

МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЧПУ

М.Х. Кучкарова, А.М. Мамажанов

До настоящего момента мы использовали исключительно ручное программирование на уровне G-кодов, чтобы "вынудить" вас понять основы ЧПУ. В этой главе мы, наоборот, исследуем другие методы создания управляющих программ. Мы покажем на реальных примерах использование каждого метода для того, что бы вы решили - который из них является лучшим для вашей компании. Несмотря на то, что после прочтения этой главы вы станете заметно образованнее и самоувереннее, необходимо все же спросить себя: "Чем различаются три способа программирования?". А затем четко и ясно ответить на этот вопрос.

Итак, мы приступаем к обсуждению трех методов разработки УП. Обратите внимание - ни один из них не является панацеей для любого из заводов. Каждый метод имеет свою нишу в машиностроительной отрасли промышленности.

Ручное программирование

Как вы успели заметить, ручное программирование является весьма утомительным занятием. По общему признанию, слова, адреса и кадры воспринимаются большинством новичков, как "китайская грамота". Однако все программисты-технологи обязаны иметь хорошее понимание техники ручного программирования независимо от того, действительно ли они ее используют.

Можно сопоставить ручное программирование для ЧПУ с выполнением арифметических вычислений при помощи ручки и бумаги в противоположность вычислениям на электронном калькуляторе. Преподаватели математики единодушно соглашались с тем, что школьники сначала должны научиться выполнять арифметические вычисления вручную. И только потом использовать калькулятор для того, чтобы ускорить процедуру нудных вычислений. Что может быть лучше, чем ручное программирование? Все еще остается немало компаний, в которых применяют исключительно ручное программирование для станков с ЧПУ. Действительно, если в компании используется несколько станков с ЧПУ, а изготавливаемые детали предельно просты, то грамотный технолог-программист с великолепной техникой ручного программирования будет способен превзойти по производительности труда мощного программиста-технолога, использующего САМ-систему. Или скажем, компания использует свои станки для выполнения ограниченной номенклатуры изделий. Как только обработка таких изделий запрограммирована, она вряд ли будет изменена когда-либо в будущем. В этом случае ручное программирование для ЧПУ наиболее экономически эффективно.

Наконец, даже в случае применения САМ-системы нередко возникает потребность коррекции кадров УП вследствие обнаружения ошибок на этапе верификации. Также, общепринятой является коррекция кадров УП после ряда первых пробных прогонов на станке с ЧПУ. Если для выполнения этих, часто элементарных корректировок программист должен опять использовать САМ-систему, то это неоправданно удлинит процесс подготовки производства.

Программирование на пульте системы СПУ

Этот метод программирования стал весьма популярен в последние годы. Программы создаются и вводятся непосредственно на стойке системы ЧПУ, используя клавиатуру, дисплей, а также систему графических пиктограмм и меню. Программист может немедленно верифицировать кадры УП путем графической имитации обработки на экране стойки.

Системы диалогового-графического проектирования существенно различаются между собой. В большинстве случаев, любая из них является одноцелевой системой, предназначенной для автоматизации программирования определенного типа обработки на определенном оборудовании. Мало того, некоторые модели, особенно уже снятые с производства, были рассчитаны только на ручной ввод управляющей программы и тем самым не могли обеспечить технологию удаленного программирования при помощи САМ-системы. Однако более современные модели могут работать как в диалоговом режиме, так и имеют устройства для ввода G-кодов, сгенерированных другими САМ-системами.

Проблемы, связанные с программированием на пульте системы СПУ

Некоторые компании используют исключительно метод программирования на стойке ЧПУ и возвеличивают его до "иконы". Другие рассматривают такой метод экономически неэффективным, даже расточительным. Неудивительно, что каждая из сторон в споре имеет свои аргументы "за и против".

В общем случае компании, использующие ограниченное число наемных рабочих и выпускающие широкий ассортимент деталей, склонны использовать метод программирования непосредственно у станка с ЧПУ. В таких фирмах, один работник может использоваться для выполнения разнообразных задач, связанных с обслуживанием станков с ЧПУ. Например, на многих малых заводах оператор станка с ЧПУ занимается установкой заготовки; ее креплением; вводом УП; проверкой и оптимизацией УП, наконец, он фактически следит за обработкой. В этом случае метод программирования "у стойки с ЧПУ" весьма оправдан и более эффективен, чем оплата услуг некого "удаленного" программиста-технолога.

В более крупных производственных фирмах основная цель состоит в максимальной загрузке станка с ЧПУ. Этот тип компаний использует уже целый штат сотрудников, поддерживающих максимальную загрузку станков и бесперебойное изготовление деталей на каждом станке. Независимо от причины, время простоя станка будет воспринято руководством компании как потеря времени и денег. Один человек может устанавливать инструменты для изготовления следующей детали в то время как обрабатывается текущая деталь. Другой сотрудник зажимает деталь. Остальные работники в этот момент загружают УП и верифицируют их. В этом случае оператор станка только устанавливает заготовки и снимает готовые детали. Штат поддержки минимизирует потери времени, связанные с установкой и наладкой, а также разгрузкой станка, выполняя главную задачу - минимизировать время, в течение которого станок простаивает. Вы можете легко понять, что такие компании не заинтересованы в разработке УП непосредственно у станка, поскольку это приведет к колоссальным тратам машинного времени.

Существуют два других фактора, влияющих на использование того или иного метода. Первый имеет отношение к стимулированию оператора станка с ЧПУ. Человек, выполняющий диалоговое проектирование УП, должен иметь более высокую оплату труда и мотивацию. Ведь этот сотрудник вносит существенный вклад в успех компании. Имея такие

стимулы, сотрудник может превзойти "обычного" программиста-технолога, неспешно разрабатывающего УП вдалеке от цеха. Итак, в маленьких фирмах сотрудник, разрабатывающий УП на стойке с ЧПУ, напрямую заинтересован в успехе компании.

Другой фактор, влияющий на выбор метода программирования, это номенклатура изготавливаемых деталей, для которых нужно написать управляющие программы. Если номенклатура значительна - вряд ли вас спасет программирование у стойки.

Программирование при помощи САМ-систем

САМ-системы позволяют "поднять" программирование для станков с ЧПУ на более высокий уровень по сравнению с рутинным ручным программированием. САМ-системы постоянно привлекают на свою сторону все большее число сторонников. Обобщая, можно сказать, что САМ-системы облегчают труд технолога-программиста в трех главных направлениях. САМ-системы избавляют технолога-программиста от необходимости делать математические вычисления вручную; позволяют создавать на одном базовом языке управляющие программы для различного оборудования с ЧПУ, наконец, они обеспечивают технолога типовыми функциями, автоматизирующими ту или иную обработку.

Для использования САМ-системы, технолог-программист применяет персональный компьютер или рабочую станцию. Компьютерная программа автоматически генерирует управляющую программу(G-код). Затем управляющая программа передается тем или иным способом в память стойки станка с ЧПУ.

САМ-системы можно разделить на две категории - с языковым и графическим способом ввода информации. Используя первые, технолог обязан использовать язык программирования, подобный БЕЙСИКУ или С. Эти САМ-системы требуют программирования(!) и некоторые из САМ-систем в силу этого весьма сложны для освоения.

На другом полюсе располагаются САМ-системы, где каждый шаг обработки задается интерактивно в графическом режиме. Программист имеет зрительную обратную связь в течение каждого шага задачи программирования. Поэтому в общем случае такие системы более просты в изучении и работе.

Последовательность процедур в САМ-программировании

Несмотря на то, что возможности и "внешний вид" САМ систем отличаются друг от друга совершенно невероятным образом, все же есть нечто общее, что их объединяет - это методология их использования. Сначала, программист должен ввести некую общую информацию. Во-вторых, описать параметры заготовки, а также также рабочего места(приспособление для крепежа, инструмент). Наконец, необходимо определить последовательность обработки.

Общая Информация(1 шаг)

На этом шаге от программиста потребуются ввод информации о наименовании детали, ее шифра, даты генерации и имени управляющей программы. Нередко на этом шаге задаются габариты детали и размер экрана дисплея для того, чтобы настроить автоматическое масштабирование. Как правило, на этом этапе вводится информация о материале и форме заготовки.

Определение и уравнивание геометрии(2 шаг)

Используя ряд методов определения разобранной геометрии, программист постепенно описывает форму обрабатываемой детали. В САМ-системах с графическим вводом программист к тому же увидит на экране каждый элемент геометрии. Программист имеет возможность выбора наиболее подходящего способа для построения разобранной геометрии, служащей задаче описания формы обрабатываемой детали.

Как только геометрия определена, большинство САМ-систем предполагает проведение процедуры уравнивания геометрии(the geometry be trimmed) для того, чтобы геометрия соответствовала фактической форме обрабатываемой детали, которую нужно обработать. Например, линия, выходящая за пределы экрана, ограничивается до отрезка. Уравниванию подвергается и каждая дуга окружности.

Формирование строки обхода

Имейте в виду, что большинство САМ-систем допускает импорт геометрии детали, спроектированной в САД-системе. Это особенно полезно в случае деталей сложной формы, ведь технологу не нужно тратить усилия на повторное описание сложной геометрии. Однако, имеются четыре немаловажных замечания, которые "портят" идеалистическую картину "сквозного проектирования-изготовления".

Во-первых, все элементы чертежа, созданного в САД-системе, должны быть выполнены строго в одном масштабе. Нам хорошо известна практика подгонки отдельных размеров конструктором только для того, что бы сделать качественную прорисовку чертежа или просто ускорить черчение. Например, выбран масштаб 1:0.005 дюйм. Конструкторы знают, что в этом случае мелкие детали чертежа будут не видны на прорисовке. Значит надо изобразить мелкий элемент размером 0.005 как 0.05. А размерную линию подписать как 0.005! В результате у технолога возникнет масса неприятностей и на поиск и коррекцию ошибочного элемента уйдет немало времени.

Во-вторых, из чертежа детали, сделанного конструктором, технологу нужно совсем немного информации. Если в САМ-систему импортируется полный чертеж, то технолог потратит немало времени на то, чтобы удалить лишние элементы геометрии, размеры, штриховки и пр. До тех пор, пока САД-системы не оснастят простыми, удобными и мощными средствами фильтрации геометрии, технолог по-прежнему будет терять драгоценное время на "чистку". Третье замечание. Важно уже в процессе проектирования соблюсти соглашение о местонахождении нулевой точки чертежа. Начало координат чертежа желательно расположить в нижнем левом углу чертежа. В этом случае процесс импортирования чертежа в САМ-систему пройдет без запинки. В противном случае, технологу опять потребуется время для устранения проблем.

Четвертое замечание. В большинстве САМ-систем предполагается, что геометрия детали будет описана в некотором формате, наиболее подходящем для программирования обработки. Яркий пример - токарная обработка. Вам знакомы размерные цепи? В большинстве своем, конструкторы редко задумываются об этом. В результате технолог повторно рассчитывает весь контур детали вручную.

Именно поэтому, многие пользователи САМ-систем часто приходят к выводу, что проще заново переопределить чертеж в САМ-системе(для простых обрабатываемых деталей), чем импортировать рисунки из САД-систем. Поскольку

обрабатываемые детали становятся все более сложными и весьма трудно переопределить элементы чертежа, способность импортировать геометрию из CAD системы в САМ-систему становится очень важной проблемой.

Определите процедуры обработки(3-й шаг)

На третьем шаге программист задает в САМ-системе способ обработки детали. САМ-системы предоставляют для этого немалое количество готовых решений. Многие САМ-системы включают интерактивные меню для задания параметров конкретного вида обработки. Программисту остается только ввести параметры, а САМ-система сама рассчитывает траекторию обработки.

На этом шаге САМ-система визуализирует траекторию инструмента, предоставляя программисту возможность визуального анализа того, что может произойти на станке. Эта способность визуализировать УП прежде, чем она реально исполнится на станке, является одним из преимуществ САМ-систем. В конце концов, программист может ввести команду для генерации управляющей программы в виде G-кодов.

А как сохраняют УП?

Независимо от того, каким образом была создана CNC-программа, заводские технологи всегда обеспокоены вопросами сохранения архивов УП и процедурами поиска в них. Даже в том случае, когда станок с ЧПУ выполняет одну и ту же программу, необходимо предварительно скопировать УП на случай возникновения сбоя при чтении в стойке станка.

Конечно, как только программа проверена на станке, пользователь захочет сохранить программу в ее эталонном виде для использования в недалеком будущем. Это может быть сделано несколькими способами.

Запоминающие устройства для хранения УП и организации поиска, включают: устройства записи/чтения на магнитной ленте, устройство ввода/вывода на перфоленту, переносимые гибкие магнитные дискеты, устройства оперативной памяти, портативный компьютер и настольные компьютеры. Персональные компьютеры - наиболее популярный способ хранения, поиска и передачи управляющих программ. Давайте кратко обсудим, как они могут использоваться для передачи УП на станок с ЧПУ.

Все современные системы с ЧПУ типа CNC укомплектованы RS-232-C портом. Все современные персональные компьютеры также оборудованы RS-232-C портом. Подключая кабелем перечисленные выше два порта, пользователь может управлять процессом передачи данных от компьютера в ОЗУ системы с ЧПУ. Безусловно, для этого требуется специализированная программа, которая может как загружать, так и выгружать УП из стойки ЧПУ. Большинство современных САМ-систем включают в свой состав программы для загрузки УП. Более того, имеется масса независимых поставщиков, они специализируются не только на передаче УП, но и на прямом управлении станков с ЧПУ от компьютеров. В этих случаях стойка с ЧПУ уже практически не нужна. Подобные системы сокращенно именуют DNC.

В данной статье представлены три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование(manual programming techniques), программирование на стойке ЧПУ(shop-floor) и программирование при помощи САМ-систем.

This article presents three main ways of developing control programs: manual programming (manual programming techniques), programming on the CNC rack (shop floor), and programming using CAM systems.

А.М. Мамажанов - Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова.

М.Х. Кучкарова - Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТАНОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

М.Х. Кучкарова, А.М. Мамажанов

Современный этап развития САПР (CAD/CAM/CAE/PDM) в промышленности характеризуется [1]: • интеграцией на основе единой информационной технологии; • внедрением объектно-ориентированного подхода и предоставлением пользователю САПР естественного интерфейса; • открытостью САПР для расширения. Современные системы САПР (Catia (Dassault Systemes), Pro/Engineer (USA), Unigraphics (Siemens)) поддерживают технологию параллельного проектирования. Ядром параллельного проектирования является единая база данных проекта, объединяющая всю информацию и управляющая потоками данных, которые приходят от различных подразделений разработчиков и участников жизненного цикла изделий. Современные системы САПР создают полное электронное описание изделия и его технологических атрибутов, а само изделие и технология его изготовления являются составной частью единой CAD-модели. Построенные трехмерные модели изделия (детали) автоматически генерируются в чертежи в соответствие со стандартами ANSI, DIN, ISO с полным набором средств создания символов допусков, шероховатости и т.д. Между чертежом и электронной моделью изделия (детали) поддерживается полная ассоциативность. Основанная на фичерах технология механической обработки интегрирована в среду CAD-модели и обеспечивает оптимальную производительность цифровой обработки. Наличие системы PDM облегчает процесс проектирования изделия, быстрого доступа к проектной информации и управления процессами проектирования. Таким образом, основными отличительными особенностями современного САПР с точки зрения пользователя (технолога) является: • - технология параллельного проектирования изделия; • - полное электронное определение конструкции изделия (детали), его технологических параметров и технологии изготовления как части единой CAD-модели; • - использование электронной модели изделия (детали) позволяет отказаться от чертежа изделия (детали) в качестве источника конструкторской и технологической информации при проектировании технологических процессов обработки. Тем самым, удается существенно сократить сроки конструкторского и технологического проектирования, снизить издержки производства, повысить качество выпускаемых изделий и получить возможность быстрого его освоения. Например [1], в 1995 г. 30 инженеров фирмы «Рено», используя «EUCLID», потратили на конструкторско-технологическую подготовку производства новой модели автомобиля «RENAULT NEXT» с двойной системой трансмиссии 8 месяцев. Ранее на создание серийной модели автомобиля уходило не менее 5 лет. Впервые в истории RENAULT реальный автомобиль был построен прямо из CAD-модели без предварительного изготовления прототипов. Сегодня этим уже мало кого можно удивить, но тогда это было в новинку. Наиболее распространенным методом изготовления деталей от простейших до самых сложных с заданным качеством в машиностроении является механическая обработка. Причем поставляемые в настоящее время на производство станки по своим возможностям могут быть преобразованы до многофункциональных производственных центров. Например [3], «EMAG» создает производственные линии для полной обработки незакаленных и закаленных деталей. Производителям изделий предлагают технологические модули для выполнения таких операций, как точение незакаленных деталей, фрезерование, тангенциальное точение, сверление, твердое точение, точение криволинейных поверхностей, зубофрезерование, шлифование. Весь процесс обработки детали идет на одном центре (EMAG VTC-250 DUO), полностью автоматизирован и имеет следующие преимущества: • - снижение основного времени за счет обработки на станке с числовым программным управлением (ЧПУ) по четырём осям; • - снижение вспомогательного времени за счет параллельной загрузки и выгрузки деталей; • - снижение производственной площади за счет компактной конструкции станка; • - снижение затрат на средства автоматизации, так как они уже интегрированы в станок; • - снижение затрат времени на ручные операции; • - снижение затрат времени на наладку и переналадку станка. Таким образом, многопрофильные станки с ЧПУ обеспечивают гибкость производства и широкий диапазон возможностей, поскольку указанные операции могут комбинироваться друг с другом на одном станке и заменять автоматическую линию с «жесткой» или несинхронной связью. При технологическом проектировании процессов изготовления изделий в системах CAD/CAM/CAE/PDM в основу общего подхода положен алгоритм (рисунок 1) [4], включающий три этапа. Согласно указанному алгоритму, основные задачи, решаемые проектантом, продиктованы многовариантностью технологического процесса механообработки. Они решаются на втором этапе алгоритма - анализе и связаны с оптимизацией технологического процесса изготовления изделия. Применение методов оптимизации в проектировании технологического процесса изготовления изделия достаточно широко: проектирование структуры операций, припусков, операционных размеров, базирования, режимов резания, технологических маршрутов и операций обработки [4, 5, 6]. Представление технологического процесса изготовления в виде структурной модели позволяет определить методы обработки изделия и управлять процессом обработки, решать частные задачи, а именно, расчет операционных припусков, назначение операционных размеров, выбор маршрута обработки изделия и т.д. В современных системах CAD/CAM/CAE/PDM проектирование технологического процесса изготовления деталей происходит по электронной модели (твердотельной) изделия вместо чертежа детали, поэтому использовать известные методы компьютерного проектирования технологического процесса изготовления изделия, а именно прямой поиск, синтез и анализ - применить нельзя. Вариант технологического процесса изготовления изделия может быть найден интуитивным методом проектирования, основанным на знаниях технолога-проектировщика.

При проектировании техпроцессов механообработки назначение припусков и операционных размеров можно использовать один из следующих методов расчета [4, 7]: интегрально-аналитический, дифференциально-аналитический или нормативный. Все указанные методы расчета припусков при механической обработке детали построены на основе статистических данных, полученных при обработке деталей на станочном парке восьмидесятых годов прошлого столетия. Для определения структуры технологического процесса механической обработки детали используются многовариантные таблицы технологических маршрутов обработки типовых поверхностей, учитывающие свойства материалов и его состояние (рис. 2) [4]. Таблицы технологических маршрутов обработки типовых поверхностей разработаны на основе статистических данных по точности и качеству обработки типовых поверхностей на станочном

парке восьмидесятых годов прошлого столетия. В настоящее время структура станочного парка в машиностроении иная. При проектировании технологических процессов изготовления деталей наибольший объем работ связан с выполнением размерного анализа технологического процесса изготовления детали - размерные и точностные расчеты операционных размеров, припусков, размеров заготовок, оценка точности технологического процесса в целом [7]. Размерный анализ технологических процессов механической обработки детали решает следующие задачи: Проектная задача. Исходя из заданных размеров и точности обрабатываемой детали, определяют операционные размеры и размеры заготовки. Проверочная задача. По известным характеристикам операционных размеров и размеров заготовки определяют характеристики размеров и точности обрабатываемой детали. Методика размерного анализа процессов обработки деталей на предварительно настроенных на размер станках разработана и излагается в работах В. П. Пузаковой, И. А. Иващенко, В. В. Матвеева, М.М. Солонина и др. Методика проведения размерного анализа операций обработки детали (твердотельной модели) на многопрофильных станках с ЧПУ в литературе не найдена.

Список литературы:

1. В. Коваленко. «Системы автоматизации проектирования вчера, сегодня, завтра». Открытые системы, № 2, 1997.
2. Е. Лесников. «САТIAV5 – настоящее и перспективы». CAD/CAM/CAE Observer, № 1 (14), 2004.
3. «Обзор продукции группы «ЭМАГ». www.emag.com.
4. В. И. Аверченков. «Оптимизация технологических процессов в САПР ТП» Брянск 1987 г.
5. Р. А. Аллик и др. «САПР изделий и технологических процессов в машиностроении», Л. Машиностроение.
6. Б. Е. Челищев и др. «Автоматизация проектирования технологий в машиностроении», М. Машиностроение, 1987 г.
7. В. В. Матвеев, М. М. Тверской и др. «Размерный анализ технологических процессов», М. Машиностроение, 1982 г.

Известные методики размерного анализа технологического процесса механической обработки деталей не учитывают специфику «цифровой» обработки и методы расчета объемных технологических размерных цепей. Поэтому использовать их для анализа операций механической обработки деталей на многопрофильных станках с ЧПУ невозможно.

Known methods of dimensional analysis of the technological process of machining parts do not take into account the specifics of the "digital" processing and methods for calculating volumetric technological dimensional chains. Therefore, it is impossible to use them for the analysis of machining operations of parts on multi-profile CNC machines.

А.М. Мамажанов - Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова.

М.Х. Кучкарова - Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова.