01 .....	11
2.2.1. Описание конструкции и принципа действия транспортно-накопительной системы .....	11
2.2.2. Алгоритмы работы ТНС .....	17
2.3. Система смены инструмента (ССИ) .....	30
2.3.1. Описание конструкции и принцип действия ССИ .....	30
2.3.2. Алгоритм работы ССИ .....	35
2.4. Механизм уборки стружки .....	43
2.5. Система доставки и зажима деталей на станке .....	44

	Стр.
2.5.1. Описание конструкции и принципа действия схвата-робота.....	44
2.5.2. Модернизация электронного логического блока управления роботом "Электроника-НЦГМ-01".....	45
2.5.3. Описание конструкции и принципа работы переднего ведущего центра.....	46
2.5.4. Описание конструкции и принципа действия механизма автоматического перемещения задней бабки.....	50
2.5.5. Алгоритм управления системой доставки и зажима деталей на станке.....	50
2.6. Электроавтоматика управления подсистемами ГТМ-01.....	56
2.6.1. Схема электрических соединений.....	56
2.6.2. Логический электронный блок, управляющий работой ТНС и ССИ.....	56
2.6.3. Логический электронный блок, управляющий системой оперативного управления НЦ-ЗГ.....	60
2.6.4. Релейные схемы.....	61

### КНИГА III

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГТМ-01	
3.1. Структура ПМО ГТМ-01.....	4
3.2. Кодирование и ввод информации.....	10
3.2.1. Кодирование информации.....	10
3.2.2. Инструкция по кодированию.....	15
3.3. Алгоритм выбора инструментальной наладки.....	32
3.4. Алгоритм расчета режимов резания.....	35
3.4.1. Расчет режимов чернового точения.....	35
3.4.2. Расчет параметров прорезания канавок для выхода инструментов.....	38
3.4.3. Расчет параметров режима чистового точения.....	41
3.4.4. Расчет параметров режима прорезания стопорных канавок.....	43



	Стр.
3.4.5. Расчет параметров режима прорезания резьбы	43
3.5. Технологические расчеты.....	45
3.5.1. Технологические расчеты при обработке цилиндрических поверхностей.....	47
3.5.1.1. Технологические диаметральные размеры (перемещение инструмента по оси X).....	47
3.5.1.2. Технологические расчеты длины обработки цилиндрической поверхности.....	52
3.5.2. Технологические расчеты при обработке конических поверхностей.....	55
3.5.2.1. Технологические диаметральные размеры (перемещение по оси X)...	55
3.5.3. Технологические расчеты при обработке резьбовых поверхностей.....	60
3.5.4. Технологические расчеты при обработке канавок.....	63
3.6. Назначение циклов, необходимых для полной обработки любой ступеньки вала.....	65
3.7. Стандартные циклы.....	68
3.8. Формирование программы управления системой ЧПУ станка.....	69
3.9. Размещение заготовок суточного задания по кассетам.....	78
3.10. Расчет координат для схвата робота.....	78
3.11. Программно-математическое обеспечение управления подсистемами ГТМ-01.....	80

#### КНИГА IV

4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ГИБКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ГТМ-02.....	3
4.1. Обоснование и формирование служебного назначения ГТМ-02.....	3
4.2. Разработка схем прессования для реализации в системе гибкого производства.....	11



	стр.
4.3. Результаты испытания схем прессования.....	20
4.3.1. Описание экспериментальной установки.....	20
4.3.2. Результаты испытаний.....	28
4.3.3. Выводы.....	29
4.4. Назначение, структурная схема и принцип работы ГТМ-02.....	29
4.5. Математическое обеспечение и система управления ГТМ-02.....	51
4.5.1. Разработка алгоритмов и блок-схем программ управления.....	51
4.5.2. Формирование массива данных и выяснение возможности сборки данной детали.....	55
4.5.3. Определение входных параметров для программы работы робота.....	58
4.5.4. Принципиальная схема управления ГТМ-02....	69

## КНИГА У

5. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ГИБКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ГТМ-03 ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА.....	4
5.1. Анализ процесса изготовления деталей машин методом лазерной полимеризации.....	7
5.1.1. Физика и химия лазерной полимеризации.....	7
5.1.2. Возбуждение молекул с помощью лазерного * излучения.....	10
5.1.3. Методика исследования процесса полимери- зации.....	11
5.1.4. Описание установки.....	15
5.1.5. Оптическая система ИК лазеров.....	17
5.1.6. Кювета.....	17
5.1.7. Результаты лабораторных исследований.....	18
5.1.8. Выводы.....	18
5.2. Разработка метода изготовления деталей машин способами фотополимеризации.....	20
5.3. Определение области рационального применения ГТМ-03.....	35

	Стр.
5.4. Обоснование и формирование служебного назначения ГТМ-03.....	53
5.5. Состав и работа стенда ГТМ-03.....	54
5.5.1. Описание устройства и принцип действия стенда ГТМ-03.....	54
5.5.2. Описание функциональной схемы управления установкой.....	57
5.5.3. Циклограмма работы установки.....	58
5.5.4. Устройство раскроя.....	60
5.5.5. Описание устройства манипулятора.....	60
5.5.6. Оптическая система установки.....	62
5.5.7. Пневматическая схема.....	62
5.5.8. Описание узла активизации клеевого слоя...	64
5.6. Система управления ГТМ-03.....	65
5.6.1. Описание принципа действия блока развязки "ЭВМ-установка".....	73
5.6.2. Расчет блока развязки "ЭВМ-установка".....	75
5.6.3. Выбор элементов блока релейной автоматики	78

## КНИГА УІ

5.7. Программа управления ГТМ-03.....	3
5.7.1. Общее описание.....	3
5.7.2. Инструкция оператору.....	3
5.8. Технология послойного синтеза.....	5
5.8.1. Раскрой листового материала.....	5
5.8.2. Транспортировка вырезанных слоев.....	11
5.8.3. Соединение слоев.....	12
5.9. Выводы и рекомендации.....	25
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ.....	
6.1. Методика определения типа и структуры технологических систем на стадии макропроектирования гибкого производства.....	28



	Стр.
6.2. Определение рациональной структуры ГПС.....	45
6.3. Закономерности развития и методика выбора технологических концепций ГАП.....	56
6.4. Общие принципы создания эффективных ГАП деталей машин и приборов.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	84
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	88

## КНИГА УП

### ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Анализ номенклатуры изделий.....	3
2. Механизм поворота, смена инструмента .....	32
3. Механизм схвата робота .....	35
4. Схема электрических соединений .....	39
5. Блок-схема головной программы подготовки УП.....	41
6. Кодирование и ввод информации .....	48
7. Алгоритм выбора инструментальной наладки и расчета режимов резания .....	58
8. Технологические расчеты при обработке цилиндрических и конических поверхностей .....	72

## КНИГА УПШ

### ПРИЛОЖЕНИЯ

9. Назначение циклов, необходимых для полной обработки любой ступеньки вала .....	3
10. Стандартные циклы обработки любой ступеньки вала .....	17
11. Блок-схема управляющей программы .....	44
12. Блок-схема расчета координат для схвата робота .....	60
13. Общая блок-схема программы, управляющей модулем ГТМ-01 .....	66
14. Блок-схема алгоритма программы приведения механизмов робота в нуль .....	72

	Стр.
15. Блок-схема алгоритма подпрограммы перемещения механизма робота в заданную точку .....	72
16. Блок-схема алгоритма подпрограммы управления транспортно-накопительной системы .....	75
17. Блок-схема алгоритма формирования массива данных и выявления возможности сборки данной детали .....	79
18. Блок-схема алгоритма определения входных параметров для программы работы робота .....	81



## В В Е Д Е Н И Е

Современное состояние и ближайшие перспективы развития отрасли в значительной мере определяются степенью и перспективами развития автоматизации процессов производства деталей. В свою очередь, в этой области центр тяжести НИОКР переносится на создание гибких производственных систем различного уровня интеграции – от производственных модулей до автоматических заводов.

Как и любая новая техническая концепция, гибкое автоматизированное производство требует решения целого ряда научно-технических проблем и, прежде всего, создания принципиально новых технологических процессов и средств, а также методических материалов, обеспечивающих эффективность принятия конкретных технических решений. Уже первый опыт внедрения гибких производственных систем показал, что первостепенное значение приобретают задачи определения соответствия выбранных технологических принципов, типа и структуры ГПС характеру продукции и производственным условиям предприятия.

Именно такие задачи позволяет решать методика макропроектирования ГПС, в основу которой положен подход к производственной системе как процессору, преобразующему информацию о потоке заказов в готовую продукцию. Данная методика позволяет определить требуемые количественные показатели эффективности ГПС (гибкость, производительность и др.), предназначенные для выбора рациональных принципов, типов и структур технологических систем ГАП уже на стадии формирования технического задания (включая формулировку целей) ГПС.

В соответствии с конкретными условиями механических цехов предприятия и отрасли разработаны и апробированы прототипы гибких производственных модулей, реализующих безлюдный режим функционирования:

- ГПМ токарной обработки деталей типа "валы" (со схемой установки "в центрах") ;
- ГПМ и технологическая оснастка изготовления деталей из порошковых материалов ;
- ГПМ изготовления деталей и их моделей методами технологии послойного синтеза.

Значительная часть разработок выполнена на уровне законченных технических решений и может быть рекомендована к широкому внедрению в отрасли.

В то же время часть разработок принципиально нового характера (как, например, технология получения изделий любой конфигурации методами направленной фотополимеризации) требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, превышающих возможности (в т.ч. финансовые) одного предприятия.



# I. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА, АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

## I.1. Анализ развития концепций ГАП в машиностроении

С середины 70-х годов наблюдается резкая активизация исследований по проблемам развития и применения ГПС. В Японии, ФРГ, США, Великобритании и других странах были созданы национальные проекты по реализации гибкой "безлюдной" технологии в серийном производстве, разработка которых осуществляется в рамках жесткой конкуренции. Повышенный интерес к разработке средств, реализующих гибкую безлюдную технологию, объективно основан на современной ситуации, сложившейся в мировом промышленном производстве, характеризующимся, с одной стороны, быстрой сменяемостью заказов, и с другой стороны, возрастающим дефицитом и стоимостью рабочей силы. В ближайшее время жизнеспособность многих предприятий будет определяться тем, как быстро и с какими затратами они смогут адаптироваться к быстроменяющимся условиям рынка, т.е. степенью гибкости и ценой, которой эта гибкость будет обеспечиваться.

В настоящее время гибкость мелко- и среднесерийного производства при высоком уровне производительности и автоматизации достигнута лишь отдельными предприятиями, а удельный вес этого производства во всем валовом мировом продукте, по данным международного центра технологии машиностроения (*CIRP*), составляет более 70%. Т.е. фактически 75% деталей, получаемых металлообработкой, изготавливается партиями по 50 шт. или менее. В 1972 г. проф. К.Картер провел анализ производственного цикла в серийном производстве и установил, что лишь 5% от общей длительности производственного цикла заготовка находится на станке, а из этих 5% только 30% (или 1,5% общего времени) приходится непосредствен-