

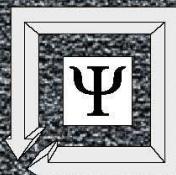
**АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПОДГОТОВКИ
УПРАВЛЯЮЩИХ
ПРОГРАММ
ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

учебное пособие

Часть 1



ФЛИНТА



МПСИ

**Аверченков В.И., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А.,
Аверченков А.В., Терехов М.В., Левкина Л.Б.**

Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ

Учебное пособие

Часть 1

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательство «ФЛИНТА»
2011

УДК 681.3.06
A19

Р е ц е н з е н т ы:
кафедра «Технология машиностроения»
Белгородского государственного технологического университета;
д.т.н., проф. *В.П. Федоров*

Аверченков В.И.

А19 Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ: учеб. пособие для вузов [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Л.Б. Левкина. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – Ч. 1. – 216 с.

ISBN 978-5-9765-1250-4 (Общ.)
ISBN 978-5-9765-1261-0 (Ч. 1)

Рассмотрены особенности конструкций современных станков с ЧПУ, прогрессивного металлообрабатывающего инструмента и приспособлений, рассмотрены особенности разработки технологических процессов с применением оборудования с ЧПУ.

Учебное пособие предназначено для студентов технических специальностей высших учебных заведений, а также может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

УДК 681.3.06

ISBN 978-5-9765-1250-4 (Общ.)
ISBN 978-5-9765-1261-0 (Ч. 1) ©Издательство «ФЛИНТА», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	7
1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ	7
1.2. ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ	12
1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКОВ С ЧПУ	14
1.4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СТАНКОВ С ЧПУ	15
1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЧПУ СТАНКОВ	16
ГЛАВА 2. УСТРОЙСТВО СТАНКОВ С ЧПУ	23
2.1. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	23
2.1.2. Структура системы УЧПУ, построенной на основе ПЭВМ	23
2.1.3. Система ЧПУ фирмы Fanuc	25
2.1.4. Система ЧПУ фирмы Siemens	27
2.2. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ПРИВОДОВ	28
2.2.1. Классификация приводов.....	28
2.2.2. Приводы главного движения.....	31
2.2.3. Следящий привод подачи	36
2.2.4. Дискретный (шаговый) привод подачи	40
2.2.5. Привод вспомогательных механизмов	43
2.3. УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА СТАНКОВ С ЧПУ ...	45
2.3.1. Устройства АСИ для станков токарной группы	45
2.3.2. Устройства АСИ для фрезерно-сверлильно-расточных (многоцелевых) станков	51
2.3.3. Устройство АСИ токарно-фрезерных обрабатывающих центров .	58
ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СТАНКОВ С ЧПУ	63
3.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЬЯВЛЯЕМЫЕ К ПРИСПОСОБЛЕНИЯМ	63
3.2. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ	65
3.3. МАТЕРИАЛЫ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ СОВРЕМЕННОГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРИМЕРЕ МАТЕРИАЛОВ SANDVIK.....	68
3.3.1. Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ	71
3.3.2. Режущий инструмент многоцелевых станков с ЧПУ	74
3.4. РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ	85
3.4.1. Выбор режимов резания при токарной обработке	85
3.4.2. Точение	88
3.4.3. Фрезерование	95
3.4.4. Получение отверстий	99
3.4.5. Рекомендуемые режимы резания	103
3.5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ	120
3.5.1. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы	121
3.5.2. Вспомогательный инструмент для станков сверлильно-расточной и фрезерной групп.....	126
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ	135

4.1. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ.....	135
4.2. КООРДИНАТНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ.....	139
4.3. ОБРАБОТКА СИСТЕМЫ ОТВЕРСТИЙ	140
4.4. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ	142
4.4.1. Особенности обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ	142
4.4.2. Последовательность выполнения операций на МС	145
4.4.3. Последовательность выполнения переходов на МС	147
ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ СТАНКОВ С ЧПУ СОВМЕСТНО С СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	149
5.1. Применение станков с ЧПУ на основе CALS-технологий	149
5.2. Анализ CAD/CAM/CAE-систем	154
5.2.1. CAD – системы.....	154
5.2.2. CAM – системы	170
5.2.3. CAE – системы	190
ГЛАВА 6. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ	195
6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОГРЕШНОСТЯХ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ	195
6.2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ЛИНЕЙНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ	200
6.3. СПОСОБЫ НАЛАДКИ СТАНКОВ С ЧПУ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ.....	202
6.4. Рекомендации по эксплуатации станков с ЧПУ	206
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	211
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	212

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

Станки с ручным управлением - универсальные станки, где рабочий, пользуясь чертежом детали или эскизом, преобразует прочитанную им информацию в определенную последовательность движения рук и воздействует на органы управления станком. В этом случае человек задает и выполняет программу управления станком, то есть управляет циклом работы и величиной перемещений исполнительных органов станка. Достоинством такой системы управления является ее универсальность и гибкость. Однако использование человека в качестве основного элемента системы управления станком сдерживает рост производительности этого оборудования.

Универсальные станки с ручным управлением стали оснащать системами ручного ввода данных и цифровой индикации (в обозначении модели станка отмечаются индексом Ф1). Рабочий на специальной панели задает численное значение координат, на которые должны выйти исполнительные органы станка после включения подачи. На подвижных органах таких станков устанавливаются датчики положения, которые подают сигналы в систему цифровой индикации. Числовые значения координат детали или инструмента непрерывно индицируются на световом табло (визуализаторе), что позволяет контролировать получаемые параметры в процессе обработки.

Системы ручного ввода данных и цифровой индикации обеспечивают в некоторой степени повышение производительности и точности обработки, снижают утомляемость рабочего. Применяются чаще всего в станках токарной и сверлильно-расточной групп. Однако эти системы не автоматизируют рабочий цикл станка и не высвобождают рабочего.

Станки-автоматы и полуавтоматы. Использование человека в качестве основного элемента системы управления станком сдерживает рост производительности этого оборудования. Поэтому дальнейшее развитие металлообрабатывающих станков связано с созданием высокопроизводительных станков-автоматов и полуавтоматов, программа управления которыми задается на программируемом контроллере. Рабо-

чий цикл такого оборудования полностью автоматизирован.

В зависимости от способа задания на програмноносителе информации, необходимой для реализации рабочего цикла, системы управления металлообрабатывающими станками делятся на нечисловые и числовые.

В нечисловых системах управления информация физически материализована в виде модели-аналога, управляющей исполнительными органами станка. Рабочий цикл станков с нечисловыми системами управления формируется либо при разработке самой системы управления, либо при проектировании програмноносителя. В качестве програмноносителей в таких системах управления используются кулачки, копиры, шаблоны, путевые и временные командоаппараты. Гибкость такой системы управления обеспечивается за счет проектирования и изготовления новых програмноносителей, переналадки командоаппарата и самого станка.

Станки с програмноносителем в виде модели-аналога имеют важное достоинство, состоящее в том, что возможности увеличения производительности станков не ограничиваются субъективным фактором – участием человека в реализации рабочего цикла.

Основные недостатки аналоговых програмноносителей:

- невозможность быстрой переналадки станков на обработку заготовки другой детали;
- высокая стоимость переналадки;
- неудовлетворительная точность обработки вследствие повышенного износа програмноносителей, т. к. они передают не только закон перемещения исполнительных органов станка, но и усилия для его реализации.

В силу этих особенностей аналоговые програмноносители используются в станках для массового и крупносерийного производства с устойчивой во времени конструкцией выпускаемых изделий.

Станки с цикловой системой программного управления. В серийном производстве применение нашли станки с цикловой системой программного управления (в обозначении модели станка отмечается индексом Ц). В этих станках в програмноноситель вводится технологическая информация, а геометрическая информация задается расстановкой упоров на специальных линейках или барабанах.

Различают следующие виды систем циклового программного управления: кулачковые; аппаратные; микропрограммные и про-

граммируемые.

Функциональная схема цикловой системы кулачкового управления, выполненная на командоаппарате с шаговым приводом или на штекерной панели, приведена на рис.1.1. Устройство задания и ввода программы обеспечивает систему управления станком технологической информацией и осуществляет поэтапный ввод этой информации. Устройство задания программы чаще всего выполняют в виде штекерной или кнопочной панели, устройство поэтапного ввода – в виде шагового искаателя или счетно-релейной схемы.

Программа управления формируется расстановкой штекеров в соответствующие гнезда панели с тем, чтобы составить такие электрические схемы включения исполнительных органов станка, которые, сменяя друг друга, осуществляют последовательные этапы обработки.

При наличии стандартных циклов система управления иногда содержит дополнительную штекерную панель.

Для облегчения программирования станка используют трафареты, заготавливающиеся заранее. Их накладывают на панель, и в отверстия вставляют штекеры.

Штекерные панели могут быть выполнены также по типу функциональных программных полей. В этом случае всё поле штекерной панели разделяется на функциональные участки. Программа задается путем соединения отдельных гнезд различных функциональных участков панели.

Кроме штекерных панелей, применяются кулачковые командоаппараты, представляющие собой цилиндрические барабаны с рядами гнезд. Число гнезд по окружности барабана определяет количество возможных этапов программы, а число гнезд вдоль образующей – возможное число программируемых параметров. В гнезда барабана закладывают шарики или штифты, воздействующие на электрические контакты, включая цепи соответствующих исполнительных органов станка. Устройство управления, усиливая и размножая команды, обеспечивает управление элементами, перемещающими исполнительные органы станка. Принцип работы аппаратного управления основан на формировании необходимых электрических схем включения исполнительных органов станка с использованием контактной или бесконтактной аппаратуры.

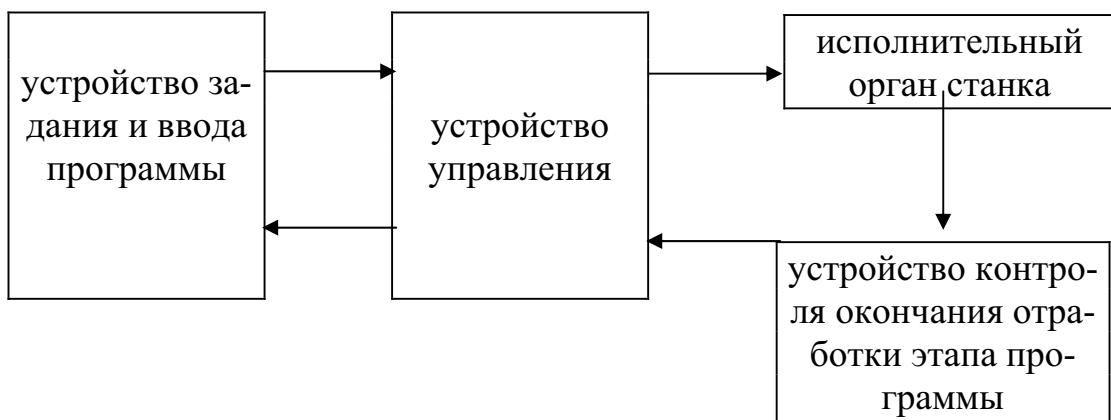


Рис. 1.1 Функциональная схема цикловой системы программного управления

В микропрограммных системах весь набор необходимых циклов программного управления хранится в запоминающих устройствах. За последнее время широкое применение получило программируемое цикловое управление, основанное на использовании бесконтактных устройств программируемой логики, получивших название программируемых контроллеров. В качестве элементной базы программируемых контроллеров используются микроэлектронные интегральные схемы. Программу обработки задают нажатием клавиш с обозначениями логических элементов. По сравнению с релейно-контактной аппаратурой бесконтактные электронные блоки имеют высокую надежность в работе и малые габариты.

Для задания геометрической информации часто используют групповые путевые переключатели, состоящие из упоров и блоков переключателей. Упоры устанавливают на панели или барабане с пазами в соответствии с размерами, заданными на эскизе обработки. Панели обычно выполняются съемными, что позволяет проводить их настройку вне станка. Упоры бывают нерегулируемые (грубые) и регулируемые (точные) с микрометрическими винтами. В качестве упоров могут использоваться штрихи из ферромагнитного материала на латунном барабане (в качестве групповых переключателей). Магнитная головка, встретив такую штрих, дает сигнал об окончании перемещения. Окончание обработки этапа программы может контролироваться реле времени, реле давления и т. п.

Цикловая система программного управления отличается высокой надежностью в работе и простотой составления программы обработки. Однако наладка и переналадка станков с цикловой системой управления требует значительного времени, поэтому эти станки используют в средне- и крупносерийном производстве при относи-

тельно больших партиях запуска заготовок, обеспечивающих работу станка без переналадки в течение не менее одной смены.

В силу ограниченных технологических возможностей системы циклового программного управления позволяют проводить обработку деталей простой геометрической формы и сравнительно невысокой точности. Эти системы наиболее широко используют в токарно-револьверных станках.

Станки с числовым программным управлением. Отличие станков с ЧПУ от станков с нечисловыми системами управления заключается не только в принципе построения программного управления. Реализация идеи ЧПУ выдвинула ряд требований к конструкции самого станка, без выполнения которых применение системы ЧПУ остается малоэффективным. Так, система ЧПУ позволяет обеспечить высокую точность перемещения исполнительных органов станка (до 10 нм). Для создания возможности получения высокой точности размеров детали при обработке необходимо, чтобы механические узлы станка удовлетворяли соответствующим требованиям. Поэтому оснащение станков системами ЧПУ повлекло пересмотр требований к их конструкции.

Рабочий цикл станка с ЧПУ осуществляется автоматически от управляющей программы. Управляющая программа – это совокупность команд на языке программирования, соответствующих заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки. Управляющая программа содержит как геометрическую, так и технологическую информацию.

Технологическая информация – это данные о технологии обработки, содержащие сведения о смене заготовок и инструмента, последовательности ввода их в работу, выборе и изменении режимов обработки, включении в работу в определенной последовательности различных исполнительных органов станка, автоматическом измерении размеров детали или инструмента и т. п.

Геометрическая информация – это данные, содержащие сведения о размерах отдельных элементов детали и инструмента, их положении относительно выбранного начала координат.

В качестве программа-носителя используют перфоленты, магнитные ленты, гибкие магнитные диски, постоянные запоминающие устройства, Flash – накопители или подключение к компьютерной сети предприятия.

1.2. ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Основная функция любого оборудования с ЧПУ – автоматическое и точное управление движением рабочих органов. Любой станок с ЧПУ имеет два или более направления для движения, которые называются осями. Причем движение по этим осям осуществляется точно и автоматически.

У всех станков используются две линейные оси, движение по которым осуществляется по прямому пути, и оси вращения, движение по которым выполняется по кругу. На универсальном станке движение заготовки детали или инструмента порождается путем ручных операций, выполняемых станочником (например, вращением рукояток).

Вместо этого станки с ЧПУ оснащены сервомоторами, которые приводятся в действие системой ЧПУ, а та, в свою очередь, в точности исполняет команды управляющей программы. Обобщая, можно сказать, что тип движения (ускоренный, линейный или круговой), оси перемещений, величина и скорость перемещения программируются во всех типах систем с ЧПУ.

Система ЧПУ, исполняя команды управляющей программы, посыпает точное количество импульсов шаговому двигателю. Его вращение передается оси, с которой связан рабочий стол. Стол линейно перемещается. Устройство обратной связи, расположенное в противоположном конце оси, позволяет системе ЧПУ подсчитать, на сколько градусов повернулась ось, т. е. какое число импульсов реально отработал шаговый двигатель.

Можно найти довольно грубую аналогию этому процессу. Вспомним о верстаке. Вращая ручку тисков, вы на самом деле вращаете и ось, которая в свою очередь раздвигает или сдвигает губки на тисках. По сравнению с верстаком линейные перемещения на станке с ЧПУ очень точные. Каждому вращению шагового электродвигателя точно соответствует линейное перемещение стола.

В условиях нормальной эксплуатации один станок с ЧПУ позволяет заменить от 2 до 6 единиц универсального оборудования, кроме того, значительно сокращается срок подготовки производства и длительность цикла изготовления продукции, возрастает гибкость.

Экономическая целесообразность использования станков с ЧПУ оправдывается, как правило, при обработке заготовок партиями от 15 шт. С целью увеличения эффективности использования дорогостоящих станков с ЧПУ, особенно обрабатывающих центров (ОЦ), рекомендуется их эксплуатировать в режиме двух- и трёхсменной работы.

Первое преимущество использования станков с ЧПУ заключается в более высоком уровне автоматизации. Случаи вмешательства станочника или оператора в процесс изготовления детали могут быть исключены или сведены к минимуму. Большинство станков с ЧПУ могут работать абсолютно автономно в течение всего процесса обработки заготовки детали, поэтому оператор-станочник может выполнять другие задачи. Предприятия, применяющие ЧПУ, получают дополнительные преимущества: уменьшение числа ошибок оператора-станочника, а также предсказуемость времени обработки и более полная загрузка оборудования. Поскольку станок будет управляться при помощи программы, квалификация оператора станка с ЧПУ может быть значительно ниже по сравнению с образованием станочника, работающего на универсальном оборудовании.

Второе преимущество использования технологии ЧПУ заключается в более точном изготовлении детали. Сегодня производители станков с ЧПУ говорят о высочайшей точности и надежности оборудования. Это означает, что однажды отложенная управляющая программа может быть использована на станке с ЧПУ для производства двух, десяти или тысячи абсолютно идентичных деталей, причем при полном соблюдении требований к точности и взаимозаменяемости.

Третьим преимуществом применения любого оборудования с ЧПУ является гибкость. На оборудовании с программным управлением изготовление разных деталей сводится к простой замене управляющей программы. Проверенная управляющая программа может быть использована любое число раз и через любые промежутки времени. Это также является еще одним преимуществом, а именно, возможностью быстрой переналадки оборудования.

1.3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКОВ С ЧПУ

Основными техническими характеристиками являются следующие [25]:

1. *Класс точности.* Обозначается следующими буквами: П—повышенной точности; В—высокой точности; А—особо высокой точности, С—особо точные (прецизионные). По каждому классу точности и группе станков нормируется допустимая величина погрешности.

2. *Вид устройства ЧПУ (УЧПУ)* обозначается индексами, входящими в наименование модели станка: Ф1 – станки с цифровой индикацией (в том числе с предварительным набором координат); Ф2 – станки с позиционными и прямоугольными системами управления; Ф3 – станки с контурными прямолинейными и криволинейными системами управления; Ф4 – станки с универсальной системой управления для позиционно-контурной обработки; Ц – станки с цикловым программным управлением.

3. *Основные параметры станка:* наибольший диаметр обрабатываемого изделия (для токарных станков); наибольший диаметр сверления, (для сверлильных станков); диаметр расточного шпинделя (для расточных станков); ширина стола (для фрезерных станков) и т. д.

4. *Наличие инструментального магазина.*

5. *Наличие устройства автоматической загрузки заготовок.*

6. *Габарит станка и его масса.*

7. *Число управляемых координат и число одновременно управляемых координат.*

Число одновременно управляемых координат определяет траекторию движения инструмента относительно заготовки.

При сложной обработке на фрезерных, токарных и многоцелевых станках используют УЧПУ с непрерывным (контурным) управлением одновременно по нескольким координатам. Существуют УЧПУ с управлением одновременно по трем, четырем и пяти координатам. Последние используются в станках со сложной траекторией инструмента. В токарных станках обычно применяются УЧПУ с од-

новременным управлением по двум координатам, а в токарно-револьверных и токарно-карусельных – по трем координатам.

1.4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СТАНКОВ С ЧПУ

Станки с ЧПУ требуют высокой точности исполнения команд на перемещения (1—2 мкм для большинства станков).

Для прецизионной обработки на станках с ЧПУ необходима высокая точность изготовления всех его деталей, узлов и станка в целом. Точность станка определяется точностью изготовления его деталей и узлов (особенно направляющих корпусных деталей, несущих инструмент и заготовку), точностью изготовления приводов механизмов, качеством сборки станка, жесткостью его элементов, зазорами в сопрягаемых деталях, условиями трения в направляющих при перемещении рабочих органов и др. Жесткость шпинделя и других ответственных узлов станка должна превосходить жесткость аналогичных узлов, предназначенных для традиционных станков.

При трогании с места исполнительный орган начинает движение не одновременно с действием управляющего сигнала, а только после того, как будут выбраны зазоры в передачах, произойдет некоторая деформация элементов, а усилие, действующее на управляемый орган, превзойдет сопротивление сил трения и сил резания. Действие указанных факторов особенно важно учитывать при конструировании ходовых винтов – последних звеньев передач к исполнительным органам большинства металлорежущих станков с ЧПУ. Именно поэтому в станках с ЧПУ используют шарико-винтовые пары, отличающиеся высокими точностью, износостойкостью и жесткостью благодаря применению гаек с предварительным натягом и большему диаметру ходового винта. Последний жестко крепится в осевом направлении, для чего используют упорные подшипники с предварительным натягом.

В станках с ЧПУ, по сравнению с традиционными станками, кинематические цепи, передающие движение от двигателя к исполнительному механизму, значительно короче благодаря применению автономных приводов для всех рабочих движений. Коробка скоростей

токарного станка имеет жесткий шпиндель с широким диапазоном частоты вращения. Эти конструктивные особенности позволяют значительно увеличить статическую и динамическую жесткость привода.

Станки с ЧПУ оснащаются направляющими качения, обеспечивающими высокую точность перемещений исполнительных механизмов, а также беззазорными механическими передачами.

Точность перемещения рабочих органов в большой степени зависит от точности срабатывания по времени механизмов останова: электромагнитных муфт, электродвигателей, тормозных устройств. Для уменьшения времени торможения и пуска конструкторы стремятся уменьшить маховые массы вращающихся деталей и электромеханическую постоянную времени привода.

Дискретность (цена импульса) - это перемещение механизма, соответствующее одному импульсу управляющей программы. Дискретность перемещения определяет значение ошибки, обусловленной представлением траектории движения в цифровой форме. Чтобы снизить эту погрешность, целесообразно уменьшить дискретность. Однако это приводит к увеличению управляющей частоты для обеспечения требуемой скорости перемещения. При возрастании частоты усложняются УЧПУ, привод подач и измерительные преобразователи обратной связи. Кроме того, снижение дискретности не всегда является оправданным, так как система станок - деталь может вносить существенно большие погрешности. Исходя из требований точности и производительности в станках фрезерной и сверлильной групп в большинстве случаев принимается дискретность 10 мкм, для многоцелевых, координатно-расточных, шлифовальных, электроэрозионных вырезных станков 0,5—1 мкм. В токарных и фрезерных станках повышенной точности дискретность не должна превышать 1 мкм.

Основные требования, которые должны быть выполнены при проектировании станков с ЧПУ, представлены на рис 1.2.

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ЧПУ СТАНКОВ

Термины и определения основных понятий в области числового программного управления металлообрабатывающим оборудованием устанавливает ГОСТ 20523-80.



Рис. 1.2. Основные требования к конструкции станка с ЧПУ

Числовое программное управление станком - управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

По характеру движения исполнительных органов системы ЧПУ классифицируются следующим образом: позиционные, контурные, универсальные, синхронные [25].

При позиционном управлении перемещение рабочих органов станка происходит в заданные точки, причем траектория перемещения не задается. Позиционные устройства ЧПУ обеспечивают автоматическое перемещение рабочего органа станка в координату, заданную программой, без обработки в процессе перемещения рабочего органа. Эти устройства применяют в сверлильно-расточных и других станках. Перемещение инструмента от одной точки (координаты) обработки к другой выполняется на ускоренных ходах. Специфичным для этого класса УЧПУ является требование обеспечения точности только при остановке в заданной координате. Вид траектории при перемещении из одной координаты в другую не задается. Однако время перемещения должно быть минимальным. Учитывая значительный

процент холостых ходов в станках с позиционными системами ЧПУ, к приводу подач предъявляются требования высокого быстродействия и обеспечения значительных скоростей перемещения при малой дискретности.

Контурное управление характеризуется перемещением органов станка по заданной траектории и с заданной скоростью для получения необходимого контура детали. Контурное управление подразделяется на контурные прямоугольные системы ЧПУ, контурные криволинейные системы ЧПУ и синхронные системы ЧПУ.

Контурные прямоугольные системы ЧПУ используют в станках, у которых обработка проводится лишь при движении по одной координате и обрабатываемая поверхность параллельна направляющим данной координаты. В большинстве станков применяют прямоугольные координаты, поэтому такие системы получили название прямоугольных. В этих системах, как и в позиционных, программируются конечные координаты перемещения. Однако в программе задается скорость движения в соответствии с требуемым режимом резания, и перемещение выполняется поочередно по каждой из координатных осей. В этих системах отставание или опережение (рассогласование) по скорости относительно запрограммированного значения непосредственно не вызывает погрешности обработки, так как инструмент продолжает движение по заданной траектории. Возникает лишь нарушение расчетного режима резания и связанное с этим изменение шероховатости обрабатываемой поверхности и упругих деформаций системы станок - деталь. Прямоугольные системы управления используют в станках фрезерной, токарной и шлифовальной групп.

Контурные криволинейные системы ЧПУ применяют в станках многих групп. Они обеспечивают формообразование при обработке в результате одновременного согласованного движения по нескольким управляемым координатам. В общем случае число координат может быть больше трех. Программу движения привода, подач по отдельным координатам при контурной и объемной обработках рассчитывают, исходя из заданной формы обрабатываемой поверхности детали и результирующей скорости движения, определяемой режимом резания. Рассогласование привода подач может привести к ошибке обработки контура. Контурные системы являются наиболее сложными как с точки зрения алгоритма работы УЧПУ, так и с точки зрения требований, предъявляемых к приводу подач.