

Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана

Труды МГТУ № 548

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
СИСТЕМЫ**

Издательство МГТУ
1992

ББК 32.965
И 73
УДК 658.512

Рецензенты: *В.А.Алексеев, Г.Б.Евгенов*

И 73 Интегрированные производственные системы: Сб. статей /
Под ред. А.М.Савинова - М.: Изд-во МГТУ, 1992 - 84 с.

ISBN 5-7038-0802-2

Рассматриваются вопросы создания, структуры, обеспечения интегрированных
производственных систем, ГПС механической обработки.

Сборник предназначен для научных работников, инженеров, аспирантов, студентов
старших курсов, специализирующихся в области автоматизированных систем механиче-
ской обработки.

Табл.5. Илл.32. Библиогр. 40 назв.

ББК 32.965

Редакция заказной литературы

**Павел Михайлович Субарев
Александр Борисович Евсиков
Вадим Геннадьевич Коваленко и др.**

Интегрированные производственные системы

Заведующая редакцией *Е.С.Ивашкина*
Редактор *Ю.Н.Хлебинский*
Корректор *О.В.Калашникова*

ISBN 5-7038-0802-2

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1992 г.

Подписано в печать 30.10.91. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 2.
Печ. л. 5,25. Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 4,82. Тираж 500 экз.
Изд. № 265. Заказ *229*. Цена 50 к.

Издательство МГТУ, типография МГТУ.
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

АДАПТИВНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ПЛС

Практика эксплуатации ГПС свидетельствует, что полное раскрытие их потенциальных возможностей в значительной степени зависит от разработки принципиально новой технологии, которая должна предшествовать техническому проектированию этих систем. В этой связи в работе [1] приводятся основные принципы создания технологии ГПС, среди которых выделяются задачи повышения надежности технологических решений и разработки на их основе методов реализации безотладочной технологии.

В традиционных производственных системах причиной неадекватности спроектированных технологических процессов (ТП) являются значительные технологические возмущения, действующие на производственную систему. Как отмечается в работе [2], в одной партии твердость 3 заготовок колеблется в пределах 25 единиц (по шкале НВ), что вызывает колебание P_z и M на 8...10% при прочих равных условиях; радиус r скругления режущей кромки резца, оснащенного твердосплавной пластиной, изменяется на 60 мкм, что вызывает изменение P_z до 6%; разброс размеров заготовок в партии приводит к изменению глубины резания: во избежание разрушения инструмента ее выбирают равной максимально возможному припуску; износ инструмента по задней грани $h = 1,3$ мм увеличивает P_z до 15%. В результате отладка спроектированного ТП является необходимым этапом. Однако большие затраты времени на отладку спроектированных ТП и УП значительно снижают производительность ГПС.

Поэтому создание высокопроизводительных ГПС, методов и средств, реализующих безотладочную технологию, при которой не требуются отладочные работы непосредственно на рабочих местах либо минимизировано время отладки УП, является актуальной задачей.

В этом направлении возможны два подхода:

1. Стабилизация отклонений технологических параметров ГПС за счет совершенствования ТП получения заготовок и инструмента с минимальными отклонениями технических характеристик за счет уменьшения разброса параметров оборудования, оснастки и т.п. Однако устранение действий технологических возмущений на достоверность принимаемых решений только таким способом вряд ли возможно, а порой и нецелесообразно [1].

2. Компенсация действий технологических возмущений за счет конкретного знания и учета реальных производственных условий с использованием информации, полученной от системы контроля. В результате лабораторных исследований, проведенных на кафедре ГПС МГУ, установлено, что конкретное знание исходных свойств материала заготовки и ее фактической геометрии может дать в некоторых случаях выигрыш по производительности в 20...40%.

В этой связи в статье рассмотрен метод адаптивного программирования, суть которого заключается в адаптации проектных решений на конкретную пару заготовки и инструмента, путем оперативной коррекции УП по данным от входного контроля параметров технологической системы.

Указанный метод реализуем при наличии:

1) САК, входящей в интегрированную систему проектирования и управления;

2) специальных моделей расчета входящих в УП параметров, значения которых подвержены случайным колебаниям в процессе функционирования производственной системы.

Анализируя причины нестабильности производственных условий, мы установили, что в процессе адаптации УП коррекция подлежат значения режимов резания V , S , t и, как следствие этого, траектория движения режущего инструмента. В последнем случае могут изменяться как положения начальных и конечных точек каждого прохода в соответствии с реальным припуском, число проходов, так и схема обработки. Коррекция же режимов резания может выполняться итерационным методом путем нескольких последовательных приближений к оптимальному плану перехода за счет поиска лучшей схемы обработки при анализе различных глубин резания t и числа проходов (например, при выборе схем продольного или поперечного точения).

Таким образом, для реализации метода адаптивного программирования необходимо разработать библиотеку моделей уточнения режимов резания и расчета траектории перемещения режущего инструмента.

Созданию библиотек моделей коррекции режимов резания и расчета траектории движения инструмента должны предшествовать следующие технологические исследования:

1) формирование совокупности законов оптимального управления режимами резания и выделение в результате этого специальных моделей коррекции режимов резания с учетом информации от входного контроля параметров заготовки и инструмента;

2) определение совокупности альтернативных вариантов схем обработки для типовых припусков и изучение областей их наилучшего функционирования.

В результате для решения траекторных задач формируются частные модели расчета траектории, реализующие определенные схемы обработки - стратегии перемещения режущего инструмента. Разрабатывается функция переключения, посредством которой, при изменении входных параметров расчетной модели (геометрические соотношения обрабатываемого контура, требования к качеству поверхности, значения режимов резания V , S , t и т.д.) по принятому критерию оптимальности произойдет подключение нужной модели расчета траектории.

Реализация указанных моделей в СУ ГПС предоставит возможность сместить процесс коррекции режимов резания и расчета траектории движения инструмента из этапа планирования операции на этап текущего управления, т.е. осуществить метод макропрограммирования.

В результате при проектировании инструментальных переходов процесс будет ограничиться лишь анализом массивов информации о форме и размерах припуска, снимаемого при обработке типовых конструкторских элементов, а также выбором законов управления режимами обработки. Тем самым на этапе подготовки УП из расчетных зависимостей устраняются параметры, подверженные значительным случайным колебаниям в процессе функционирования производственной системы, а УП приобретает свернутую в макрокоманды структуру. В данном случае под макрокомандой понимается совокупность инструкции обращения к расчетной модели и соответствующих входных параметров.

Использование метода макропрограммирования обеспечит замыкание потока информации от входного контроля на этапе текущего управления (рис. 1). Для оперативной коррекции УП в таком случае необходимо и достаточно изменить значения входных параметров в макрокомандах, вследствие чего автоматически уточнятся режимы резания, сформируется траектория движения инструмента.

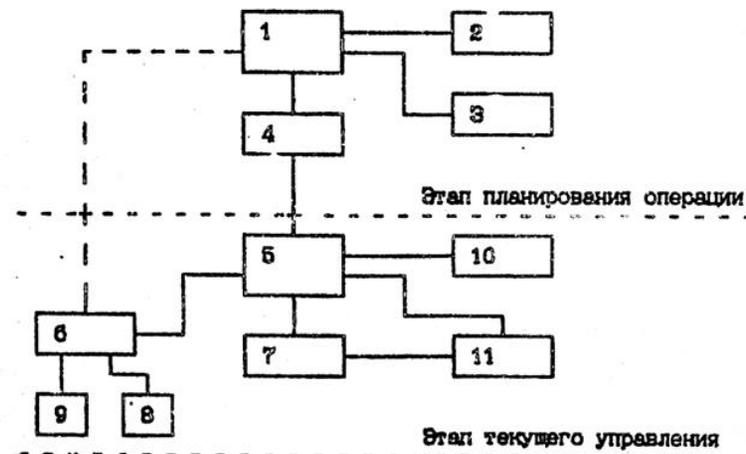


Рис. 1. Структурная схема системы адаптивного макропрограммирования: 1 - подсистема ТП; 2 - БД по инструменту; 3 - библиотека конструкторских элементов; 4 - макрокоманда; 5 - подсистема управления операционным процессом; 6 - входной контроль; 7 - операционный процесс; 8 - инструмент; 9 - заготовка; 10 - библиотека расчетных моделей; 11 - текущий контроль.

В настоящее время с появлением высококачественных УЧПУ класса CNC, построенных на базе микроЭВМ, появляется возможность программной реализации расчетных моделей в архивной памяти в виде библиотеки подпрограмм.

Чтобы подтвердить возможность реализации идей адаптивного программирования, был проведен анализ зарубежных и отечественных УЧПУ класса CNC по имеющимся в библиотеках архивам подпрограмм. Для сравнения использовали в наиболее распространенные на практике схемы обработки, а также некоторые типовые технологические решения из работы [3]. Так, для многопроходной выборки зоны были приняты следующие варианты схем обработки:

- a - наружная;
- b - внутренняя;
- c - параллельно оси;
- d - параллельно контуру;
- e - поперечная;
- f - продольная;
- g - черновая;
- h - черновая + один проход параллельно контуру до припуска на чистовую обработку;
- i - черновая + один проход параллельно контуру до припуска на чистовую обработку + один проход параллельно контуру до конечного контура;
- j - петли с отскоком под углом 45° ;
- k - петля с подчисткой контура.

Для обработки цилиндрической канавки приняты варианты A1, B1, C1 (рис. 2).

Установлено (см. таблицу), что при разработке библиотеки подпрограмм не рассматривается возможность использования метода макропрограммирования как средства для оперативной коррекции УП. Это объясняется тем, что отсутствуют специальные модели коррекции режимов резания и количество рабочих моделей расчета траектории движения режущего инструмента ограничено.

Как отмечается в следующей статье данного сборника, все множество CNC систем можно разделить на системы с жестко определенной библиотекой подпрограмм и на системы с модифицируемой библиотекой подпрограмм - с возможностью создания языка макрокоманд пользователя. В этой связи на базе системы *Sinumerik 3T* экспериментально проверена возможность модификации библиотеки подпрограмм путем дополнения соответствующих моделей коррекции режимов резания и моделей расчета траектории; доказана возможность обучения полностью свернутой в макрокоманды структуры УП для систем со свободно программируемой областью.

Таким образом, указанный принцип коррекции управляющих программ может быть реализован для CNC-систем, имеющих в библиотеке полный архив подпрограмм, корректирующих режимы резания и расчет траектории перемещения инструмента. Из рас-

смотренных типов УЧПУ класса CNC наиболее удовлетворяют данным требованиям системы: *Sinumerik 3T*, *TNC151/155*, *FANUC 11/17*, "Электроника НЦ80-31"; особую важность при этом приобретает наличие у перечисленных систем свободно программируемой области, что позволяет модифицировать архив библиотеки подпрограмм и получать полностью свернутые в макрокоманды структуры УП, т.е. обеспечивает техническую реализацию идей адаптивного программирования.

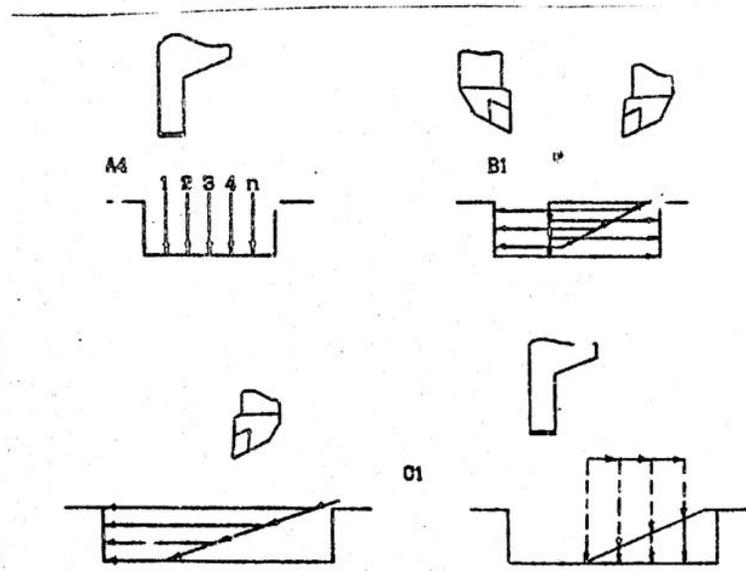


Рис. 2. Схемы перемещения режущего инструмента

Подпрограммы		Систем ЧПУ											
Типы	Схемы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Много- прохо- дная обра- ботка зоне	d	*			*		*	*				*	*
	a	c	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		e	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	g	g	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		h	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	i	i	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		k	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	b	c	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		e	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	f	f	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
g		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
i	i	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	k	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	d				*		*	*					
Обрабо- тка ка- навки	B1 C1 A4	*					*	*			*	*	*
Сверление		*	*		*		*	*			*	*	*
Резьбопозавание		*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Обход контура		*	*		*		*	*			*	*	*

Л и т е р а т у р а

1. Горнев В.Ф. Проблемные вопросы технологии ППС //Станки и инструмент. 1986. N 11. С. 13-16.
2. Эстерзон М.А., Рыжова В.Д., Шрайман И.С. Особенности обработки заготовок в условиях гибких производственных систем /, Журнал машиностроения. 1989. N 3. С. 48-52.
3. Эстерзон М.А. Технология обработки на станках с программным управлением. - М.: НИИИмаш, 1974.