

Г. ЕВГЕНЕВ

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОБЪЕМНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЦИФРОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Основное преимущество металлорежущих станков с цифровым программным управлением (= ЦПУ) перед другими видами автоматических станков заключается в возможности обработки сложных деталей при малых трудоемкости и себестоимости в условиях единичного и мелкосерийного производств.

Однако реализация этой возможности зависит от наличия систем автоматической подготовки информации, позволяющих переводить при помощи универсальных цифровых вычислительных машин данные чертежа детали и технологии ее обработки в цифровой код, определяющий движения инструмента.

В настоящее время в нашей стране разработаны и успешно эксплуатируются несколько таких систем, однако все они предназначены для двухкоординатной обработки на станках с ЦПУ.

Ввиду отсутствия трехкоординатных систем автоматической подготовки информации применение станков с ЦПУ для обработки в условиях единичного и мелкосерийного производств объемных деталей было практически не эффективно. В связи с этим возникла необходимость в разработке системы для трехкоординатной фрезерной обработки.

Основной целью создания системы является сокращение трудоемкости подготовки программ обработки деталей. Эта проблема имеет две стороны. Во-первых, нужно по возможности упростить процесс подготовки информации для вычислительной машины и сделать его доступным для широкого круга технологов. Во-вторых, необходимо стремиться наилучшим образом организовать вычислительный процесс, с тем чтобы сократить время работы вычислительной машины и сделать систему наиболее компактной.

Качество системы зависит от успешного решения этих двух проблем.

Другим важным требованием к системе является требование универсальности. Это требование нужно рассматривать с нескольких точек зрения. Прежде всего, система должна позволять программировать обработку широкого круга деталей. Вычислительный алгоритм системы, обладая универсальностью, должен допускать возможность расширения типажа обрабатываемых поверхностей по мере необходимости. С другой стороны, система должна обеспечивать широкий выбор вариантов технологических процессов обработки деталей как в отношении выбора схемы обработки и типа инструмента, так и в отношении режима резания и точности. Наконец, должна быть обеспечена возможность обслуживания любого станка с любой трехкоординатной системой ЦПУ с учетом закона интерполирования, входных кодов интерполяторов, а также динамики станка.

Сформулированные выше общие требования к системе обусловили выбор ее технических характеристик. Основным параметром, характеризующим возможности системы, является количество и тип программируемых



координат. Данная система предназначена для программирования линейных перемещений по трем независимым ортогональным координатам. Математически это означает, что траектория инструмента должна описываться в соответствующей декартовой системе координат, в которой работает большинство отечественных фрезерных станков с непрерывными системами ЦПУ.

По такой схеме с одной установки может быть обработано большинство деталей, в том числе все детали типа штампов и пресс-форм, образующие наиболее важный класс объемных деталей.

Другой важной характеристикой системы, влияющей на вычислительный алгоритм, является закон аппроксимации траектории инструмента. Вопрос о выборе закона аппроксимации тесно связан с законами работы интерполирующих устройств.

В настоящее время наиболее широко распространены линейные интерполяторы. Кроме того существуют линейно-круговые и параболические интерполирующие устройства.

В системе выбран линейный закон аппроксимации. Это обеспечивает простоту и универсальность вычислительного алгоритма, а также универсальность системы в отношении типажа обслуживаемых систем программного управления. Действительно, данные по линейной аппроксимации траектории инструмента можно преобразовать применительно к любому закону интерполирования. Круг деталей, обработку которых можно запрограммировать с помощью системы, определяется кругом геометрических поверхностей, которыми может оперировать система. Подавляющее большинство машиностроительных деталей описывается плоскостями и поверхностями второго порядка. Часто встречается также тор-поверхность четвертого порядка. В настоящем варианте системы круг допустимых поверхностей ограничивается именно названными. В системе, однако, зарезервирована возможность расширения типажа поверхностей.

Для максимального упрощения эксплуатации системы она оснащена специальным языком, который представляет собой фиксированный набор геометрических, технологических и некоторых специальных терминов или их сокращений и имеет определенный синтаксис. Из терминов языка и исходной цифровой информации по установленным правилам синтаксиса составляется языковая программа.

Языковая программа, представляющая алфавитно-цифровую информацию, легко кодируется с помощью стандартных устройств подготовки данных для вычислительной машины.

С целью упрощения системы каждая поверхность должна быть представлена в определенной стандартной форме задания. Однако в чертежах способы задания поверхностей могут быть различными. Чтобы упростить подготовку данных, в языке системы предусмотрен набор нестандартных форм задания из числа наиболее часто встречающихся в чертежах.

При разработке вычислительного алгоритма системы, а также при программировании вычислительного блока за руководящий принцип был принят сформулированный выше принцип универсальности.

В связи с этим в качестве математического аппарата был использован аппарат дифференциальной геометрии и векторного анализа, а также итерационные методы. На основе анализа вычислительных задач, возникающих при программировании трехкоординатной обработки, была сконструирована обобщенная расчетная модель. В основу построения расчетной модели положены следующие принципы.

Поскольку объем любой детали ограничен некоторой совокупностью



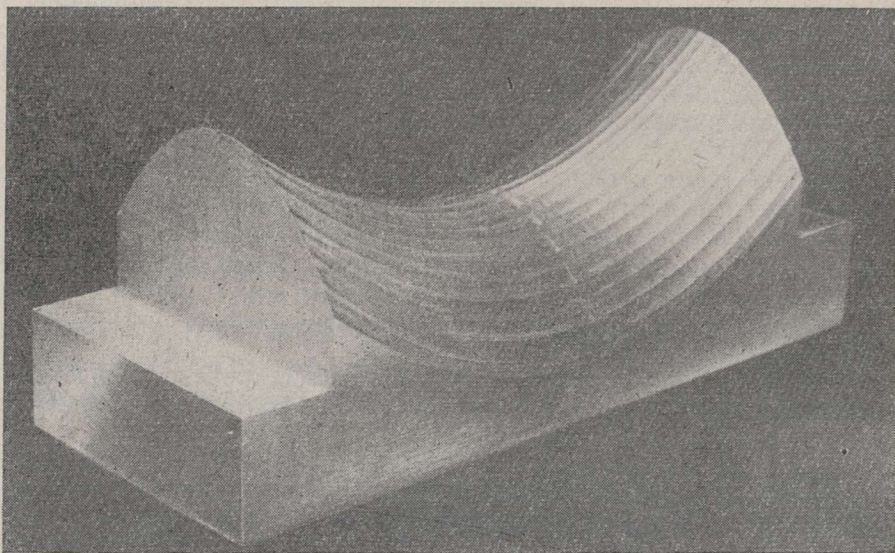


Рис. 1.

поверхностей, произвольным образом ориентированных в пространстве, а каждый тип поверхности имеет свою наиболее рациональную схему обработки, обработку всей детали целесообразно вести последовательно, по отдельным поверхностям. В этом случае каждая из поверхностей, ограничивающих деталь, последовательно выступает в качестве обрабатываемой, в то время как смежные с ней поверхности выступают как граничные.

Для того, чтобы задать траекторию движения инструмента при обработке поверхностей, необходимо ввести в рассмотрение особый тип поверхностей — направляющие. Совокупность направляющих поверхностей определяет технологическую схему обработки.

На основе анализа обобщенной расчетной модели можно сформулировать две основные задачи, на базе решения которых построен универсальный вычислительный алгоритм. Первой из них является задача линейной аппроксимации пространственных кривых, являющихся линиями пересечения обрабатываемых и направляющих поверхностей. Посредством решения этой задачи определяется последовательность расчетных точек, задающих траекторию инструмента при движении по данной строке. Второй основной задачей является задача определения конечного положения инструмента при движении его вдоль данной строки. Это положение задается граничной поверхностью.

На рис. 1 представлена деталь, обработанная на станке с программным управлением по программе, подготовленной при помощи системы автоматической подготовки информации. Обработанная поверхность представляет собой гиперболический параболоид.

Далее приведена языковая программа, содержащая всю необходимую информацию для обработки этой детали. Программа разделена на рубрики, каждая из которых выполняет определенные функции.

Рубрика «станок» обозначает тип станка с программным управлением, на котором производится обработка детали. В данном случае обработка производилась на трехкоординатном фрезерном станке с непрерывной системой цифрового программного управления (6441ПР).



## Языковая программа

Станок: 6441ПР

Система: Универсальный линейный интерполятор

Деталь: ПОВL (0/0/0 0,01/0/0/0 — 0,02/0/0/0 — 0,025/ — 0,5)  
 ПЛО1 (1,0/0/—100)  
 ПЛО2 (—1/0/0/—100)  
 ПЛО3 (0/1/0/—50)  
 ПЛО4 (0/—1/0/—50)  
 ПЛО5 (0 0/1/0)  
 ТКОО = ПОВL /ПЛО1/ПЛО3/

Техпараметры: ФР(15)  
 ДОП(0,02)  
 ОРБ(0,2)  
 НТК(0/0/1)  
 СУС (600)  
 Sp (500)  
 Sвр (100)  
 ПОВ ВР = ВZ ПЛО5

Обработать: ПОВ L

Обход: ТИП 63

Границы: +Y по ПЛО1/ +X по ПЛО4/ —Y по ПЛО2/ —X по ПЛО3/ до  
 +ПЛО1/

КОНЕЦ

Функцией этой рубрики является расстановка в рабочие ячейки оперативной памяти вычислительной машины параметров станка, необходимых для расчета программы обработки.

Под рубрикой «система» указывается тип используемого интерполятора. В нашем случае запись программы обработки детали на магнитную ленту осуществлялась при помощи универсального линейного интерполятора. По этой рубрике осуществляется чтение с магнитной ленты внешнего накопителя и расстановка в оперативной памяти машины соответствующей подпрограммы кодирования и вывода результатов расчета.

Под рубрикой «деталь» записывается вся необходимая геометрическая информация. В данном случае информация о гиперболическом параболоиде, обозначенном аббревиатурой ПОВL, а также о граничных плоскостях задана в стандартной форме — набором стандартных параметров. Информация о точке, с которой должна начаться обработка поверхности, задана в нестандартной форме — посредством языковой формулы. Эта точка определена как точка пересечения гиперболического параболоида и двух плоскостей.

Под рубрикой «техпараметры» зафиксированы величины радиуса фрезы, допусков на аппроксимацию и на оребрение, координаты «нулевой» точки, из которой начинается и в которой заканчивается движение инструмента. Здесь же указаны (в миллиметрах в минуту) величины ускоренной, рабочей подачи и подачи врезания. Последней в техпараметрах определена поверхность врезания. В тот момент, когда инструмент пересечет эту поверхность при подводе к заготовке, он начнет двигаться со скоростью подачи врезания.

Рубрика «обработать» обозначает обрабатываемую поверхность.

Под рубрикой «обход» задается типовая технология обработки поверхности. В данном случае обработка производилась строчками в па-



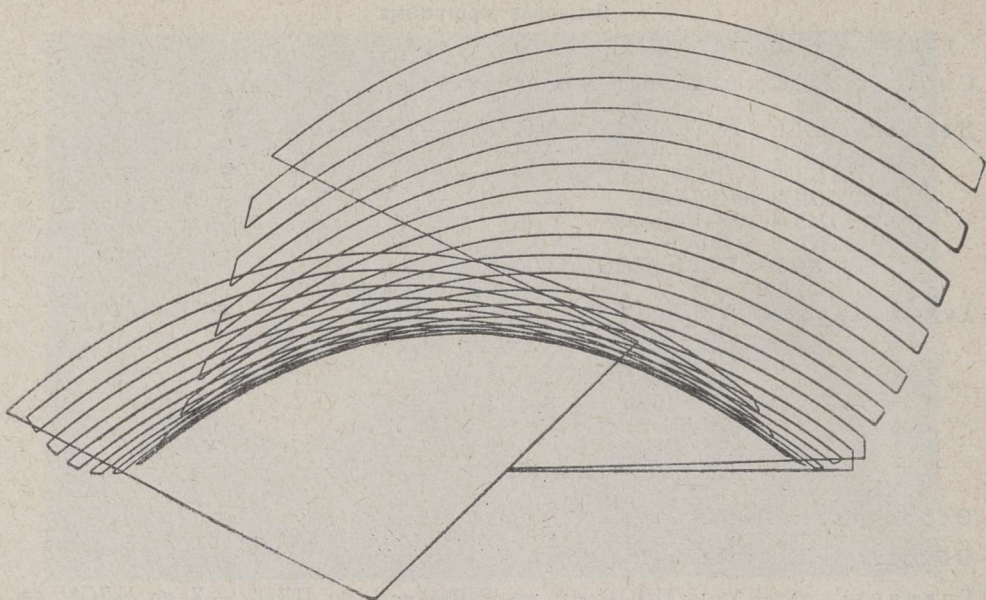


Рис. 2.

параллельных сечениях. Взаимное расположение строчек рассчитывается автоматически, исходя из заданного допуска на обработку.

Наконец, под рубрикой «границы» обозначены ограничения, накладываемые на перемещение инструмента по обрабатываемой поверхности.

Для удобства контроля результаты расчета программы выводятся на печать параллельно с выводом на перфоленту. Помимо того траектория инструмента может быть вычерчена в изометрии на чертежной машине (рис. 2).

Поступила в редакцию  
23/V 1966

G. JEVGENEV

# INFORMATSIOONI AUTOMAATSE ETTEVALMISTAMISE SÜSTEEM RUUMILISTE DETAILIDE TÖÖTLEMISEKS NUMBRILISE PROGRAMM- JUHTIMISEGA FREESPINKIDEL

Artiklis kirjeldatakse automaatse programmeerimise süsteemi ja formuleeritakse alginformatsiooni ümbertöötamise universaalse arvutusalgoritmi ja programmeerimiskeele koostamise alused. Lühidalt kirjeldatakse ka süsteemi realiseerimist praktikas.

G. YEVGENEV

## SYSTEM OF AUTOMATIC PREPARATION OF INITIAL INFORMATION FOR CUTTING THREE-DIMENSIONAL WORKPIECES ON NUMERICALLY CONTROLLED MILLING MACHINES

The paper contains a description of automatic programming and formulation of principles of a universal computational algorithm and of a programming language. Further the practical acting of the system is dealt with in brief.