

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ
ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ с ЧПУ.
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
„КРОНА“**

САМАРА 1992

Министерство науки, высшего образования
и технической политики Российской Федерации

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ
ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ С ЧПУ.
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ "КРОНА"

Методические указания

Самара 1992

Составители: И.П.Осипов, А.С.Полов
А.М.Потапников

УДК 621.941-52 (075)

Автоматизированное программирование обработки заготовок на станках с ЧПУ. Общая характеристика системы автоматизированного программирования "КРОНА" Метод. указание /Сост. И.П.Осипов, А.С.Полов, А.М.Потапников; Самар. авиацион.-т.Самара, 1992. 28 с.

Приведены общие принципы автоматизированного программирования обработки на станках с ЧПУ. Даны основные характеристики существующих систем автоматизированного программирования (САП). Подробно рассмотрены структура, основные характеристики и правила написания исходной программы для САП "КРОНА", которая может быть реализована на ПЭВМ.

Предназначены для использования студентами специальностей "Авиационные двигатели" и "Двигатели летательных аппаратов" при выполнении курсовых и дипломных проектов. Они могут быть также полезными для слушателей факультета повышения квалификации специалистов промышленности. Выполнены на кафедре производстве двигателей летательных аппаратов.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензент доц. А.Ф.Кожуров

Ц е л ь р а б о т ы: помощь в практическом освоении программирования обработки заготовок на станках с ЧПУ с помощью системы автоматизированного программирования (САП) "КРОНА".

1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

В настоящее время в авиадвигателестроении широкое применение находят станки с ЧПУ. Автоматизация технологических процессов механической обработки на базе станков с ЧПУ потребовала введения в технологическую подготовку производства нового этапа: разработки управляющих программ (УП) или программирования обработки.

При программировании проводится разработка технологической операции до уровня управления отдельными органами станка и перевода управляющей информации с языка технологической документации на язык конкретного комплекса станок-устройство ЧПУ.

Автоматизация процесса программирования обработки с помощью ЭВМ позволяет сократить сроки и повысить качество разрабатываемых УП.

При числовом управлении станком процесс программирования обработки содержит в себе решение совокупности технологических, математических и логических задач, т.е. приобретает вычислительный характер. Поэтому стало возможным автоматизировать этот процесс с помощью ЭВМ. Автоматизация позволяет программировать обработку сложных деталей, для которых ручное программирование практически невозможно.

Программное обеспечение ЭВМ, обеспечивающее подготовку управляющих программ (УП) для станка с ЧПУ, носит название системы автоматизированного программирования (САП). САП содержит три программных блока: транслятор, процессор, постпроцессор.

Транслятор служит для преобразования информации, заданной на входном языке конкретной САП в виде исходной программы (ИП), на внутренний язык ЭВМ.

Процессор служит для решения общих геометрических и технологических задач, а также задач управления процессом обработки данных на ЭВМ. Результаты работы процессора выдаются на промежуточном языке *CL DATA*, в дальнейшем обрабатываются постпроцессором.

Постпроцессор служит для преобразования управляющей информации из *CL DATA* в коды конкретного устройства ЧПУ и записи УП на соответствующий программноситель.

Первая САИ, названная АИТ (АИТ), была разработана в 1955-1961 гг. в США. Первые советские САИ: САИС, САИ-2, САИО - были созданы в начале 60-х годов. В настоящее время в мире эксплуатируется более 150 САИ.

Все существующие САИ можно классифицировать по следующим признакам: число управляемых координат, уровень автоматизации решений, область применения, форма представления исходных данных, режим работы ЭВМ.

Число управляемых координат определяет возможности САИ программировать различные виды обработки:

2-координатные системы обеспечивают программирование обработки в одной плоскости при токарной, электроэрозионной, газорезательной, лазерной обработках, разметке и раскрое;

2,5-координатные системы обеспечивают подготовку программ для фрезерной обработки в параллельных плоскостях с возможностью прямолинейного перемещения по трем координатам;

3-координатные системы позволяют программировать объемную фрезерную обработку;

4-, 5- и 6-координатные системы предусматривают программирование сложных движений заготовки и режущего инструмента, сочетаясь линейные и угловые перемещения, характерные для многомерных станков.

По уровню автоматизации решений САИ делятся на системы с автоматизацией решения технологических задач (АТ) и системы с автоматизацией расчетов (АР) без автоматизации решения технологических задач. К технологическим задачам относятся реализация типовых технологических циклов точения, сверления, нарезания резьб, резервирование пазов, карманов, разбегания припуска на проходы, расчет режимов резания и т.п.

В настоящее время, за отдельными исключениями, отсутствуют САИ, которые решают все эти задачи. В большинстве систем решение технологических задач осуществляется на основе библиотеки существующих типовых технологических подпрограмм, задаваемых в формате *MACRO*.

По области применения САП бывают универсальные и специальные. Универсальные (У) САП — это системы широкого назначения, инвариантные относительно видов обработки и типов моделей станков, имеющие хорошо развитый входной язык, который позволяет описывать обработку произвольных контуров и обобщать технологические решения в виде MACRO. Специальные (С) САП предназначены для конкретных видов обработки — токарной, сверлильной, фрезерной и т.д.

По форме представления исходных данных различают САП:

а) с табличной (Т) формой, б) свободной языковой структурой (Я), в) представлением в форме "меню" (М).

При табличной форме представления заполняются специальные бланки-таблицы. Преимуществом табличной формы является наглядность информации, а недостатком — низкая информационная плотность и жесткость формы таблицы, не позволяющая учесть вновь появляющиеся условия обработки, не предусмотренные при создании таблицы.

Свободная языковая структура позволяет описывать различную по форме и содержанию технологическую и геометрическую информацию, мобильна, но имеет сложный синтаксис, что увеличивает возможность возникновения различных ошибок при программировании.

Режим "меню" сочетает преимущества табличной формы и языковой структуры. Такой режим стал возможным благодаря применению пультов оператора ЭВМ с видеотерминалами.

В настоящее время существуют два режима работы САП: пакетный (П) и диалоговый (Д). Пакетный режим предполагает предварительное написание исходной программы (ИП) и обработку ее на ЭВМ в непрерывном цикле. В случае ошибок в ИП эта процедура повторяется. В диалоговом режиме происходит непрерывный и прямой контакт программиста с ЭВМ на протяжении всего времени от ввода ИП до получения УП.

Основные классификационные характеристики наиболее распространенных САП приведены в табл. 1. Из этой таблицы видно, что большинство систем представляют собой различные модификации системы АПТ с ориентацией на конкретные условия и технические средства ЭВМ.

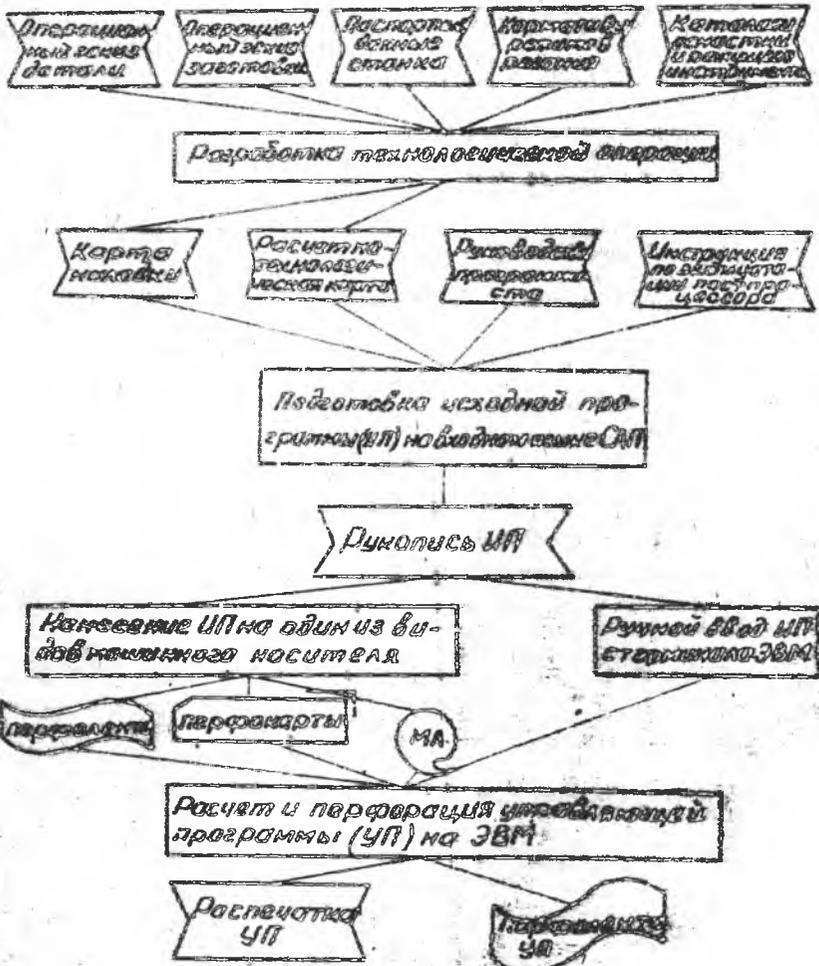
Использование технологом САП вносит некоторые особенности в программирование обработки. В этом случае он пишет не ИП для конкретного станка, а ИП для ЭВМ на входном языке данной САП. ИП пишется в более общем виде, чем ИП, языком более понятным технологу и без привязки к конкретному станку. Последовательность работы технолога при

Т а б л и ц а I

Классификация САП

Название САП	Страна	Классификационные признаки					Вид ЭВМ
		Число координат	Уровень автоматизации решения	Область применения	Форма представления исходных данных	Режим работы	
АНТ-СМ	СССР	3	АТ-МАСВО	У	Я	П	Малая
АНТ-ЕС	СССР	4	АТ-МАСВО	У	Я	П	Большая
МОДАТ	СССР	3	АТ-МАСВО	У	Я	П	Малая
ЕСИС-ТАУ	СССР	2,5	АТ	С	Т	П	Большая
ТЕХТРАН	СССР	3	АТ-МАСВО	У	Я	П	Малая
КРОНА	СССР	2,5	АТ	У	Я	П, Д	Большая. Персональный компьютер
АРТ	США	4	АТ-МАСВО	У	Я	П	Большая
АДАРТ	США	2,5	АТ-МАСВО	У	Я	П	Большая
ТС-АРТ	США	3	АР	У	М	Д	Малая
ЕХАРТ-1	ФРГ	3	АР	У	Я	П	Большая
ЕХАРТ-2	ФРГ	2	АТ	С	Я	П	Большая
ЕХАРТ-3	ФРГ	3	АТ	С	Я	П	Большая
НЕДАРТ	Англия	2,5	АТ-МАСВО	У	Я	П	Большая
PATHTRACE	Англия	2,5	АТ	У	М	Д	Персональный компьютер
ГСАРТ	Япония	2,5	АТ-МАСВО	У	Я	П	Большая
МОДАТ	Италия	3	АТ-МАСВО	У	Я	П	Малая

программировании обработки заготовки с использованием САП вида из общей схемы процесса программирования, представленной на рис. I. На этом рисунке значком  выделяются этапы проектирования операции на станке с ЧПУ. Знаками , ,  представлены матери-



Р и с . I

альные носители информации, необходимые для выполнения конкретного этапа и получаемые в результате его выполнения.

Результатом I-го этапа проектирования операции является разработка карты наладки и расчетно-технологической карты.

Карта наладки (КН) — это документ, оформленный в виде эскиза, в котором указывается численная связь центров режущих инструментов, используемых в операции, с базовыми точками рабочих органов станка, несущих эти инструменты, т.е. указываются вылеты инструментов.

Центром инструмента служат следующие точки: для концевой фрезы со сферическим торцом — это центр эволюферы, для концевой цилиндрической фрезой, зенкера, развертки — центр основания, для резцов — центр дуга окружности при вершине.

Базовыми точками рабочих органов станка, несущими режущий инструмент, являются: а) для токарных станков — центр поворота резцедержателя в плоскости, параллельной направляющим суппорта и проходящей через ось вращения шпинделя или точка базирования инструментального блока; б) фрезерных, сверлильных, расточных, многооперационных станков — точка пересечения торца шпинделя с осью его вращения.

Расчетно-технологическая карта (РТК) — это документ, оформленный в виде эскиза, в котором указываются:

численная связь исходной точки с началом системы координат, в которой ведется программирование;

траектории движения всех режущих инструментов с условными обозначениями отдельных элементов этих траекторий;

скорости перемещения режущих инструментов на отдельных участках траекторий;

вспомогательные команды и др.

Исходная точка — это положение, в котором находится базовая точка рабочего органа станка, несущего режущий инструмент, перед началом его движения. Данное положение рабочего органа называется позицией смены инструмента.

Положение начала системы координат, в которой ведется программирование обработки конкретной детали, реализуется на станке наладчиком при настройке станка.

На практике часто КН и РТК оформляются в виде одного документа. Некоторые САП (например, "Троил") при программировании не требуют оформления подробных КН и РТК.

2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ "КРОНА"

2.1. Общая характеристика системы

Название системы "КРОНА" состоит из первых букв словосочетания: комплекс работ основных направляемой автоматизация. Система разработана коллективом ИИО "КРОНА" (г. Дзевск). Она является частью системы сквозной автоматизации гибких производственных систем и предназначена для автоматизации программирования обработки заготовок на оборудовании с числовым программным управлением всех типов: обрабатывающие центры, фрезерные, сверлажно-расточные, токарные, электроэрозийные станки, прессы.

Данная система позволяет вести программирование обработки заготовки на двух уровнях, отличающихся степенью автоматизации принятия технологических решений.

Нижний уровень - это программирование на уровне элементарных технологических инструкций, так называемый уровень "срокки". Этот уровень характеризуется тем, что технолог в процессе программирования сам "управляет" всеми элементарными перемещениями инструмента и заготовки, включением и выключением механизмов станка, изменением режимов обработки.

Верхний уровень - это программирование обработки на уровне описания технологических переходов. Этот уровень максимально отличается от первого, он представляет собой задание обработки заготовки в форме описания технологической операции, т.е. когда технологу не интересуют подробности обработки (конкретные траектории движения инструмента и заготовки, моменты включения и выключения конкретных механизмов станка), он описывает только общую последовательность обработки, используя понятия типовых конструктивных элементов заготовки: колодец, окно, уступ, паз, торец, конус и т.п., а также понятия типовых переходов: сверлить, подрезать, точить, фрезеровать и т.д. А уже сама система реализует далее эту последовательность в управляющую программу. Поэтому при программировании на этом уровне трудоемкость разработки исходной программы значительно меньше, чем на нижнем уровне. Эффективность применения верхнего уровня программирования возрастает с ростом сложности обрабатываемой заготовки. Наиболее рационально его использовать при программировании обработки корпусных деталей на обрабатывающем центре.

Возможен случай комбинированного программирования, дающего возможность обработки и подготовки любой произвольной формы и сложности.

Кроме того, САП "Кроша" обладает большими эксплуатационными достоинствами:

система представляет технологию-программисту единый язык для программирования всех видов обработки;

система обеспечивает возможность описания детали и ее конструктивных элементов без переработки чертежа;

система обеспечивает возможность описания технологии обработки заготовок на ограниченном естественном технологическом языке;

система обеспечивает высокую адаптируемость к станочному парку и производственным условиям предприятия, субъективным особенностям технологи-программиста;

допускается разная структура как в целом исходной программы, так и ее отдельных элементов;

возможность вставки в любое место исходной программы непосредственно кадров управляющей программы;

система позволяет вводить исходную программу в ЭВМ с перфокарт, с перфоленки и экрана дисплея;

система обладает программными средствами диагностики ошибок программирования;

система может выдавать:

а) текст исходной программы на экране дисплея и в виде распечатки;

б) текст управляющей программой из "СL DATA" на экране дисплея и в виде распечатки;

в) текст управляющей программой в кодах станка на экране дисплея и в виде распечатки;

г) перфоленку с управляющей программой на станок;

д) перфоленку на графопостроитель для прорисовки траектории движения инструмента.

2.2. Входной язык системы

Входной язык САП в значительной степени определяет особенности и сложность конкретной системы. Язык САП дает технологю возможность кратко, однозначно и кратко описать геометрическую и технологическую информацию о конкретной детали и процессе ее обработки. Любой язык характеризуется алфавитом, синтаксисом, семантикой.

Алфавитом называется набор символов, который используют для предоставления рассматриваемой информации.

Синтаксис (грамматика) говорит о законах словообразования, принятых в языке, показывает, как из отдельных символов алфавита формируются более сложные языковые конструкции (слова из букв, предложения из слов), какие сочетания элементов допустимы, а какие недопустимы, в каком порядке располагать отдельные элементы и т.д.

Семантика объясняет, как толковать словесные конструкции, показывает смысловое содержание каждой конструкции языка.

2.2.1. Алфавит языка

Алфавит САИ "КРОНА" включает в себя буквы, цифры, знаки, разделители, скобки.

В качестве букв используются заглавные буквы русского и латинского алфавитов.

В качестве цифр - арабские цифры 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Буквы и цифры не имеют самостоятельного значения, а используются для образования слов и чисел языка.

З н а к и

- " + " - знак положительной алгебраической величины или символ сложения;
- " - " - знак отрицательной алгебраической величины или символ вычитания;
- " * " - символ умножения;
- " : " - символ деления или выделения метки;
- " ^ " - символ возведения в степень;
- " < " - знак угловой величины.

Р а з д е л и т е л и

- " , " - разделитель между словами (параметрами) в предложении (инструкции);
- " . " - десятичная точка;
- " ; " - конец предложения;
- " / " - разделительный знак между главным словом и определяющей частью;

- " - " - знак прислывания;
- "..." - апостроф, ограничитель произвольного текста, задаваемого в качестве параметра;
- "...#" - ограничитель комментариев, не влияющих на работу системы;
- "ПРОБЕЛ" - разделительный знак между параметрами в предложении и знак интервала.

С к о б к и

- (...) - используется для выделения арифметических инструкций и для гнездовых (встроенных) определений геометрических объектов и описаний инструментов и переходов.

2.2.2. Слова и числа языка

В языке "КРОНА" слова разделяются на простые и сложные (параметры). Имеется три типа простых слов: идентификатор, главное слово, модификатор.

Идентификатор (имя) - слово, выделяющее (идентифицирующее) данное предложение в программе или параметр в предложении.

Главное слово - определяет смысл предложения и принадлежность предложения определенному разделу программы.

Модификатор - слово, определяющее смысл параметра в предложении, а также позволяющее выбрать нужный вариант из возможного множества решений.

Параметр - сложное слово, состоящее из идентификатора или модификатора и числа, определяет отдельный элемент предложения, имеющий законченный смысл.

В качестве примера рассмотрим предложение

ПТИ = ТОЧИТЬ/ИНСТРИ, S 0.1, N 400, ИС;

где ПТИ - идентификатор (имя) перехода (токарный переход);

ТОЧИТЬ - главное слово, определяющее смысл предложения, т.е. показывает, что речь в данном предложении идет о токарной обработке и переходе точить, а не отрезать, подрезать и т.д.;

ИНСТРИ - параметр, определяющий инструмент и заданный идентификатором;

S 0.1 - параметр "подана", заданный модификатором S и значением 0.1;

N 400 - параметр "обороты в минуту", заданный модификатором N и значением 400;

ИС - модификатор "звращение шпинделя против часовой стрелки".

В языке "КРОНА" числовые величины задаются в десятичной форме. Число может быть записано либо как целое без десятичной точки, либо как число, содержащее целую и дробную часть с десятичной точкой. Число не должно содержать больше 16 значащих цифр.

Для записи отрицательного числа перед числом ставится знак "-". Если знак не указан, то число считается положительным.

Пример: 10; 26.36; -0.0345.

В языке "КРОНА" угловые величины выделяются знаком "°" и имеют следующие форматы записи:

± < градусы, минуты, секунды

± < градусы, минуты

± < градусы.

Пример. < 30.30.15; - < 270.20; < 90.

В языке "КРОНА" предусматривается использование следующих единиц измерения: линейные размеры-мм; допуски, заданные в числовом виде-мм; шероховатость-мм; угловые величины-градусы, минуты, секунды; мощность-кВт; крутящий момент-кгм; частота вращения шпинделя-об/мин; скорость резания-м/мин; подача-мм/об, мм/мин.

2.2.3. Инструкция языка.

Наиболее сложной конструкцией языка является инструкция (предложение). Инструкция представляет собой законченное описание геометрических элементов заготовки, порядка и условий обработки, режимов обработки, режущего инструмента и т.п. Инструкции являются основными синтаксическими единицами языка "КРОНА" и могут быть простыми и сложными. Простые содержат только один вид информации из вышеперечисленных. Сложные состоят из нескольких простых с добавлением отдельных дополнительных параметров, простых слов и чисел.

В языке имеется пять типов инструкций: описательные, предписывающие, исполнительные, общие, арифметические.

Кроме инструкций в языке системы используется произвольный текст. Текст произвольного содержания и произвольной длины может быть записан в тексте ИИ как комментарий, тогда он ограничивается знаками # (текст) # и не обрабатывается ЭВМ, а может и как параметр, тогда текст заключаются в апострофы '(текст)' и обрабатывается ЭВМ.

Прежде чем приступить к рассмотрению видов инструкции, рассмотрим правила формального описания языка, позволяющие компактно записывать инструкции в наиболее обобщенном виде. С этой целью используются три типа скобок: квадратные [] , фигурные { } , угловые < > .

Если параметр или группа параметров заключена в квадратные скобки, то это говорит о том, что данный параметр (или параметры) может отсутствовать, т.е. он не обязательный.

Если группа параметров заключена в фигурные скобки, то это обозначает, что в предложении обязательно должен присутствовать хотя бы один из параметров этой группы.

Угловые скобки говорят о том, что в данном месте предложения всегда записывается численное значение параметра, наименование которого записано в угловых скобках. Теперь подробнее рассмотрим виды инструкции.

Описательные инструкции предназначены для описания геометрии конструктивных элементов и статор заготовки, инструментов и т.п. Описательная инструкция всегда начинается с идентификатора (имени), присвоенного данной инструкции. Она не вызывает каких-либо технологических действий, поэтому она может быть записана в любом месте ПЛ.

Предписываемые инструкции предназначены для предписания условий обработки, использования значений и т.д., но сами по себе технологических действия не вызывают. Например, в этих инструкциях задает плоскость холостых перемещений режущего инструмента, позиции безопасной смены инструмента. Действие предписываемой инструкции распространяется на все исполнительные инструкции, которые будут названы после нее и до прихода новой предписываемой инструкции или отмены действующей.

Исполнительные инструкции предназначены для задания команд исполнения технологических действий в процессе обработки заготовки. Действие исполнительной инструкции начинается сразу, с момента ее восприятия системой и до ее отмены или прихода другой исполнительной инструкции того же назначения. К исполнительным инструкциям относятся все технологические инструкции (рассмотрены в [1]) и инструкции "СТРОКА", "СХЕМА", "ОБРАБ" (рассмотрены в [2]). Последние инструкции задают порядок обработки заготовки и применяются на верхнем уровне программирования.

Инструкция "СХЕМА" задает порядок следования технологических переходов, инструкция "ОБРАБ" указывает места обработки. Каждая инструк-

ция "СХЕМА" действует на все последующие инструкции "ОБРАБ" до тех пор, пока не встретится следующая инструкция "СХЕМА". Если в инструкции "ОБРАБ" указано несколько мест обработки, а в инструкции "СХЕМА" несколько технологических переходов, то можно задавать последовательную или параллельную схему обработки.

Инструкция "СХЕМА" имеет следующий вид:

$$\text{СХЕМА} / \left[\left[\begin{array}{l} \text{ПОСЛЕД} \\ \text{ПАРАЛ} \end{array} \right] \right] \langle \text{ПЕРЕХОДЫ} \rangle .$$

- где ПАРАЛ, ПОСЛЕД - модификаторы, указывающие в порядке выполнения переходов в местах обработки;
- ПЕРЕХОД - идентификатор инструкции, описывающей технологический переход;
- ПАРАЛ - модификатор, задающий параллельную обработку, при которой каждый переход выполняется во всех заданных местах обработки;
- ПОСЛЕД - параметр, задающий последовательную обработку, при которой последовательно в каждом месте обработки выполняются все заданные в "СХЕМЕ" переходы.

По умолчанию, т.е. если не задан ни один из модификаторов, назначается параллельная обработка.

Инструкция "ОБРАБ" используется для задания порядка обработки конструктивных элементов (КЭ) заготовки. Она имеет следующий вид:

$$\text{ОБРАБ} / \langle \text{КЭ} \rangle . [\text{ВРЕЗ ТВ}] , [\text{ПЛОСКОСТЬ} \langle \text{А} \rangle] , [\text{ОП} \langle \text{Н1} \rangle] [\text{МЕТ}] ,$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{ВЫИ} [\text{X} \langle \text{А} \rangle] , [\text{Y} \langle \text{В} \rangle] \\ \text{КОРИИ} [\text{ВЫИ} \text{ X, Y} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} [\text{R} \langle \text{НП} \rangle] [\text{V} \langle \text{ВО} \rangle] \\ [\text{R} \langle \text{ВВ} \rangle] [\text{V} \langle \text{ВС} \rangle] \end{array} \right] [\text{ОП} \langle \text{Н2} \rangle] .$$

- где КЭ - идентификатор конструктивного элемента;
- ВРЕЗ ТВ - параметр, задающий идентификатор точки резания инструмента в заготовку при фрезеровании;
- ПЛОСКОСТЬ <А> - параметр, задающий координату Z обрабатываемой плоскости заготовки в системе координат детали (используется при фрезеровании и сверлильно-расточной обработке);

- ОП<N1>, <P2> - величины оставляемого припуска на чистовую обработку;
- <МЕТ> - номер метки в описании контура обработки, на которой необходимо изменить следующие параметры обработки;
- КОРМН - включить коррекцию по оси X - номер корректора А, по оси Y-B или выключить коррекцию по оси X и (или) по оси J;
- S - задать подачу величиной V_f в мм/мин;
- S0B - задать подачу величиной V_{f0} в мм/об;
- N - задать частоту вращения шпинделя величиной BO;
- V - задать скорость резания величиной BC.

Особенности применения инструкции "СХИМА" и "СБРАБ" при различных видах обработки рассмотрены в [2].

Общие инструкции. Наличие этих инструкций в программе обязательно и порядок их следования строго определен:

- ПРОГРАМ/...; - инструкция описания программы,
- ДЕТАЛЬ/...; - инструкция общих данных о детали,
- СТАНОК/...; - инструкция описания станка.

Инструкция описания программы имеет следующий вид:

ПРОГРАМ / ИМЯ, < ИМЯ ПРОГРАММЫ >, [ФИО < ФАМИЛИЯ ТЕХНОЛОГА >],
 [ДАТА < ДАТА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ >], [ЗАВОД
 < НАЗВАНИЕ ЗАВОДА >], [ЦЕХ < НОМЕР ЦЕХА >], [УЧАСТОК
 < НОМЕР УЧАСТКА >], [ОПЕРАЦИЯ < НОМЕР ОПЕРАЦИИ >];

Данная инструкция предназначена для идентификации начала исходной программы.

Инструкция описания общих данных о детали имеет следующий вид:
 ДЕТАЛЬ/ИМЯ < НАИМЕНОВАНИЕ ДЕТАЛИ >, НОМЕР < НОМЕР ДЕТАЛИ >;

Инструкция описывает общие сведения об обрабатываемой детали: наименование детали, ее номер.

Инструкция описания станка имеет следующий вид:

СТАНОК /

ОЦ
ФРЕЗЕР
СВЕРЛ
ТОКАРН
ПРЕСС

 , < МОДЕЛЬ СТАНКА >;

Инструкция содержит сведения о типе станка и его модели, тип станка задается одним из 5 модификаторов:

ОЦ	- обрабатывающий центр,
ФРЕЗЕР	- фрезерный станок,
СВЕРЛ	- сверлильный станок,
ТОКАРН	- токарный станок,
ПРЕСС	- пресс.

Модель станка может содержать от 1 до 16 символов.

Арифметические инструкции служат для задания арифметических переменных, которые определяются идентификатором, содержащим от 1 до 8 символов, исключая все служебные символы. Идентификатор должен начинаться с буквы, а последующие символы могут содержать либо буквы, либо цифры. Арифметическая инструкция имеет вид:

Идентификатор = < арифметическое выражение >;

Арифметические выражения позволяют пересчитать размеры, заданные на чертеже, в размеры, используемые в исходной программе. Этим самым технолог-программист освобождается от "ручной" переработки чертежа. Запись арифметических выражений производится при помощи констант, переменных, функций, соединенных в одно выражение знаками арифметических действий. В языке разрешены следующие операции:

- \wedge - возведение в степень;
- :
- *
- +
-

При написании арифметического выражения программист должен соблюдать определенные правила, используемые в математике, чтобы составленное им выражение соответствовало его намерениям. Для этого широко используются круглые скобки (...). Они используются для наглядности, а также для указания очередности выполнения операций также, как и в обычной алгебраической записи.

П р и м е р

$A \wedge (B+2) * C$ - последовательность выполнения следующая: $B+2$, затем A возводится в степень $B+2$, далее полученное число умножается на C .

Если очередность выполнения операций в выражении не полностью определена скобками, то операции выполняются в следующей последовательности: возведение в степень, умножение и деление, сложение и вычитание.

В языке также предусмотрены средства для использования некоторых элементарных математических функций:

- $SQRT(X)$ - квадратный корень из X ;
- $EXP(X)$ - e в степени X ;
- $LOGE(X)$ - логарифм натуральный от X ;
- $LOGD(X)$ - логарифм десятичный от X ;
- $SIN(X)$ - синус от X (X - в радианах, $< X$ - в градусах);
- $COS(X)$ - косинус от X ;
- $TAN(X)$ - тангенс от X ;
- $CTAN(X)$ - котангенс от X ;
- $ASIN(X)$ - арксинус от X ;
- $ACOS(X)$ - арккосинус от X ;
- $ATAN(X)$ - арктангенс от X .

2.3. Общая структура и правила написания исходной программы

Исходную программу в САП "КРОНА" структурно можно представить совокупностью следующих разделов: общие инструкции, описание зоны обработки, детали, технологических переходов, инструментов, технологич обработки.

Исходная программа обязательно должна начинаться заданием общих инструкций

ПРОГРАММА/...;

ДЕТАЛЬ/...;

СТАНОК/...;

Порядок следования остальных разделов произвольный, любой раздел может быть представлен несколькими частями, которые находятся в разных частях ИП, соответствующих отдельным этапам обработки. Это дает возможность технологу отлаживать программу по отдельным переходам-программируемой операции. Причем информация одного раздела может записываться в другой раздел с помощью гнездового определения.

Описание технологии обработки осуществляется определенной последовательностью инструкций "СХЕМА", "ОБРАБ" (верхний уровень программирования) и "СТР" (нижний уровень). Для удобства программирования рекомендуется отдельно описывать порядок обработки инструкциями "СХЕМА" и "ОБРАБ", а затем отдельно описывать все технологические переходы, инструменты и места обработки.

Приведем несколько примеров структуры ИП:

1 - и п р и м е р

- Общие инструкции;
- Описание зоны обработки;
- СХЕМА/....;
- Описание перехода;
- Описание инструмента;
- ОБРАБ/....;
- Описание конструктивных элементов детали;
- СХЕМА/....;
- Описание перехода;
- Описание инструмента;
- ОБРАБ/....;
- Описание конструктивных элементов детали;
-
- Описание геометрических элементов.

2 - и п р и м е р

- Общие инструкции;
- Описание зоны обработки;
- СХЕМА/....;
- ОБРАБ/....;
- Описание перехода;
- Описание конструктивных элементов детали;
- СХЕМА/....;
- ОБРАБ/....;
- Описание перехода;
- Описание конструктивных элементов детали;
-
- Описание геометрических элементов.

3 - й п р и м е р

Общие инструкции;
Описание зоны обработки;
СХЕМА/...;
ОБРАБ/...;
ОБРАБ/...;
.....
Описание переходов;
Описание инструментов;
Описание геометрии.

В САП "КРОНА" предусмотрена возможность использования подпрограмм, т.е. если в детали есть повторяющийся участок обработки, то можно, один раз написав ИИ на обработку этого участка и оформив ее как подпрограмму, вызывать эту подпрограмму для всех мест обработки, где встречается аналогичный участок детали. Приведем фрагмент структуры ИИ с использованием подпрограммы:

```
ИИ=ПОДПРОГ;  
СХЕМА/...;  
ОБРАБ/...;  
.....  
ПОДПРОГ/КОНЕЦ;  
ВЫЗОВ/ИИ;  
ОБРАБ/Г1;  
Г1 = X1, Y1, X2, Y2, ...;
```

В приведенном примере программа обработки некоторого конструктивного элемента детали относительно его характерной точки (начала системы координат этого элемента) оформлена в виде подпрограммы ИИ. В процессе обработки производится вызов подпрограммы ИИ и указываются места реализации этой подпрограммы, т.е. координаты X и Y характерных точек конструктивного элемента детали в системе координат детали, и точки объединяются в группу Г1.

Приведем несколько общих правил, которые необходимо иметь в виду при написании ИИ.

При программировании обработки принято условно считать, что заготовка остается неподвижной, а все линейные и круговые перемещения по отношению к ней осуществляются режущим инструментом.

Предложения в программе отделяются друг от друга разделителем " ; " .

Предложения в программе могут быть записаны одно за другим (строкой) или одно под другим (столбцом).

Предложения в программе можно записывать в любом порядке за одним исключением: инструкция "СХЕМА" обязательно должна предшествовать инструкции "ОБРАБ". Причем между ними не должно быть исполнительных инструкций, но после одной инструкции "СХЕМА" может быть задано несколько инструкций "ОБРАБ".

Слова и параметры в предложении отделяются друг от друга разделителями " , " .

Слова в параметре отделяются друг от друга одним или несколькими пробелами.

Запрещено записывать пробел внутри простых слов и чисел.

Слова и параметры в предложении могут быть записаны в любом порядке.

П р и м е р

```
ORI=ФРЕЗЕР/И1, / 1000, S 100, ПОЛУТ, S ВРЕЗ 50, ГЛРЕЗ 17;  
ORI=ФРЕЗЕР/S 100, / 1000, S ВРЕЗ 50, И1, ГЛРЕЗ 10, ПОЛУ1.
```

Исключения представляет предложения, в которых параметры записываются без модификаторов, а непосредственно значением, такие предложения имеют фиксированный формат и каждый параметр должен стоять строго на своем месте.

В любом предложении вместо идентификатора элемента (перехода, инструмента, геометрического элемента) может использоваться его гнездовое определение, т.е. полное описание этого элемента.

Применение одного идентификатора для различных элементов в одной программе запрещено.

Программу необходимо комментировать, т.е. узловые предложения программы должны сопровождаться комментарием. Это дает возможность любому человеку разобраться в программе для ее коррекции и дальнейшего сопровождения. Комментарий не оказывает влияния на работу САП и может быть записан в любом месте программы между предложениями и словами. Он выделяется разделителем * . . . * .

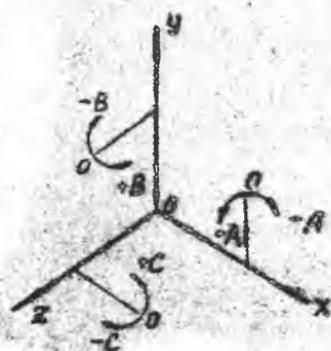
При написании ИИ необходимо помнить о следующих ограничениях: количество предложений в программе меньше 2000, идентификаторов в программе меньше 1000, параметров в предложении меньше 256, знаков в слове не более 8.

2.4. Системы координат

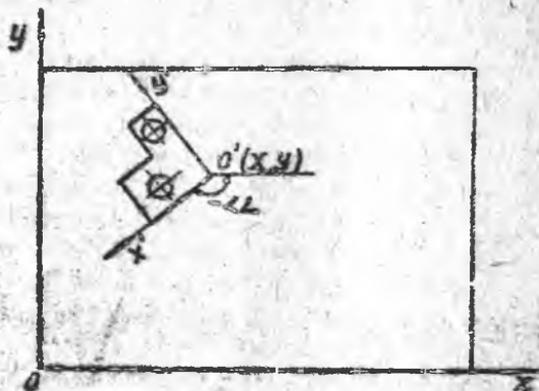
При программировании обработки в САИ "БРОНА" используются две системы координат (с/к): детали и станка. Рассмотрим их.

Системой координат детали называется с/к, относительно которой производится кодирование всей геометрической информации, необходимой для описания обработки заготовки на станке с ЧПУ. Система координат детали выбирается таким образом, чтобы направление осей обеспечивало правую тройку прямоугольных декартовых координат с линейными осями X, Y, Z . Угловые координаты вокруг этих осей $-A, B, C$ соответственно. Начало системы координат детали принято называть нулевой точкой детали или нулем детали. Положение нуля детали на операционном эскизе выбирается произвольно, исходя из удобства занесения в эскиз заданных операционных размеров, и, как правило, совпадает с точкой пересечения технологических базовых поверхностей. С/к детали приведена на рис. 2.

В некоторых случаях для описания отдельных конструктивных элементов детали может использоваться временная или плавающая с/к детали, не совпадающая с основной с/к. Один из таких случаев изображен на рис. 3. Переход от одной системы координат к другой (преобразование системы координат) осуществляется с помощью инструкций



Р и с. 2



Р и с. 3

ПРЕОБР/ <X>, <Y>, <Z>, [C, <±<∠>];

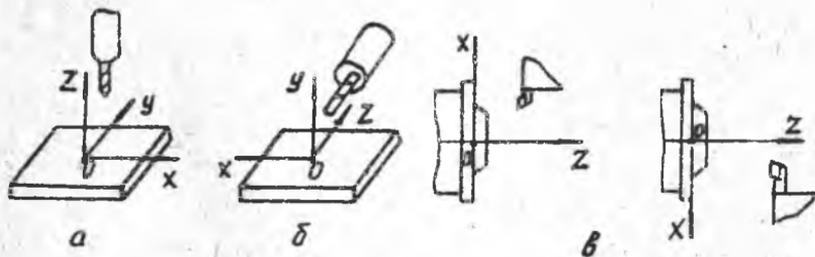
ПРЕОБР/ КОНЕЦ;

- где X, Y, Z - координаты начальной точки плавающей системы координат в основной с/к детали;
- C - модификатор, определяющий угловую координату, по которой происходит поворот с/к;
- ∠ - значение угла поворота с/к;

Начиная с инструкции ПРЕОБР/... до инструкции ПРЕОБ/КОНЕЦ или до следующей инструкции ПРЕОБР/..., все геометрические элементы из новой с/к автоматически приводятся к основной.

Система координат станка - абсолютная система (X, Y, Z), относительно которой задаются движения инструмента в процессе обработки заготовки. С/к станка имеет свое собственное направление осей и собственное начало координат, которое принято называть нулем станка. Направление осей, их количество, а также положение нулевой точки в рабочей зоне станка зависят от конкретного сочетания станок-устройство ЧПУ.

Для фрезерных, сверлильных, расточных, многооперационных станков ось Z совпадает с осью шпинделя и направлена от детали к шпинделю, ось X - горизонтальна и параллельна плоскости установки заготовки и направлена слева направо, ось Y - всегда достраивает тройку осей до правой декартовой системы координат (рис.4,а,б).



Р и с . 4

Для токарных станков ось Z совпадает с осью шпинделя, а ось X направлена в сторону режущего инструмента (рис.4,в).

Большинство станков с ЧПУ (токарные-все) имеют строго фиксированное положение нулевой точки на станке, которое остается неизменным на протяжении всего периода эксплуатации. Это положение называется абсолютным нулем станка. Для токарных станков - это точка пересечения торца шпинделя с осью его вращения. Для остальных вышеперечисленных станков - это одно из крайних положений, которое могут занимать рабочие органы станка при перемещениях вдоль станочных осей.

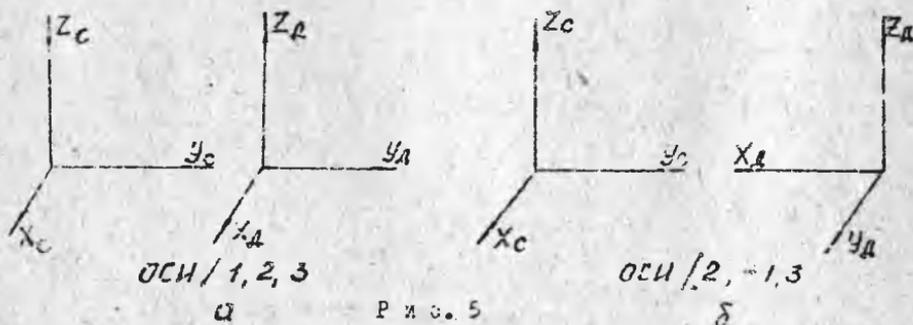
Связь систем координат станка и детали. В общем случае при обработке заготовки на станке абсолютная система координат станка не совпадает с системой координат детали. Поэтому, чтобы полученная УП правильно воспринималась устройством ЧПУ, необходимо в УП задать связь между этими с/к.

Для установления взаимосвязи направления осей двух с/к во входном языке САП "КРОНА" служит инструкция "ОСИ", которая имеет следующий вид:

$$\text{оси} / \pm \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix}, \pm \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix}, \pm \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix};$$

1я позиция 2я позиция 3я позиция #.

В инструкции "ОСИ" всегда указывается в трех разных позициях три разных числа. Первая позиция инструкции определяет ось X, вторая - ось Y, третья - ось Z с/к станка. В каждой позиции может быть написано одно из трех чисел: 1, 2, 3, которые соответствуют осям X, Y, Z с/к детали. Знак "+", который можно опускать, указывает, что направления соответствующих осей станка и детали совпадают, в противном случае ставится "-". На рис. 5, а, б приведены при-



Р и с. 5

меры установления связи между осями двух с/к. Инструкция "ОСИ" модального действия, т.е. она действует до появления другой инструкции "ОСИ".

Если не задана инструкция "ОСИ", то по умолчанию принимается следующее соответствие осей с/к детали (д) и станка (с): для токарных станков - $X_d - Z_c, Y_d - X_c$; для остальных типов находится во взаимном соответствии.

Связь между началами с/к станка и детали осуществляется мысленным переносом нулевой точки станка в нуль детали, такое положение нуля станка называется плавающим нулем станка, в отличие от абсолютного, положение которого в рабочем пространстве станка неизменно. Возможны два способа такого переноса: программный и аппаратный.

При программном способе величина переноса нуля станка указывается в МП или УП программными средствами. Для МП таковым является инструкция "КООРД".

Инструкция "КООРД" имеет следующий формат:

КООРД / <X>, <Y>, [<Z>];

где <X, Y, Z> - координаты абсолютного нуля станка в с/к детали в мм.

В случае задания в МП инструкции "КООРД" все перемещения рабочих органов станка, заданные в программе ниже инструкции "КООРД", будут автоматически пересчитываться из с/к детали в абсолютную систему координат станка, в которой и осуществляются эти перемещения. Для указания величины переноса нуля станка в УП служит кадр $N_{..674X-42}$,

где X, Y, Z - также координаты абсолютного нуля станка в с/к детали.

При аппаратном переносе в МП указывается только сам факт переноса нуля станка, величина же переноса устанавливается на переключателях ЧПУ непосредственно перед обработкой заготовки в зависимости от конкретных условий: размер заготовки, размер инструментов и т.д. Этой цели в САП "КРОНА" служит второй и третий формат инструкции "НЦ" (начало цикла). Инструкция "НЦ" описана в [1].

Список рекомендуемой литературы

1. П е н н е р Н.П., П о п о в Д.С., П о т а ш н и к о в Л.М. Описание геометрии обрабатываемых заготовок, зон обработки и технологических функций станка в САП "КРОНА" /Самар. авиац. ин-т, Самара, 1991.

2. Пеннер Н.П., Попов Л.С., Поташников Д.М.
Описание обработки на станках с ЧПУ в САП "КРОНА" /Самар.авиацион-т,
Самара, 1991.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Системы автоматизированного программирования обработки на станках с ЧПУ.....	3
2. Система автоматизированного программирования "КРОНА".	9
2.1. Общая характеристика системы.....	9
2.2. Входной язык системы.....	10
2.2.1. Алфавит языка.....	11
2.2.2. Слова и числа языка.....	12
2.2.3. Инструкции языка.....	13
2.3. Общая структура и правила написания исходной программы.....	18
2.4. Системы координат.....	22
Список рекомендуемой литературы.....	25

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ
ЗАГОТОВОК НА СТАНКАХ С ЧПУ.
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ "КРОНА"

Составители: П е н н е р Николай Петрович,
П о п о в Леонид Сергеевич,
П о т а ш н и к о в Лев Михайлович

Редактор Т.Д.К р е т и н и н а
Техн.редактор Г.А.У с а ч е в а
Корректор Н.Д.Ч а и н и к о в а

Подписано в печать 1.07.92. формат 60x84¹/₁₆.
Бумага оберточная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 1,6.
Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 100 экз.
Заказ № 155. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086. Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Самарского
аграрного института. 443001 Самара,
ул. Ульяновская, 18.