

ПРОФЕССИЯ

А. Г. СХИРТЛАДЗЕ

**РАБОТА
ОПЕРАТОРА
НА СТАНКАХ
С ПРОГРАММНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ**

Долгопрудненский авиационный техникум

Электронная библиотека



Заказчик: А.Ю.Козловский
Исполнитель Н.И.Бородай



141702 Россия, Московская обл.,
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone:
Email:
Site:

+7 495 408 31 09
dat.ak@mail.ru
gosdat.ru

А. Г. СХИРТЛАДЗЕ

РАБОТА ОПЕРАТОРА НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

115210

*Рекомендовано Экспертным советом
по профессиональному образованию
Министерства общего и профессионального образования
Российской Федерации
в качестве учебного пособия
для учащихся начального
профессионального образования*

Издание второе, стереотипное

Дзержинский
Историко-авиационный
Музей
Библиотека



МОСКВА
1998


Academ 1A

УДК 621.941.23
ББК 34.632
С 92

Рецензенты:

инж.О.М. Леонтьев, инж.С. В. Меркулов

Схиртладзе А.Г.

С 92 Работа оператора на станках с программным управлением:
Учеб. пособие для проф. учеб. заведений. — 2-е изд., стереотип. —
М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1998. — 175 с.: ил.
ISBN 5-06-003507-7 (Высшая школа)
ISBN 5-7695-0210-X (Изд. центр «Академия»)

Изложены основные понятия о программном управлении станками, описаны устройства токарных, фрезерных, сверлильно-расточных и многоцелевых станков с программным управлением, оборудование, приспособления и инструменты, применяемые на этих станках, рассмотрены этапы подготовки управляющих программ, порядок управления станками.

Учебное пособие может быть использовано при профессиональном обучении рабочих на производстве.

ISBN 5-06-003507-7
ISBN 5-7695-0210-X

© Издательство «Высшая школа», 1998
© Оформление. Издательский центр «Академия», 1998

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для эффективного использования станков с ЧПУ необходимо, чтобы обслуживающий персонал (наладчики, операторы) обладали глубокими знаниями техники и могли творчески решать сложные производственные задачи. Такие высококвалифицированные кадры готовят профессионально-технические училища.

Оператор станков с программным управлением должен знать принцип работы обслуживаемых станков, правила управления ими; назначение, устройство и принцип работы устройств ЧПУ (УЧПУ); назначение, устройство и условия применения наиболее распространенных приспособлений, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента; правила установки перфолент в считывающее устройство и способы возврата программоносителя к первому кадру, программирование обработки и т.д.

Материал, изложенный в данной книге, содержит необходимые сведения по вопросам, связанным с работой оператора на станках с программным управлением.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Доминирующее значение в повышении технического уровня и качественных показателей производства имеет машиностроение — база всех отраслей народного хозяйства. Основным направлением развития машиностроения является автоматизация технологических процессов. Одним из наиболее эффективных средств автоматизации является оборудование с программным управлением, обеспечивающим автоматический процесс обработки, сокращение времени наладки оборудования, возможность многостаночного обслуживания, повышение качества продукции, производительности труда и культуры производства.

В настоящее время поставлена задача значительно увеличить производство средств автоматизации, оснащенных микропроцессорами и малыми ЭВМ, а также гибких производственных систем. Станки с программным управлением широко применяются в единичном, мелкосерийном и серийном производстве практически во всех отраслях машиностроения. Увеличивается количество оборудования, оснащенного микропроцессорами, станков с ЧПУ, многоцелевых станков и др. На базе объединения станков с ЧПУ с промышленными роботами (ПР) создаются роботизированные технологические комплексы (РТК), работающие в режиме безлюдной технологии. Интеграция РТК (с помощью транспортных систем) с автоматическими складами позволяет создавать гибкие автоматизированные производства (ГАП), управляемые от ЭВМ и обеспечивающие возможность быстрой переналадки оборудования при переходе на изготовление нового изделия.

Особое внимание в книге уделено станкам с ЧПУ и многоцелевым станкам, создание и внедрение которых являются основным направлением автоматизации машиностроительного производства.

Г Л А В А 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Металлорежущим станком называется машина, служащая для обработки (путем снятия стружки) заготовки определенной формы в соответствии с требованиями рабочего чертежа детали.

По степени специализации станки подразделяются на универсальные (для обработки заготовок широкой номенклатуры), специализированные (для обработки однотипных заготовок, схожих по конфигурации, но различных по размерам) и специальные (для обработки заготовок одного типоразмера). Универсальные станки, как правило, используют в единичном и мелкосерийном производстве, а специализированные и специальные — в крупносерийном и массовом производстве.

По степени точности станки бывают нормальной (класс Н), повышенной (класс П), высокой (класс В) и особо высокой (класс А) точности, а также особо точные или мастер-станки (класс С).

По массе станки делятся на легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (свыше 10 т); последние подразделяются на крупные (10 — 30 т), собственно тяжелые (30 — 100 т) и особо тяжелые (свыше 100 т).

По виду выполняемых работ и применяемых режущих инструментов серийно выполняемые станки делятся на девять групп, каждая из которых подразделяется на девять типов (табл. 1.1). Обозначение модели серийного станка состоит из трех-четырех цифр, к которым при необходимости добавляют буквы. Первая цифра указывает на группу, а вторая — на тип станка (см. табл. 1.1); третья (а иногда и четвертая) — характеризует основной параметр станка. Например, обозначение вертикально-сверлильного станка мод. 2Н125 расшифровывается так: 2 — сверлильный; Н — модернизированный; 1 — вертикальный; 25 — наибольший диаметр сверления по стали, мм.

В обозначениях моделей станков с программным управлением добавляют букву Ф и цифру: Ф1 (станки с цифровой индикацией и предварительным набором координат), Ф2 (станки с позиционными и прямоугольными УЧПУ), Ф3 (станки с контурными УЧПУ), Ф4 (станки с позиционно-контурными УЧПУ). Например, станок мод. 6Р13Ф3 — вертикально-фрезерный, консольный, оснащен столом третьего типоразмера и контурным УЧПУ. В обозначение моделей станков с цикловым программным управлением вводится буква Ц, а с оперативным УЧПУ — буква Т. Кроме того, перед буквой Ф располагают при необходимости буквы Р (автоматическая смена инструмента поворотом revolverной головки) или М (автоматическая смена инструмента из магазина). Например, сочетание РФ2 означает, что станок оснащен позиционным УЧПУ и revolverной инструментальной головкой; сочетание МФ4 означает, что станок оснащен позиционно-контурным УЧПУ и магазином инструментов.

1.1.1. Классификация станков

Наименование	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9
						Тип				
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы одношпиндельные	Ревolverные многошпиндельные	Сверлильные но-отрезные	Карусельные	Лоботочные	Многорезцовые	Специализированные		
Сверильные и расточные	2	Вертикальные но-сверлильные	Полуавтоматы одношпиндельные	Координатные но-расточные	Радиально- но-сверлильные	Расточные	Алмазные расточные	Горизонтально-сверлильные		
Шлифовальные, полировальные, доводочные	3	Кругло-шлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	-	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и станки данной группы	Разные
Комбинированные	4	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	-	-	-	-	-	-
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Зубострогальные цилиндрических колес	Зуборезные для ко- нических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валиков	Для нарезания червячных передач	Для обработки торцов зубьев	Резьбозерновые	Зуботочные делочные	Зубо-и резьбовые	

Фрезерные	6	Вертикаль- но-фрезер- ные <i>К-Кс</i> - справки	Непрерыв- ного дейст- вия	Копиро- вальные и гравиро- вальные	Вертикаль- ные бескон- ные солные	Продоль- ные	Широко- универсаль- ные консольные	Горизон- тальные
Строгальные долбежные и протяжные	7	Продольные одноствоеч- ные	двухствоеч- ные	Попереч- но-строга- льные	Протяж- ные горизон- тальные	-	Протяж- ные верти- кальные	-
Обрезные	8	Разрезные, работающие:	Разрезные, работающие:	Правиль- но-отрез- ные	Ленточные	Пилы	Дисковые	ножевые
Разные	9	Муфто- и трубообра- батывающие	Пилонесе- кательные и бесцентро- вооблицовоч- ные	Правильно- и бесцентро- вооблицовоч- ные	Для испы- тания инст- рументов	Делитель- ные маши- ны	Балансиро- вочные	-

1.2. ОСНОВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ В СТАНКАХ С ЧПУ

Для получения на обрабатываемой заготовке поверхности с параметрами, заданными чертежом детали, движения инструмента и заготовки должны быть согласованы между собой. На станках с ЧПУ (так же, как и на обычных металлорежущих станках) снятие припуска (в виде стружки) осуществляется: перемещением инструмента относительно заготовки; перемещением заготовки относительно инструмента; одновременным движением инструмента и заготовки. Станок с программным управлением имеет механизмы, осуществляющие эти два основных (рабочие) движения: главное и движение подачи (рис. 1.1).

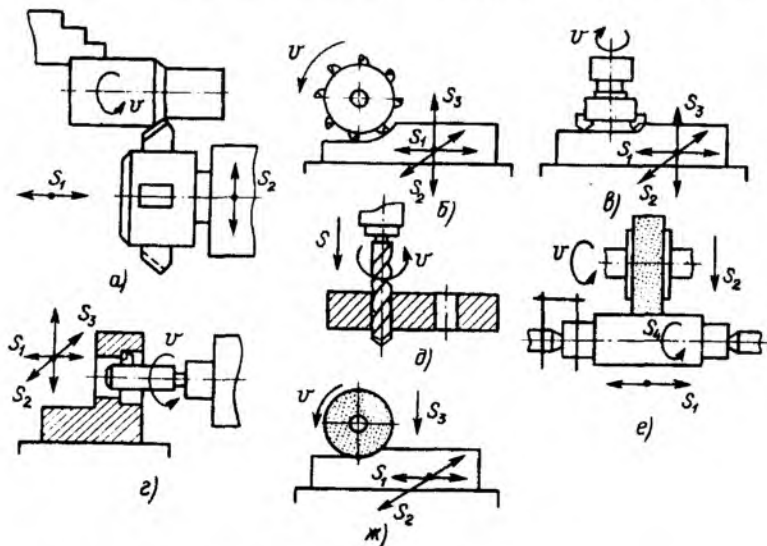


Рис. 1.1. Основные движения в станках с ЧПУ:

v — главное движение; S_1 — продольная подача; S_2 — поперечная подача; S_3 — вертикальная подача; S_4 — круговая подача

Движение, определяющее скорость v резания, называют главным движением, а движение, скорость которого определяет величину подачи, — движением подачи S . Главное движение может быть вращательным (например, в токарных, фрезерных, расточных, сверлильных станках) и возвратно-поступательным (например, в строгальных, долбежных станках). Главное движение сообщается или заготовке (рис. 1.1, а), или инструменту (рис. 1.1, б — ж). Движение подачи сообщается или инструменту (например, рис. 1.1, а и д), или заготовке (рис. 1.1, б, в, г, е и ж). Скорость v главного движения выражается в м/мин или в м/с (в шлифовальных станках), а подача S — в мм/об (т. е. перемещение инструмента при повороте шпинделя или самого инструмента на 1 оборот), в мм/мин (при фрезеровании) и в м/мин (при шлифовании).

В каждом станке реализуются также вспомогательные движения: транспортирование и закрепление заготовки; подвод и отвод инструмента; изменение величины скорости резания и подачи и др. Если основные движения в станках с программным управлением автоматизированы, то вспомогательные можно осуществлять как автоматически, так и вручную.

В ряде станков для получения заданной конфигурации поверхности детали используют дополнительные движения (например, движения обката и деления в зубообрабатывающих станках), кинематически связанные с основными.

Контрольные вопросы

1. Что называется металлорежущим станком?
2. Какие виды движений существуют в станках с ЧПУ?

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ СТАНКАМИ

2.1. ТИПЫ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

При обработке заготовки на металлорежущем станке последняя и инструмент совершают относительные перемещения (ходы). Совокупность перемещений, повторяющихся при обработке каждой детали, называется циклом обработки. Каждый цикл характеризуется величиной ходов (размерная, или геометрическая, информация) и их последовательностью (команды).

Все системы управления технологическим оборудованием в зависимости от способа задания размерной информации подразделяют на нечисловые и числовые. К нечисловым относятся аналоговые системы управления (рис. 2.1), преобразующие исходную информацию, заложен-

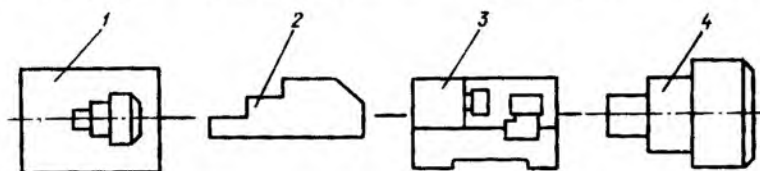


Рис. 2.1. Структурная схема аналоговой системы программного управления станком:

1 — чертеж; 2 — программоноситель; 3 — станок; 4 — деталь

ную в процессе подготовки производства в программоноситель. В качестве последнего используют: копир (шаблон); упоры, расположенные определенным образом на станке; кулачки и распределительные валы. Исходная информация представлена в виде модели (аналога) программы перемещений, а исполнительные органы станка воспроизводят по этой модели заданную программу обработки. В аналоговых системах управления цикл работы станка устанавливают, как правило, в процессе разработки самой системы управления или программоносителя. При этом режим резания для данного станка является неизменным; рабочий-оператор непосредственно не управляет станком, а лишь следит за его работой (если станок — автомат) и осуществляет загрузку — выгрузку деталей (если станок — полуавтомат).

- Аналоговые системы управления бывают следующих типов: замкнутые, незамкнутые; копируемые со следящим приводом.

Системы управления замкнутого типа осуществляют активный контроль исполнительного органа станка по пути (путевые), времени (временные), скорости, мощности, давлению и другим параметрам.

В путевых системах управления (рис. 2.2, а) ход исполнительного органа 1 ограничивается конечными переключателями *КВВ* (ограничивает ход вперед) и *КВН* (ограничивает ход назад). Движение подачи исполнительному органу сообщается следующим образом: дви-

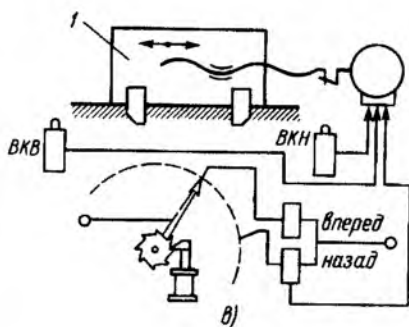
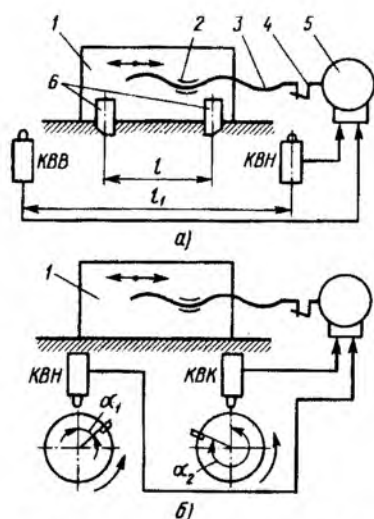


Рис. 2.2. Аналоговые системы управления замкнутого типа:

а — *путевая*; *б* — *временная*; *в* — *цикловая*

гатель 5 — муфта 4 — винт 3 — гайка 2. С конечными переключателями взаимодействуют упоры 6, расположенные на исполнительном органе. Ход исполнительного органа $L = l_1 - l$, где l_1 — расстояние между конечными переключателями; l — расстояние между упорами 6.

Во временных системах (рис. 2.2, б) исполнительный орган 1 управляется с помощью командоаппарата, имеющего независимый привод и включающего в себя барабан с определенным числом дорожек, служащих для установки кулачков. Последние контактируют с блоком переключателей. Каждым ходом цикла управляют переключатели *KBH* (дает команду начала цикла), а *KBK* (дает команду конца цикла). Во временных системах управления программируется не путь, а время между началом и концом каждого хода; один оборот командоаппарата соответствует продолжительности цикла; ход исполнительного органа $L = a v_{cp} T / 360$, где T — время одного оборота командоаппарата; a — угол установки кулачка; v_{cp} — средняя скорость исполнительного органа.

Система циклового программного управления (ЦПУ) (рис. 2.2, в) представляет собой комбинацию путевой и временной систем управления: ход исполнительного органа станка задается конечными переключателями (как в путевых системах управления), а команды — командоаппаратом (как во временных системах управления). Командоаппарат имеет привод дискретного (прерывного) действия. В качестве командоаппарата часто используют шаговый искатель.

К системам управления незамкнутого типа относятся системы с приводом (от кулачка, копира, храпового механизма и др.), обеспечивающим дозированное перемещение исполнительного органа станка, а также копировальные системы прямого действия (т. е. без усилителя мощности).

В системе управления с кулачковым приводом (рис. 2.3) профиль (рабочая поверхность) кулачка 1 через толкатель 2 обеспечивает пере-

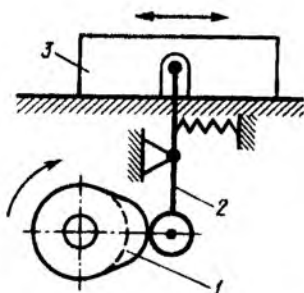


Рис. 2.3. Система управления с кулачковым приводом

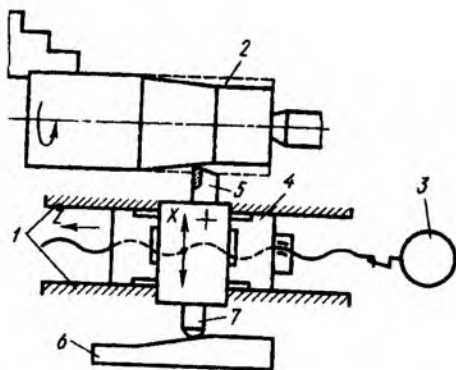


Рис. 2.4. Копировальная система управления прямого действия

мещение исполнительного органа 3 и его возврат в начальное положение. Изменяя профиль кулачка, можно обеспечить любой закон изменения пути и скорости движения исполнительного органа.

Копировальная система прямого действия управляет двумя исполнительными органами — продольными 1 и поперечными 5 салазками, перемещающимися по координатным осям X и Z от общего привода (рис. 2.4). Ведущим является движение по оси Z , получаемое от привода 3. Движение по оси X называют следящим, так как оно вызывается перемещением шупа 7 по копиру 6; это движение получают поперечные салазки 4, несущие резец 5, который обрабатывает заготовку 2.

Достаточно широко в станках применяют **копировальные системы управления со следящим приводом** (гидравлическим, электрическим, электрогидравлическим), имеющим обратную связь (механическую или электрическую).

Копировальная система управления гидравлическим следящим приводом, имеющим механическую обратную связь (рис. 2.5), используется на токарном станке для изготовления из заготовки 5 фасонной детали 4 по копиру 8. При работе системы гидронасос подает масло в полость a гидроцилиндра 1 продольного перемещения суппорта по оси Z , а полость b соединена со сливным трубопроводом, что вызывает движение поршня со штоком. Последний жестко соединен со штоком следящего гидропривода 2,двигающимся по продольной направляющей станка. Дросселирующий гидрораспределитель 6 соединен с напорным p_n и сливным p_c трубопроводами. Продольное движение от штока гидроцилиндра 1 передается (через шток и поршень гидропривода 2) на гидрораспределитель 7 с шупом 9, так как они расположены в одном корпусе следящего гидропривода. Продольное движение (по оси Z) шупа 9 по копиру 8 вызывает перемещение гидрораспределителя 7 относительно корпуса, в котором он размещен. Чтобы исключить отрыв шупа 9 от рабочей поверхности копира, гидрораспределитель оснащен пружиной 6.

При перемещении гидрораспределителя относительно корпуса следящего гидропривода 2 открываются дросселирующие щели, образованные корпусом и гидрораспределителем, и полости *A* и *Б* гидроцилиндра соединяются соответственно с напорным и сливным трубопроводами. Перепад давления на поршне следящего гидропривода 2 вызывает перемещение корпуса привода за дросселирующим гидрораспределителем 7, т. е. происходит слежение за перемещением шупа по копиру. Перемещение корпуса гидропривода 2 передается резцу 3, жестко связанному с корпусом. Таким образом резец получает поперечное перемещение (по оси *Z*) от гидроцилиндра 1, а продольное перемещение (по оси *X*) — в результате отслеживания (корпусом гидропривода 2) движения шупа 9 по копиру 8. Структурная схема следящего гидропривода дана на рис. 2.6.

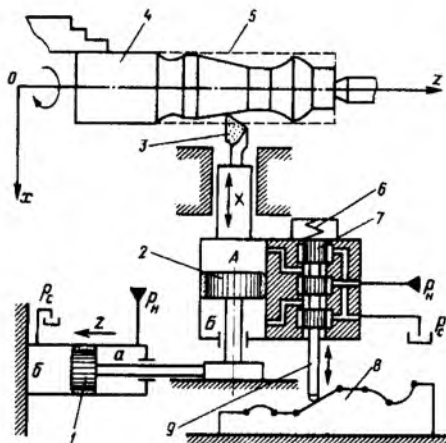


Рис. 2.5. Копировальная система управления с гидравлическим следящим приводом, имеющим механическую обратную связь



Рис. 2.6. Структурная схема следящего гидропривода:

ДГР — дросселирующий гидрораспределитель; ГЦ — гидроцилиндр; СГП — следящий гидропривод с механической обратной связью; Р — резец; *x* — поперечное перемещение

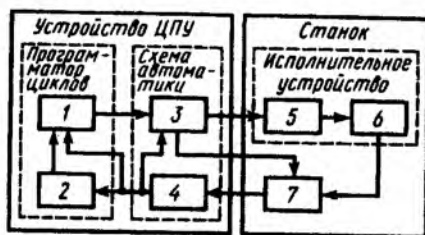


Рис. 2.7. Функциональная схема системы ЦПУ

Копировальные системы широко применяют для управления обработкой детали по одной, двум и трем координатам. Возможность быстрой смены программноносителя (копира) позволяет использовать эти системы в условиях серийного производства.

Аналоговые системы управления позволяют повысить производительность механической обработки, но не обладают достаточной гибкостью, что обуславливает высокую стоимость переналадки оборудования. Поэтому их целесообразно применять в условиях серийного, крупносерийного и массового производства.

2.2. ЦИКЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ

Система циклового программного управления (ЦПУ) позволяет частично или полностью программировать цикл работы станка, режим обработки и смену инструмента, а также задавать (с помощью предварительно настраиваемых упоров) величину перемещений исполнительных органов станка. Она является аналоговой системой управления замкнутого типа (см. рис. 2.2, в) и обладает достаточно высокой гибкостью, т. е. обеспечивает легкое изменение последовательности включения аппаратуры (электрической, гидравлической, пневматической и т. д.), управляющей элементами цикла. Достоинствами системы ЦПУ являются простота конструкции и обслуживания, а также низкая стоимость; недостатком — трудоемкость размерной наладки упоров и кулачков.

Станки с ЦПУ целесообразно применять в условиях серийного, крупносерийного и массового производства деталей простых геометрических форм. Системами ЦПУ оснащают токарно-револьверные, токарно-копировальные, лоботокарные, вертикально-фрезерные, копировально-фрезерные, вертикально-сверлильные станки, агрегатные станки, промышленные роботы (ПР) и др.

Система ЦПУ (рис. 2.7) включает в себя программатор циклов, схему автоматики, исполнительное устройство и устройство обратной связи. Собственно устройство ЦПУ состоит из программатора циклов и схемы автоматики.

Программатор циклов содержит блок 1 задания программы и блок 2 поэтапного ее ввода (этапом программы называют часть программы, одновременно вводимую в систему управления). Из блока 1 информация поступает в схему автоматики, состоящую из блока 3 управления циклом работы станка и блока 4 преобразования сигналов контроля. Схема автоматики (которую, как правило, выполняют на электромагнитных реле) согласует действия программатора циклов с исполнительными органами станка и датчиком обратной связи; усиливает и размножает команды; может выполнять ряд логических функций (например, обеспечивать выполнение стандартных циклов).

Из блока 3 сигнал поступает в исполнительное устройство, обеспечивающее отработку заданных программой команд и включающее в себя исполнительные элементы 5 (приводы исполнительных органов станка, электромагниты, муфты и т. д.) и исполнительные органы 6 станка (суппорты, револьверные головки, столы и т. д.). Последние отрабатывают этап программы. Датчик 7 контролирует окончание обработки и через блок 4 дает команду блоку 2 на включение следующего этапа программы. Для контроля окончания этапа программы часто используют путевые переключатели или реле времени.

В качестве примера на рис. 2.8 приведена система ЦПУ станком, исполнительные органы которого — продольные 1 и поперечные 2 салазки приводятся от электродвигателей 4 и 3 соответственно (рис. 2.8, а). Каждый исполнительный орган взаимодействует с помощью

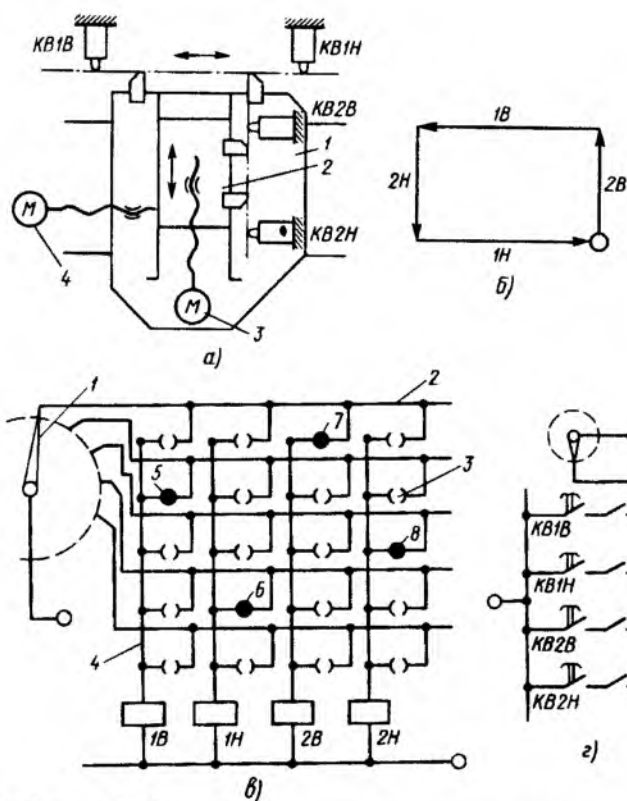


Рис. 2.8. Система ЦПУ:

а — кинематическая схема; б — отрабатываемый цикл; в, г — электрическая схема

упоров с двумя неподвижными путевыми переключателями. Движение салазок 1 ограничивают переключатели KB1B и KB1H, а салазок 2 — переключатели KB2B и KB2H. Величину хода салазок устанавливают упорами.

Для программирования команд используют программаторы — механические, электрические и др. Наиболее распространенным электрическим программатором является штекерная панель, которая вместе с шаговым искателем составляет командоаппарат (рис. 2.8, в). Шаговый искатель состоит из контактного поля и ротора; контактное поле представляет собой совокупность неподвижных контактных пластин, расположенных по окружности и изолированных друг от друга; ротор выполнен в виде щетки с электромагнитным приводом, состоящим из электромагнита и храпового механизма. При поступлении на вход электромагнита импульсного сигнала ротор поворачивается на один шаг и коммутирует очередную пластину контактного поля.

Штекерная панель содержит ряд горизонтальных 2 и вертикальных 4 шин, соединенных соответственно с пластинами шагового искателя

и с обмотками реле. Число горизонтальных шин равно числу ходов цикла, а число вертикальных шин — числу команд. В местах пересечения горизонтальных и вертикальных шин расположены штекерные гнезда 3, образованные двумя полукольцами, одно из которых соединено с горизонтальной шиной, а другое — с вертикальной. Если в гнездо вставить штекер (металлический стержень), то соответствующие шины соединяются и срабатывает реле. При отсутствии штекера шины разомкнуты и реле не срабатывает. Например, для программирования цикла (см. рис. 2.8, а), содержащего четыре последовательных хода салазок 1 и 2 (1В и 1Н — соответственно ход салазок 1 вперед и назад, 2В и 2Н — соответственно ход салазок 2 вперед и назад; рис. 2.8, б), необходимо установить в гнезда штекерной панели штекеры 5, 6, 7 и 8 (см. рис. 2.8, в).

При включении станка напряжение от шагового искателя подается на верхнюю горизонтальную шину штекерной панели: срабатывает реле 2В (рис. 2.8, г) и подается команда „Вперед” для привода поперечной подачи; поперечные салазки перемещаются вперед до срабатывания переключателя КВ2В; контакты последнего замыкаются, что вызывает срабатывание электромагнита шагового искателя; ротор искателя поворачивается на один шаг и верхняя шина, а следовательно, и реле 2В обесточатся и движение прекратится. Затем напряжение подается на вторую горизонтальную шину: срабатывает реле 1В; подается команда „Вперед” для привода продольной подачи; продольные салазки перемещаются справа налево до срабатывания переключателя КВ1В и, следовательно, шагового искателя; возникает сигнал 2Н (поперечные салазки перемещаются в начальное положение), а затем сигнал 1Н (продольные салазки перемещаются в начальное положение); ротор шагового искателя на вспомогательном ходу возвращается в исходное положение, после этого цикл повторяется.

Установку штекеров в отверстия панели осуществляет оператор непосредственно на станке. Во избежание ошибок программирования и его ускорения на штекерную панель накладывают бумажные шаблоны, имеющие пробитые в соответствии с программой отверстия, через которые штекеры вводят в гнезда панели.

При многократном использовании в цикле исполнительных органов число конечных переключателей должно быть увеличено. В этом случае для управления движением по каждой координатной оси применяют кулачковую панель (рис. 2.9), представляющую собой плиту 1 с Т-образными пазами 3, в которых устанавливают кулачки 2, взаимодействующие с блоком 4 путевых пере-

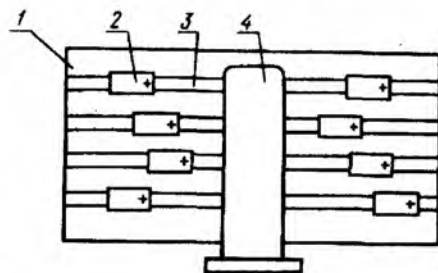


Рис. 2.9. Кулачковая панель

ключателей. Кулачки настраивают как непосредственно на станке, так и вне станка; в последнем случае панель снимают.

Существуют различные по конструкции панели для задания команд. Панель (рис. 2.10, а) имеет многопозиционные переключатели 2 (число позиций каждого переключателя равно числу команд), соединенные с контактными пластинами шагового искателя 1. Программирование последовательности цикла осуществляют установкой щеток переключателя в соответствующее положение (на рис. 2.10, а запрограммирован цикл, приведенный на рис. 2.8, б).

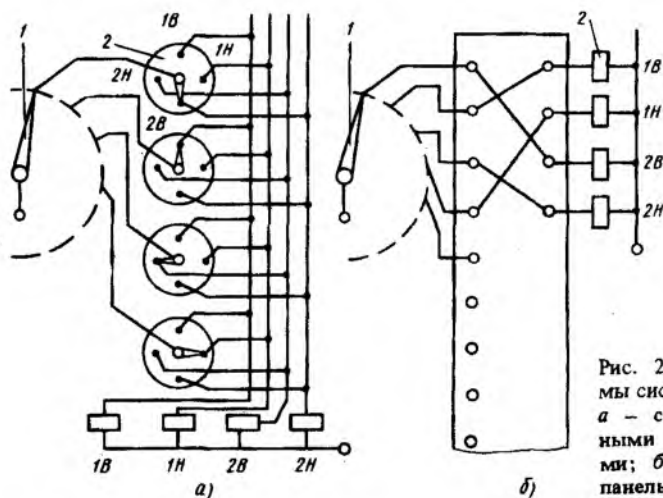


Рис. 2.10. Электросхемы систем ЦПУ:
а — с многопозиционными переключателями;
б — с штекерной панелью

Компактностью отличается штекерная панель, схема которой показана на рис. 2.10, б. Один ряд штекерных гнезд соединен с пластинами шагового искателя 1, второй — с реле 2. Программирование осуществляют попарным соединением соответствующих гнезд проводами со штекерами на концах (на рис. 2.10, б запрограммирован цикл, данный на рис. 2.8, б).

На рис. 2.11 приведены конструкции командоаппаратов.

Шаговый искатель (рис. 2.11, а) имеет контактное поле, состоящее из четырех или восьми одинаковых рядов пластин (число пластин в каждом ряду 12; 18; 25 или 50). В искателях прямого действия перемещения ротора 1 происходит при срабатывании электромагнита 2, а в искателях обратного действия — под действием пружины при отключении электромагнита.

На рис. 2.11, б показан кулачковый командоаппарат (программатор механического типа с кинематическим заданием программы), выполненный в виде барабана 1 с дискретным приводом 2 (электродвигатель со встроенным редуктором). Барабан периодически поворачивается на определенный угол и фиксируется в заданном положении. На цилиндрической поверхности барабана, выполняющей роль панели, имеют-

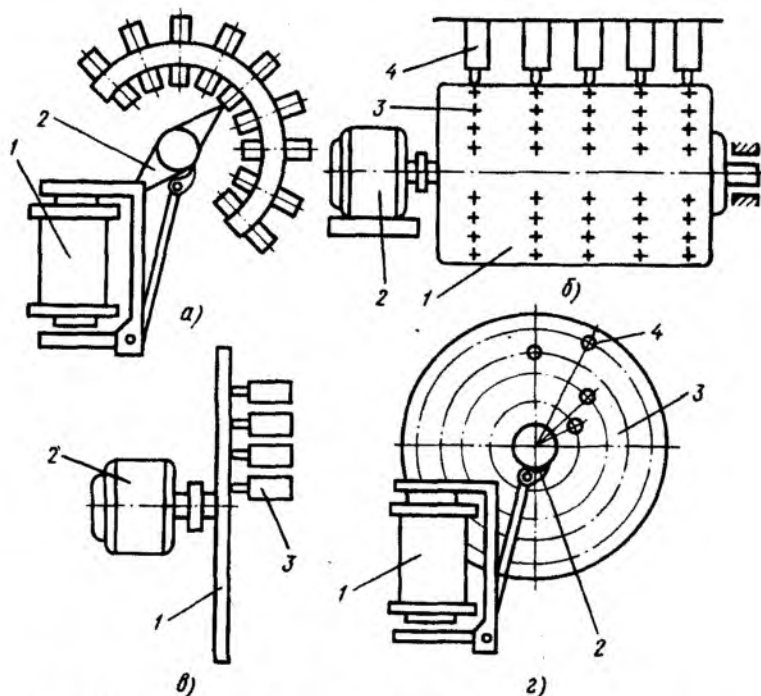


Рис. 2.11. Конструкции командоаппаратов:
 а — шаговый искатель; б — барабанного типа; в — дискового типа;
 2 — со сменным перфорированным диском

ся гнезда 3, куда устанавливают штекеры (шарики или штифты). Число гнезд по окружности барабана равно числу этапов программы, а число гнезд вдоль образующей барабана — числу программируемых параметров. Информация считывается блоком 4 путевых переключателей; при наличии штекера переключатель срабатывает и выдает команду.

Кулачковый командоаппарат может быть выполнен дисковым (рис. 2.11, в). На торце диска 1, имеющего дискретный привод 2, выполнены гнезда. Информация считывается блоком 3 путевых переключателей.

На рис. 2.11, г показан командоаппарат со сменным алюминиевым диском 3, на котором записывают (путем пробивки в определенных местах отверстий 4) требуемую информацию, считывание которой осуществляется фотоэлектрическим способом. Диск можно использовать многократно. Дискретный привод командоаппарата состоит из электромагнита 1 и храпового механизма 2.

При большом объеме информации используют программаторы, в которых в качестве программносителя служат перфоленты, используемые многократно. Считывание информации осуществляется электро-механическим или фотоэлектрическим способом.

Универсальными системами ЦПУ, построенными на базе микро-электроники, являются программируемые командоаппараты (ПК),

представляющие собой управляющие логические машины последовательного действия. ПК (рис. 2.12) состоит из центрального процессора (управляющего устройства) 1, постоянного запоминающего устройства 2, входного 3 и выходного 5 устройств сканатора (генератора импульсов) 4. К ПК можно подключить программную панель 6 (загрузчик программ), содержащую декадные переключатели и клавиши с обозначением логических элементов. Программирование осуществляют последовательным нажатием клавишей. Программа записывается и запоминается в устройстве 2. В режиме работы сканатор 4 поочередно подключает к процессору 1 устройства 3 и 5. В процессоре 1 согласно программе производятся заданные логические операции, преобразующие состояния входов в состояния выходов. ПК, имея небольшой габарит, позволяют быстро изменить программу. К ним могут подключаться дисплеи, накопители на магнитных кассетах, печатающие устройства, регистрирующие различные параметры, сопутствующие процессору обработки.

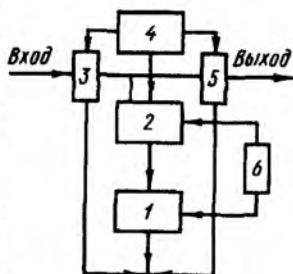


Рис. 2.12. Структурная схема программируемого командо-аппарата

2.3. ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАНКАМИ И СИСТЕМЫ ЧПУ

На основе достижений кибернетики, электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы программного управления — системы ЧПУ, широко используемые в станкостроении. Эти системы называют числовыми потому, что величина каждого хода исполнительного органа станка задается с помощью числа. Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение исполнительного органа на определенную величину, называемую разрешающей способностью системы ЧПУ или ценой импульса. В определенных пределах исполнительный орган можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности. Число импульсов, которое нужно подать на вход привода, чтобы осуществить требуемое перемещение L , определяется по формуле $N = L/q$, где q — цена импульса. Число N , записанное в определенной системе кодирования на носителе информации (перфоленте, магнитной ленте и др.), является программой, определяющей величину размерной информации.

Под ЧПУ станком понимают управление (по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде) движением исполнительных органов станка, скоростью их перемещения, последовательностью цикла обработки, режимом резания и различными вспомогательными функциями.

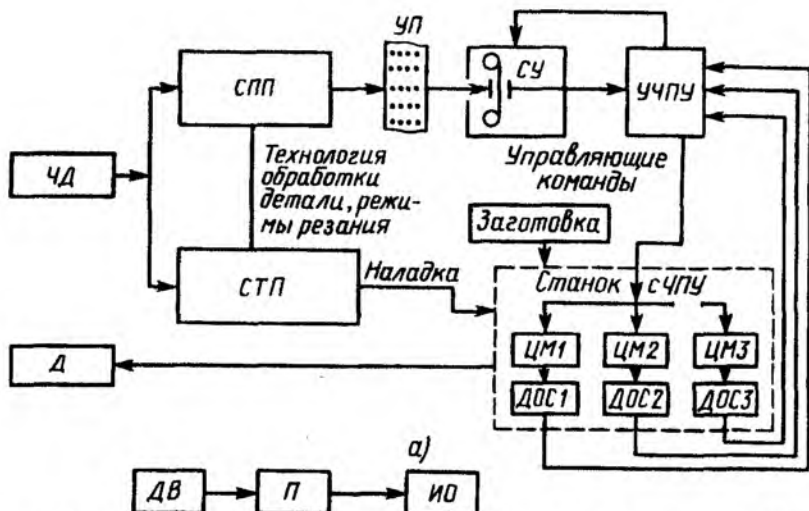


Рис. 2.13. Структурные схемы системы ЧПУ (а) и целевого механизма (б)

Система ЧПУ — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для реализации ЧПУ станком.

Устройство ЧПУ (УЧПУ) — часть системы ЧПУ, предназначенная для выдачи управляющих воздействий исполнительным органом станка в соответствии с управляющей программой (УП).

Структурная схема системы ЧПУ представлена на рис. 2.13, а. Чертеж детали (ЧД), подлежащей обработке на станке с ЧПУ, одновременно поступает в систему подготовки программы (СПП) и систему технологической подготовки (СТП). Последняя обеспечивает СПП данными о разрабатываемом технологическом процессе, режиме резания и т. д. На основании этих данных разрабатывается управляющая программа (УП). Наладчики устанавливают на станок приспособления, режущие инструменты согласно документации, разработанной в СТП. Установку заготовки и снятие готовой детали осуществляет оператор или автоматический загрузчик. Считывающее устройство (СУ) считывает информацию с программносителя. Информация поступает в УЧПУ, которое выдает управляющие команды на целевые механизмы (ЦМ) станка, осуществляющие основные и вспомогательные движения цикла обработки. Датчики обратной связи (ДОС) на основе информации (фактические положения и скорость перемещения исполнительных узлов, фактический размер обрабатываемой поверхности, тепловые и силовые параметры технологической системы и др.) контролируют величину перемещения ЦМ. Станок содержит несколько ЦМ, каждый из которых включает в себя (рис. 2.13, б): двигатель (ДВ), являющийся источником энергии; передачу П, служащую для преобразования энергии и ее передачи от двигателя к исполнительному органу (ИО); собственно ИО (стол, салазки, суппорт, шпиндель и т. д.), выполняющий координатные перемещения цикла.

Система ЧПУ может видоизменяться в зависимости от вида программноносителя, способа кодирования информации в УП и метода ее передачи в систему ЧПУ. УЧПУ размещают рядом со станком (в одном или двух шкафах) или непосредственно на станке (в подвесных или стационарных пультах управления). Двигатели приводов подач станков с ЧПУ, имеющие специальную конструкцию и работающие с конкретными УЧПУ являются составной частью системы ЧПУ.

Все данные, необходимые для обработки заготовки на станке, УЧПУ получает от УП, которая содержит два вида информации — геометрическую и технологическую. Геометрическая информация содержит координаты опорных точек траектории движения инструмента, а технологическая — данные о скорости, подаче, номере режущего инструмента и т. д. УП записывают на программноносителе. В оперативных системах ЧПУ программа может вводиться (с помощью клавиш) непосредственно на станке.

Наиболее распространенными программноносителями являются восьмидорожечные перфоленты (рис. 2.14) шириной 25,4 мм. Транспортная дорожка, составленная из отверстий 1, служит для перемещения ленты (с помощью барабана) в считывающем устройстве. Рабочие отверстия 2, несущие информацию, пробивают на специальном устройстве, называемом перфоратором. Информацию на перфоленту наносят кадрами, каждый из которых является составной частью УП, содержащей не менее одной команды. В кадре можно записать только такой набор команд, при котором каждому исполнительному органу станка направляется не более одной команды (Например, в одном кадре нельзя задать движение исполнительному органу как вправо, так и влево.) Перфоленты изготовляют из бумаги, металла, пластмассы или их композиции. Пластмассовую ленту, которая выдерживает несколько тысяч прогонов через считывающее устройство, используют для записи программ, по которым будет обрабатываться много деталей.

Магнитная лента представляет собой двухслойную композицию состоящую из пластмассовой основы и рабочего слоя из порошкового ферромагнитного материала. Информация на магнитную ленту записывается в виде магнитных штрихов, наносимых вдоль ленты и располагаемых в кадре УП с определенным шагом, соответствующим за-

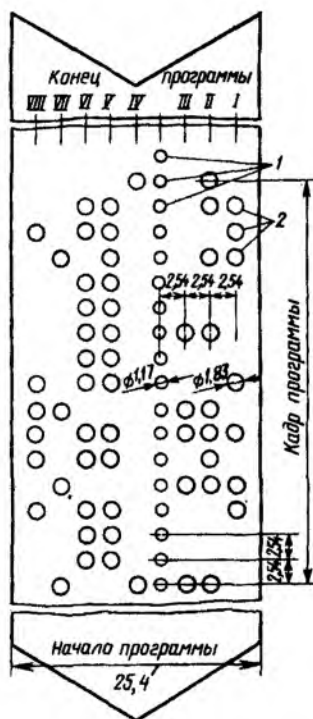


Рис. 2.14. Восьмидорожечная перфолента:
1 — отверстия транспортной дорожки; 2 — рабочие отверстия

данной скорости перемещения исполнительного органа. При считывании УП магнитные штрихи преобразуются в управляющие импульсы. Каждому штриху соответствует один импульс. Поступающие на двигатель привода подачи импульсы обрабатываются исполнительным органом. Каждому импульсу соответствует определенное (дискретное) перемещение исполнительного органа; длина этого перемещения определяется числом импульсов, содержащихся в кадре магнитной ленты. Такая запись команд на перемещение исполнительного органа называется декодированной. Этот вид записи является жестким, так как не позволяет изменить число штрихов в кадре магнитной ленты после записи УП, т. е. не позволяет корректировать УП.

Декодирование осуществляется с помощью интерполятора, который преобразует вводимую в него (на перфоленте или от ЭВМ) кодированную геометрическую информацию о контуре обрабатываемой детали в последовательность управляющих импульсов, соответствующих элементарным перемещениям исполнительного органа. Запись декодированной программы на магнитную ленту производят на специальном пульте, включающем в себя: интерполирующее устройство с выходом, предназначенным для записи; лентопротяжный механизм с магнитными головками для стирания, записи и воспроизведения. Системы ЧПУ, в которых УП задается в декодированном виде (рис. 2.15, а), являются наиболее простыми по конструкции, но имеют ограниченные технические возможности.

Практически во всех современных системах ЧПУ задание УП осуществляется на перфоленте в кодированном виде (рис. 2.15, б), т. е. геометрическая и технологическая информация записывается в виде чисел и букв. Такие системы, используемые для управления высокоавтоматизированными станками всех технологических групп, имеют следующие преимущества: малый объем программноносителя (перфоленты) и удобство его хранения; отсутствуют ограничения на число и содержание технологических команд; длина программы зависит не от длительности обработки детали, а от сложности ее конфигурации и других факторов, влияющих на характер траектории инструмента; допускается корректировка УП с пульта УЧПУ.

В настоящее время все чаще для управления станком или группой станков с ЧПУ применяют малые ЭВМ (рис. 2.15, в).

Интерpolator, входящий в систему ЧПУ, выполняет следующие функции: на основе численных параметров участка обрабатываемого контура (координат начальной и конечной точек прямой, величины радиуса дуги и т. д.), заданных УП, рассчитывает (с определенной дискретностью) координаты промежуточных точек этого участка контура; вырабатывает управляющие электрические импульсы, последовательность которых соответствует перемещению (с требуемой скоростью) исполнительного органа станка по траектории, проходящей через эти точки. В системах ЧПУ применяют в основном линейные и линейно-круговые интерполаторы; первые обеспечивают перемещение инструмента между соседними опорными точками по прямым линиям, распо-

2.4. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Системы ЧПУ классифицируют по следующим признакам: 1) по уровню технических возможностей; 2) по технологическому назначению; 3) по числу потоков информации (незамкнутые, замкнутые, самоприспосабливающиеся или адаптивные); 4) по принципу задания программы (в декодированном виде; в кодированном виде, т. е. в абсолютных координатах или в приращениях; от ЭВМ); 5) по типу привода (ступенчатый; регулируемый; следящий; шаговый); 6) по числу одновременно управляемых координат.

По уровню технических возможностей международной классификации системы ЧПУ делятся на следующие классы: NC — системы с пошаговым чтением перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки; SNC — системы с однократным чтением всей перфоленты перед обработкой партии одинаковых заготовок; CNC — системы со встроенной малой ЭВМ (компьютером, микропроцессором); DNC — системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ; HNC — оперативные системы с ручным набором программы на пульте управления.

По технологическому назначению системы ЧПУ подразделяются на четыре вида: позиционные; обеспечивающие прямоугольное формообразование; обеспечивающие прямолинейное формообразование; обеспечивающие криволинейное формообразование.

Позиционные системы ЧПУ обеспечивают высокоточное перемещение (координатную установку) исполнительного органа станка в заданную программой позицию за минимальное время. По каждой координатной оси программируется только величина перемещения, а траектория перемещения может быть произвольной. Перемещение исполнительного органа из позиции в позицию осуществляется с максимальной скоростью, а его подход к заданной позиции — с минимальной („ползучей“) скоростью. Точность позиционирования повышается в результате подхода исполнительного органа к заданной позиции всегда с одной стороны (например, слева направо). Позиционными системами ЧПУ оснащают сверлильные и координатно-расточные станки.

Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное формообразование, в отличие от позиционных систем позволяют управлять перемещениями исполнительных органов станка в процессе обработки. В процессе формообразования исполнительный орган станка перемещается по координатным осям поочередно, поэтому траектория инструмента имеет ступенчатый вид, а каждый элемент этой траектории параллелен координатным осям. Чтобы сократить время перемещений исполнительного органа из одной позиции в другую, в ряде случаев используют одновременное движение по двум координатам. При грубом позиционировании подход исполнительного органа к заданной позиции осуществляется с разных сторон, а при точном позиционировании — всегда с одной стороны. Число управляемых координат в таких

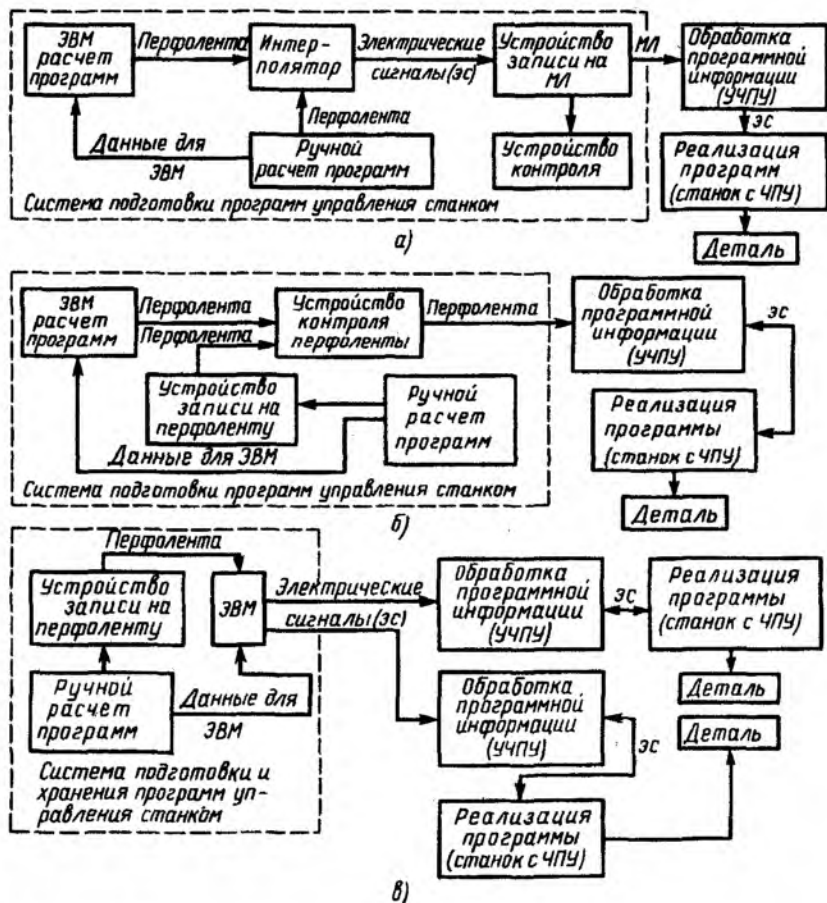


Рис. 2.15. Структурные системы ЧПУ:

а — при задании УП в декодированном виде; б — при задании УП в кодированном виде; в — при управлении от ЭВМ

ложенным под любым углом, а вторые — как по прямым линиям, так и по дугам окружностей.

Важнейшей технической характеристикой системы ЧПУ является ее разрешающая способность или дискретность, под которой понимают минимально возможную величину перемещения (линейного и углового) исполнительного органа станка, соответствующую одному управляющему импульсу, т. е. контролируемую в процессе управления. Большинство современных систем ЧПУ имеют дискретность 0,01 мм/импульс. Осваиваются в производстве системы с дискретностью 0,001 мм/импульс.

системах достигает 5, а число одновременно управляемых координат 4. Указанными системами оснащают токарные, фрезерные, расточные станки.

Системы ЧПУ, обеспечивающие прямолинейное (под любым углом к координатным осям станка) формообразование и позиционирование, реализуют движение инструмента при резании одновременно по двум координатным осям (X и Y). В данных системах используют двухкоординатный интерполятор, выдающий управляющие импульсы сразу на два привода подач. Общее число управляемых координат в таких системах 2 — 5. Указанные системы обладают большими технологическими возможностями (по сравнению с прямоугольными) и применяются для оснащения токарных, фрезерных, расточных и других станков.

Системы ЧПУ, обеспечивающие криволинейное формообразование, позволяют управлять обработкой плоских и объемных деталей, содержащих участки со сложными криволинейными контурами.

Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное, прямолинейное и криволинейное формообразование, относятся к контурным (непрерывным) системам, так как они позволяют обрабатывать деталь по контуру. Контурные системы ЧПУ имеют, как правило, шаговый двигатель.

Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки в целях расширения их технологических возможностей оснащают контурно-позиционными системами ЧПУ.

По числу потоков информации системы ЧПУ делятся на замкнутые, разомкнутые и адаптивные.

Разомкнутые системы характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к исполнительному органу станка. В механизмах подач таких систем используют шаговые двигатели. Крутящий момент, развиваемый шаговым двигателем, недостаточен для привода механизма подачи. Поэтому указанный двигатель применяют в качестве задающего устройства, сигналы которого усиливаются различными способами, например с помощью гидроусилителя моментов (аксиально-поршневого гидродвигателя), вал которого связан с ходовым винтом привода подач. В разомкнутой системе нет датчика обратной связи и поэтому отсутствует информация о действительном положении исполнительных органов станка.

Замкнутые системы ЧПУ характеризуются двумя потоками информации — от считывающего устройства и от датчика обратной связи по пути. В этих системах рассогласование между заданными и действительными величинами перемещений исполнительных органов устраняется благодаря наличию обратной связи.

Адаптивные системы ЧПУ характеризуются тремя потоками информации: 1) от считывающего устройства; 2) от датчика обратной связи по пути; 3) от датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения, колебания

припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станком?
2. Какие типы систем программного управления станками вы знаете?
3. Что вы знаете о системах с цикловым программным управлением?
4. Что называется системой ЧПУ?
5. Что такое управляющая программа?
6. Какие типы программоносителей вы знаете?
7. Что такое интерполяция и дискретность?
8. Что вы знаете о классификации систем ЧПУ?

ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

3.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокие точность и скорость обработки перемещений, заданных УП, а также сохранить эту точность в заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ должна, как правило, обеспечивать совмещение различных видов обработки, автоматизацию загрузки и выгрузки деталей, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента, возможность встройки в общую автоматическую систему управления. Высокая точность обработки определяется точностью изготовления и жесткостью станка. В конструкциях станков с ЧПУ используют короткие кинематические цепи, что повышает статическую и динамическую жесткость станков. Для всех исполнительных органов применяют автономные приводы с минимально возможным числом механических передач. Эти приводы должны иметь высокое быстродействие. Точность станков с ЧПУ повышается в результате устранения зазоров в передаточных механизмах приводов, уменьшения потерь на трение в направляющих и механизмах, повышения виброустойчивости, снижения тепловых деформаций.

3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ (рис. 3.1) классифицируются практически так же, как универсальные станки (см. табл. 1.1), на базе которых изготавливается большинство станков с ЧПУ.

Токарные станки с ЧПУ предназначены для обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения, а также для нарезания наружной и внутренней резьбы.

Фрезерные станки с ЧПУ, предназначенные для обработки плоских и пространственных корпусных деталей, осуществляют следующие операции: плоское, ступенчатое и контурное фрезерование с нескольких сторон и под различными углами; сверление; растачивание; развертывание; нарезание резьбы и др.

Сверлильно-расточные станки с ЧПУ, предназначенные для обработки отверстий в деталях, выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, обтачивание торцов, фрезерование, нарезание резьбы и др.

Шлифовальные станки с ЧПУ предназначены для шлифования наружных, внутренних и торцовых поверхностей деталей, имеющих прямолинейную и криволинейную форму образующих.

Многоцелевые станки с ЧПУ (обрабатывающие центры), предназначенные для комплексной обработки деталей за одну установку, выполняют практически все операции обработки резанием.

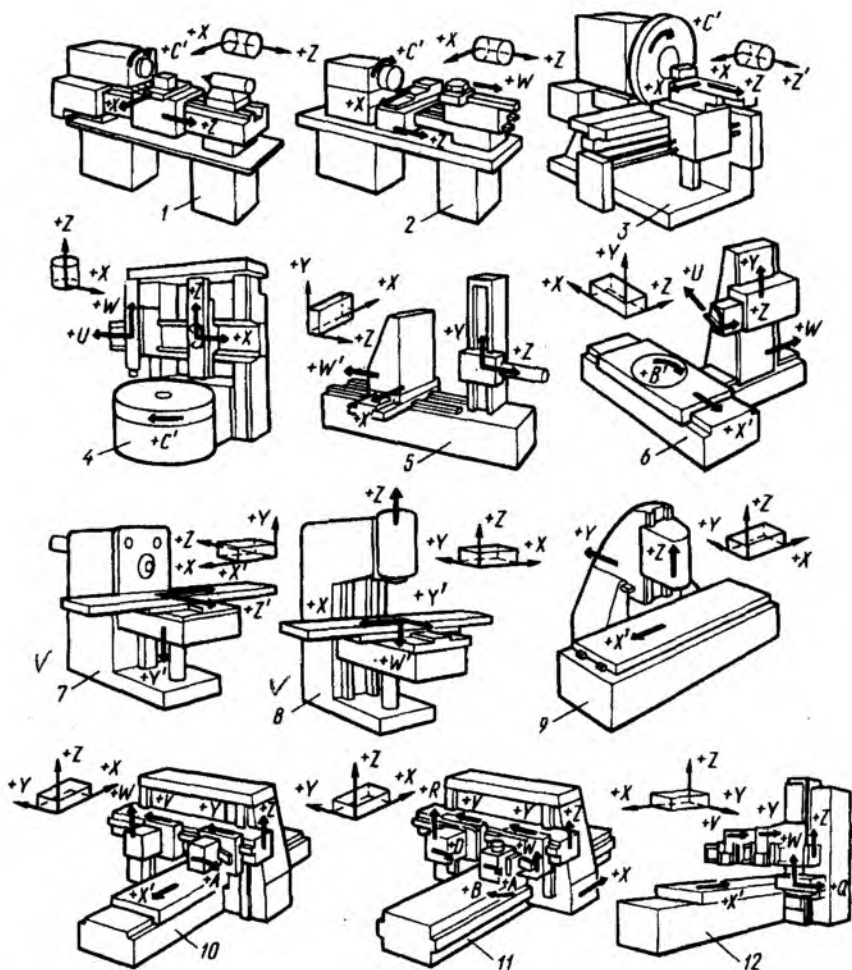


Рис. 3.1. Станки с ЧПУ:

1 – токарно-винторезный; 2 – токарно-револьверный; 3 – лоботокарный; 4 – токарно-карусельный; 5, 6 – горизонтально-расточный; 7 – консольно-фрезерный горизонтальный; 8 – консольно-фрезерный вертикальный; 9 – продольно-фрезерный вертикальный; 10 – продольно-фрезерный двухстоечный; 11 – продольно-фрезерный с подвижным порталом; 12 – одностоечный продольно-строгальный

Электроэрозионные станки с ЧПУ предназначены для вырезания методом электроэрозии деталей сложного контура из токопроводящих материалов, обработка которых другими способами затруднена или невозможна. Обработка осуществляется непрерывно перемещающимся электродом-проволокой (из латуни, меди, молибдена, вольфрама) в среде керосина или воды с антикоррозионными присадками.

В зависимости от типа управления станки с ЧПУ оснащаются различными системами ЧПУ: позиционными, контурными или комбинированными (позиционно-контурными).

Различают станки низкого, среднего и высокого уровня автоматизации. В станках с низким уровнем автоматизации программируются только перемещения исполнительных органов, управляемые от УЧПУ. Для таких станков характерно небольшое число технологических команд, поступающих от УЧПУ к исполнительным органам станка. Эти команды хранятся в кодированном виде в УЧПУ, не требуют переработки и передаются на исполнительные органы непосредственно или через силовые реле устройства электроавтоматики станка.

В станках со средним уровнем автоматизации используется большое число технологических команд. Эти команды требуют переработки, которая осуществляется, как правило, устройством электроавтоматики, размещенным в специальном шкафу и состоящим из релейных или электронных схем. Переработка команд заключается в их дешифровке, при которой код команды, поступающей из УЧПУ, преобразуется в сигналы, управляющие исполнительными органами станка. Помимо дешифровки устройство электроавтоматики управляет различными автоматическими циклами (смены инструмента, сверления и т. д.).

В станках с высоким уровнем автоматизации переработку технологических команд осуществляет УЧПУ.

По способу смены инструмента станки с ЧПУ подразделяются на следующие типы: с ручной сменой инструмента и его ручным закреплением; с ручной сменой инструмента и его механизированным закреплением; с автоматической сменой инструмента в револьверной головке; с автоматической сменой (манипулятором) инструмента, хранящегося в инструментальном магазине.

✓ Показатели, характеризующие станки с ЧПУ, следующие:

Класс точности: Н; П; В; А; С.

Вид системы ЧПУ: Ф1; Ф2; Ф3; Ф4.

Выполняемые технологические операции.

Основные параметры: наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной; наибольший диаметр обработки при установке изделия над станиной (для патронных станков); наибольший диаметр обработки при установке изделия над суппортом (для центровых и патронных станков); наибольший диаметр обрабатываемого прутка (для прутковых станков); ширина рабочей поверхности стола или его диаметр; наибольший условный диаметр сверления; диаметр шпинделя и др.

Величина перемещений исполнительных органов станка: суппорта по двум координатам; выдвижение шпинделя; перемещение стола по двум координатам и т. д.

Дискретность системы ЧПУ.

Точность и повторяемость позиционирования по управляемым координатам.

Главный привод: вид и модель; мощность; частота вращения и ее регулирование (ступенчатое или бесступенчатое); число рабочих скоростей и автоматически переключаемых скоростей и т. д.

Привод подачи: вид и модель; мощность; пределы и число рабочих подач; скорость быстрого перемещения и т. д.

Число инструментов в резцедержателе, револьверной головке или в инструментальном магазине.

Способ смены.

Число управляемых координат и число одновременно управляемых координат.

Обозначение координатных осей и направлений движения исполнительных органов.

Тип и модель УЧПУ.

Вид интерполяции: линейная; линейно-круговая и т. д.

Вид программносителя и код программирования.

Габарит и масса станка.

3.3. СИСТЕМА КООРДИНАТ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ СТАНКОВ С ЧПУ.

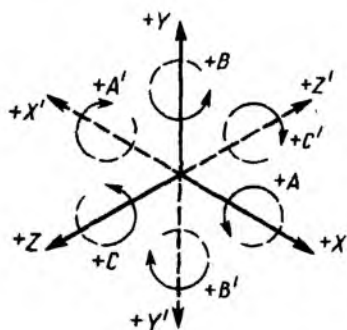


Рис. 3.2. Стандартная система координат в станках с ЧПУ

Работа станка с ЧПУ и программирование процесса обработки связаны с системами координат. Для станков с ЧПУ направления перемещений и их символика стандартизованы. Координатные оси расположены параллельно направляющим станка. Единой системой координат для всех станков с ЧПУ является правая система (рис. 3.2), в которой координатные оси X , Y и Z (сплошные линии) указывают положительные направления перемещений инструмента относительно неподвижных частей станка. Координатные оси X' , Y' и Z' (пунктирные линии), направленные противоположно осям X , Y и Z , указывают положительные направления перемещений заготовки относительно неподвижных

частей станка. Ось X всегда расположена горизонтально, ось Z совмещается с осью вращения инструмента (на токарных станках — с осью вращения шпинделя). Положительными всегда являются такие движения,

при которых инструмент и заготовка взаимно удаляются. Круговые перемещения инструмента (например, поворот оси шпинделя фрезерного станка) обозначают буквами A (вокруг оси X), B (вокруг оси Y) и C (вокруг оси Z). Круговые перемещения заготовки (например, управляемый по программе поворот стола на расточном станке) обозначаются соответственно буквами A' , B' , C' .

Для программирования обработки необходимо, чтобы направление перемещения каждого исполнительного органа станка обозначалось определенной буквой, которая указывает в УП на тот исполнительный орган, который необходимо включить. Клавиатура перфоратора не имеет букв со штрихами; поэтому для записи информации на перфоленгу при обозначении направления перемещения двух исполнительных органов вдоль одной прямой используют так называемые вторичные оси: U (вместо X), V (вместо Y), W (вместо Z). При перемещении трех исполнительных органов вдоль одного направления используются третичные оси: P , Q и R . Примеры расположения и буквенных обозначений координатных осей на различных станках с ЧПУ представлены на рис. 3.1.

3.4. СПОСОБЫ И НАЧАЛО ОТСЧЕТА КООРДИНАТ

При настройке станка с ЧПУ каждый исполнительный орган устанавливается в некоторое исходное положение, из которого он перемещается при обработке заготовки на строго определенные расстояния. Благодаря этому инструмент проходит через заданные опорные точки траектории. Величины и направления перемещений исполнительного органа из одного положения в другое задается в УП и могут выполняться на станке по-разному в зависимости от конструкции станка и системы ЧПУ. В современных станках с ЧПУ применяют два способа отсчета перемещений: абсолютный и относительный (в приращениях).

В первом случае положение начала координат фиксировано (неподвижно) для всей программы обработки заготовки. При составлении программы записывают абсолютные значения координат последовательно расположенных точек, заданных от начала координат. При отработке программы координаты каждый раз отсчитываются от этого начала, что исключает накопление погрешности перемещений в процессе отработки программы.

Для удобства программирования и настройки станков с ЧПУ начало координат в ряде случаев может быть выбрано в любом месте в пределах ходов исполнительных органов. Такое начало координат называется „плавающим нулем” и используется в основном на сверлильных и расточных станках, оснащенных позиционными системами ЧПУ.

При относительном способе отсчета координат за нулевое положение каждый раз принимается положение исполнительного органа, которое он занимает перед началом перемещения к следующей опорной точке. В этом случае в программу записываются приращения координат для последовательного перемещения инструмента от точки к точке.

Этот способ отсчета применяется в контурных системах ЧПУ. Точность позиционирования исполнительного органа в данной опорной точке определяется точностью отработки координат всех предыдущих опорных точек, начиная от исходной, что приводит к накоплению погрешностей перемещения в процессе обработки программы.

3.5. ЧИСЛО ПРОГРАММИРУЕМЫХ КООРДИНАТ

По числу программируемых координат (движений) станки с ЧПУ могут быть двухкоординатными (сверлильные, токарные); трехкоординатными (сверлильные, фрезерные, расточные); четырехкоординатными (двухсупортные токарные, фрезерные с дополнительным движением инструмента или заготовки); пятикоординатными (в основном фрезерные) и многокоординатные (специализированные станки). Для позиционных систем ЧПУ число управляемых координат является полной характеристикой. Контурные системы ЧПУ характеризуются не только общим числом управляемых координат, но и числом одновременно управляемых координат при линейной и круговой интерполяции. Например, пятикоординатная система ЧПУ мод. Н55-1 при линейной интерполяции одновременно управляет пятью координатами, а при круговой — только тремя координатами.

Контрольные вопросы

1. Что вы знаете о классификации станков с ЧПУ?
2. Что вы знаете о координатных осях и направлениях движения в станках с ЧПУ?

ГЛАВА 4. ПОДГОТОВКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

4.1. ПОДГОТОВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Одним из важных технических мероприятий, определяющим эффективность эксплуатации станков с ЧПУ, является подготовка УП для обработки детали на станке, включающая в себя два этапа. На первом этапе производится сбор геометрической и технологической информации. К геометрической информации, определяемой из чертежа детали, относятся: координаты центров отверстий; радиусы дуг окружностей контура; координаты центров этих окружностей; координаты опорных точек; элементы траектории и др. К технологической информации, определяемой служебным назначением детали и техническими условиями на ее изготовление, а также из справочников и каталогов, относятся: операционная технологическая карта; данные о режущем и вспомогательном инструменте и оснастке; режим резания; задание технологических команд и др.

На втором этапе полученная информация переводится на машинный язык, который воспринимается системой ЧПУ. Перед кодированием и записью УП на программноноситель информация должна быть четко откорректирована в целях изготовления детали требуемого качества за минимальное время. Для повышения эффективности работы станков с ЧПУ необходимо сокращать время подготовки УП и ее стоимость.

4.2. МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Управляющие программы (УП) могут быть подготовлены ручным или автоматизированным методами.

При изготовлении простых по конфигурации деталей, когда трудоемкость подготовки УП вручную соизмерима с трудоемкостью подготовки исходных данных для расчетов на ЭВМ, используют ручной метод. Ручное программирование применяется и для систем ЧПУ класса HNC с набором программ непосредственно на пульте УЧПУ. Для выполнения ручного программирования необходимы: чертеж детали с техническими требованиями на ее изготовление; руководство по эксплуатации станка с ЧПУ; инструкция по программированию для УЧПУ данного станка; каталог режущего инструмента с настроечными размерами; нормативы режимов резания. Результатом ручного программирования является текстовая или табличная запись кадров УП, которые затем наносятся перфоратором на перфоленту в виде соответствующих комбинаций отверстий или набирается на пульте УЧПУ.

Ручная подготовка УП (рис. 4.1) состоит из следующих этапов: 1) изучение технологом чертежа детали в целях получения геометрической информации и разработки технических условий на исходную заготовку с учетом минимального съема стружки при обработке; 2) разработка маршрутной технологии обработки, представляемой в виде после-

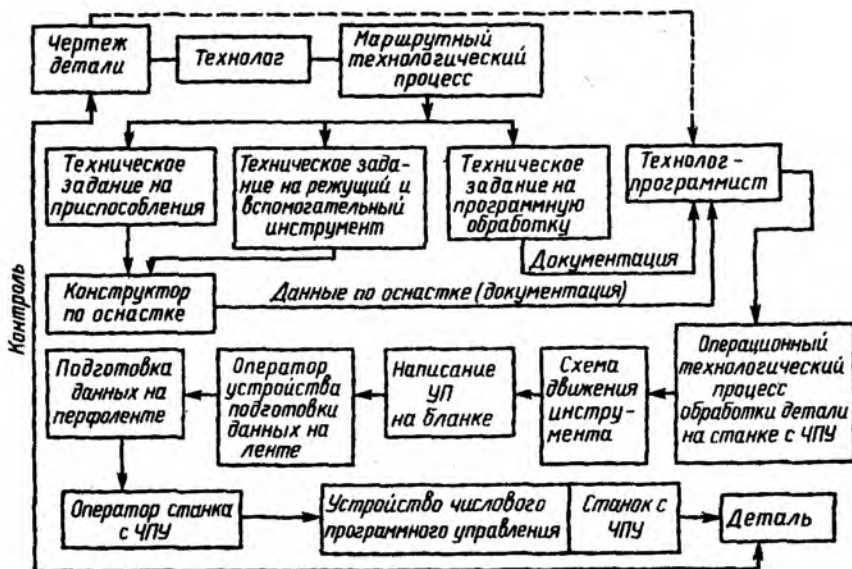


Рис. 4.1. Структурная схема ручной подготовки УП

довательности операций с выбором режущих и вспомогательных инструментов, станочных приспособлений; 3) разработка технологом-программистом операционного технологического процесса с определением схемы закрепления заготовки, с расчетом (или выбором) режимов резания, с построением траекторий движения режущих инструментов, с указанием места входа и выхода инструмента и позиции исполнительного органа станка для смены инструмента; 4) расчет координат опорных точек траекторий движения режущих инструментов; 5) составление расчетно-технологической карты; 6) разработка карты наладки станка; 7) кодирование информации (формирование кадров УП с их записью в виде текста или таблицы); 8) нанесение информации на программируемый носитель; 9) контроль УП и ее коррекция.

Нанесение информации на программируемый носитель осуществляет оператор, обслуживающий устройства записи УП, например, на перфоленту. Перфолента передается оператору станка с ЧПУ. На станке, оснащенном соответствующими приспособлениями, режущим, вспомогательным и измерительным инструментом, производится обработка заготовки. После обработки осуществляют контроль фактических размеров детали. При выходе этих значений за предельно допустимые производят необходимую корректировку УП и перфоленты.

Автоматизированный метод подготовки УП с использованием ЭВМ снижает стоимость УП и ускоряет их подготовку.

4.3. ОПЕРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. В результате выполнения технологических процессов изменяются физико-химические свойства материалов, геометрическая форма, размеры и относительное положение элементов деталей, качество поверхности и т. д. Технологический процесс выполняют на рабочих местах.

Рабочее место — это часть цеха, в котором размещено соответствующее технологическое оборудование. Технологический процесс состоит из технологических и вспомогательных операций.

Технологической операцией при обработке резанием называют законченную часть технологического процесса обработки заготовки, выполняемую на одном рабочем месте. Технологические операции делятся на технологические и вспомогательные переходы, а также на рабочие и вспомогательные ходы.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. При обработке резанием технологический переход — это процесс получения каждой новой поверхности или сочетания поверхностей одним инструментом. Обработку осуществляют за один переход (например, сверление, зенкерование и развертывание отверстия).

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действия человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода; например, установка обрабатываемой заготовки, ее закрепление, смена режущего инструмента. Переходы могут совмещаться во времени путем одновременной обработки нескольких поверхностей детали несколькими режущими инструментами (например, торца и отверстия). Переходы можно выполнять последовательно, параллельно (например, одновременная обработка нескольких поверхностей на агрегатных или многорезцовых станках) и параллельно-последовательно.

При работе на станке с ЧПУ используют также элементарный переход, т. е. обработку отдельного участка (зоны) поверхности одним режущим инструментом.

Рабочим ходом называют законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход отличается от рабочего тем, что он не сопровождается перечисленными изменениями заготовки. При обработке резанием при каждом рабочем ходе с поверхности или сочетания поверхностей заготовки снимается один слой материала. Чтобы заго-

товку обработать, ее нужно установить с требуемой точностью в приспособлении или на столе станка.

Установка — это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении заготовки. Операция может выполняться за одну или несколько установок. Например, для токарной обработки вала или втулки, как правило, необходимы две установки. Положение объекта производства относительно оборудования или инструмента изменяют поворотными или другими устройствами. В этом случае он занимает несколько позиций.

Позицией называют фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении определенной части операции (одного или нескольких переходов).

Проектирование операционного технологического процесса включает в себя: выбор заготовки, станочных приспособлений, режущих и вспомогательных инструментов; определение числа установок, числа и последовательности выполнения переходов и рабочих ходов; расчет (или выбор по таблицам) режима резания. Проектирование должно осуществляться с учетом обеспечения требуемого качества обработки и максимальной производительности. Построение операций механической

обработки на станках с ЧПУ в принципе не отличается от построения аналогичных операций для обработки на станках с ручным управлением.

При проектировании операций обработки важным является правильный выбор заготовок. Так, для токарных станков с ЧПУ использование заготовок из проката для изготовления ступенчатых деталей типа тел вращения во многих случаях нерационально из-за большой трудоемкости обработки и значительных отходов металла в стружку. В многономенклатурном производстве рационально использовать комплексные штампованные заготовки (рис. 4.2), приближенные по форме и размерам к готовой детали, но с таким расчетом, чтобы из одной и той же заготовки можно было изготовить несколько деталей разных типоразмеров. Для снижения трудоемкости обработки и отходов материала в ряде случаев следует предварительную обработку заготовок производить на обычном оборудовании, а окончательную — на станках с ЧПУ.

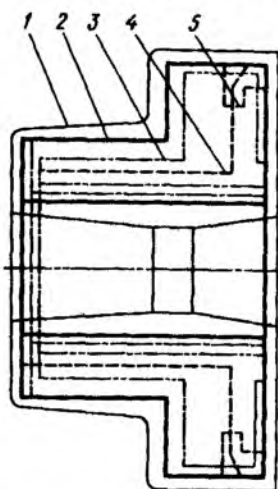


Рис. 4.2. Комплексная заготовка:

1 — контур заготовки;
2 — контур комплексной детали;
3, 4, 5 — контуры деталей, входящих в группу

4.4. ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Применение технически обоснованного режима резания обеспечивает надежную и высокопроизводительную работу станков, уменьшает расход режущего инструмента и предотвращает его поломку. Параметрами режима резания являются глубина t резания, подача S и скорость v резания. Указанные параметры определяют: объем металла ($\text{мм}^3/\text{мин}$), снимаемый в единицу времени с поверхности заготовки, $V = tSv$; силу P_z резания, зависящую от площади сечения снимаемой стружки $b = tS$; мощность резания (кВт)

$$N_p = \frac{P_z v}{60 \cdot 75 \cdot 1,36}.$$

По мощности резания рассчитывают мощность главного привода станка и прочность системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД). Режим резания определяет также интенсивность износа режущего инструмента, т. е. его стоимость (период работы между переточками).

Существуют следующие способы выбора режима резания для станков с ЧПУ: табличный (с использованием нормативов); графический (с помощью номограмм); расчетный (с помощью ЭВМ).






















4.5. РАЗРАБОТКА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ





















Для программирования обработки нужно определить последовательность, направления и характер всех движений исполнительных органов станка, для чего составляют схему движения характеристических точек режущих инструментов относительно заготовки, в которой дают траектории движения всех участвующих в обработке инструментов. Эта схема необходима для последующего расчета координат опорных точек траекторий и содержит данные, используемые для разработки карты наладки станка. Для облегчения чтения графического материала, иллюстрирующего траекторию инструмента, можно использовать условные обозначения, приведенные в табл. 4.1.
























4.1. Графические изображения символов, принимаемых на пультах управления, и их смысловое значение (по ГОСТ 24505 — 80)













Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Перемотка программноносителя вперед		Считывание управляющей программы
	Перемотка программноносителя назад		Автоматическая работа

Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Ускоренная обработка управляющей программы		Поиск кадра при движении программноносителя назад
	Покадровый ввод		Поиск главного кадра с автоматическим выбором направления движения программноносителя
	Покадровая обработка управляющей программы		Поиск главного кадра при движении программноносителя вперед
	Пропуск кадра		Поиск главного кадра при движении программноносителя назад
	Ручной ввод данных (РВД)		Начало управляющей программы
	Ручное управление		Поиск начал программы при движении программноносителя назад
	Поиск определенных данных при движении программноносителя вперед		Конец управляющей программы
	Поиск определенных данных при движении программноносителя назад		Конец управляющей программы с автоматической перемоткой программноносителя до начала программы
	Поиск кадра управляющей программы с автоматическим выбором направления движения программноносителя		Конец управляющей программы с автоматической перемоткой программноносителя до начала программы с возобновлением обработки управляющей программы
	Поиск кадра при движении программноносителя вперед		

Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Останов управляющей программы		Ошибка считывания управляющей программы
	Останов с подтверждением		Сбой станка
	Хранение управляющей программы		Ошибка запоминающего устройства
	Подпрограмма		Ввод данных в память
	Хранение подпрограммы		Считывание данных из памяти
	Ввод управляющей программы от внешнего устройства (кроме ЭВМ)		Переполнение памяти
	Ввод управляющей программы от ЭВМ без отработки управляющей программы		Предупреждение переполнения памяти
	Управление от ЭВМ с отработкой управляющей программы		Буферное запоминающее устройство
	Дефект программноносителя		Редактирование данных в памяти
	Ошибка в управляющей программе		Редактирование управляющей программы
			Редактирование кадра управляющей программы

Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Исключить кадр управляющей программы		Точка сетки
	Ввести кадр в управляющую программу		В позицию
	Заменить кадр управляющей программы		Точное позиционирование
	Нормальная обработка управляющей программы		Нормальное позиционирование
	Зеркальная обработка управляющей программы		Грубое позиционирование
	Исходная точка		Повторное позиционирование
	Установка в исходную точку		Программируемая позиция
	Нуль станка		Фактическая позиция
	Смещение нуля отсчета		Погрешность позиционирования
	Абсолютные размеры		Коррекция на положение инструмента
	Размеры в приращениях		Коррекция на длину инструмента

Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Коррекция на радиус инструмента		Выключение
	Коррекция на диаметр инструмента		Включение и выключение одной и той же кнопки
	Коррекция на радиус конца инструмента		Батарея
	Коррекция скорости подачи		Пуск
	Сброс		Стоп
	Сброс памяти		Пуск подачи
	Сброс привода		Останов подачи
	Отмена		Постоянные циклы
	Стирание данных в памяти		учПУ
	Отмена технологических команд		Перемещение рабочих органов станка на единицу дискретности обработки перемещений
	Включение		Компенсация зазора
			Наезд подвижных органов станка на путевой ограничитель

Символ	Смысловое значение символа	Символ	Смысловое значение символа
	Пауза		Обучение
	Перегрев		Автоматическая работа — один цикл
	Смена инструмента		Разметка носителя данных
	Включение при постоянном нажатии		Поиск зоны
	Подача (для промышленных роботов — „медленное” перемещение)		Зажим
	Ускоренное перемещение		Освобождение

На схеме движения характеристических точек сплошными линиями указывают траектории рабочих перемещений инструментов, а пунктирными линиями — траектории вспомогательных перемещений инструмента. Условно считают, что перемещается только инструмент, а заготовка остается неподвижной. В зависимости от сложности схему изображают в карте эскизов (которая прикладывается к расчетно-технологической карте) или вычерчивают отдельно в большом масштабе.

Разработку траектории движения резцов или токарной обработки начинают с вычерчивания контура заготовки и выбора исходной точки движения вершины резца или крайней точкой его режущей кромки. Положение исходной точки выбирают так, чтобы обеспечить безопасное снятие готовой детали, безопасную установку новой заготовки, беспрепятственный поворот резцедержателя с инструментами и т. д. При настройке станка резец первоначально устанавливают в исходную точку, которую задают координатами X_0 (расстояние от оси вращения шпинделя) и Z_0 (расстояние от торца патрона). Затем систему ЧПУ настраивают так, что при поступлении от УП соответствующих команд резец автоматически возвращается в исходную точку вначале по одной, а затем по второй координате. Выход резца в исходную точку предусматривают в абсолютной системе координат, чтобы исключить погрешности, накопленные при обработке предыдущей заготовки и свя-

занные с обработкой перемещения исполнительных органов станка в приращениях.

При фрезеровании на схеме движения инструментов изображают траекторию центра торца фрезы; исходную точку фрезы чаще всего выверяют с помощью установочного приспособления.

По схеме движения характеристических точек движения инструментов определяют опорные точки и рассчитывают их координаты. Расчитанные координаты опорных точек траектории движения инструментов сводят в таблицу.

4.6. СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ И КАРТЫ НАЛАДКИ СТАНКА С ЧПУ

На основе данных, полученных из операционного технологического процесса, схем движения характеристических точек режущих инструментов и таблицы координат опорных точек, составляют расчетно-технологическую карту (РТК), необходимую для кодирования информации, и карту наладки станка для обработки данной заготовки.

Имеется две формы РТК: 1) для станков с максимальным числом управляемых координат 6 (для всех станков, кроме токарных); 2) для станков с максимальным числом управляемых координат 4 (в основном для токарных станков). В РТК предусмотрены графы для записи следующих данных: порядковый номер и координаты опорных точек (или приращения координат); подача; частота вращения шпинделя; номер корректора на пульте УЧПУ; технологические команды. Информацию РТК кодируют и наносят на программоноситель.

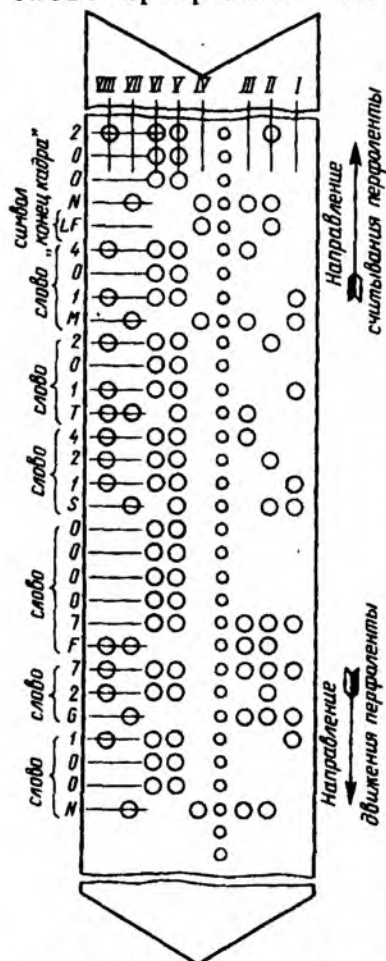
Наладку станка для обработки заготовки осуществляют в соответствии с картой наладки, которую разрабатывают совместно с УП. Эта карта, предназначенная для оператора или для наладчика станка с ЧПУ, содержит следующие данные: модель системы ЧПУ; номер УП; шифр и основные характеристики станочного приспособления; шифр и основные характеристики инструментов (с указанием номеров блоков или позиций револьверной головки и данных для настройки инструмента вне станка); координаты исходных точек инструментов или координаты исходных положений исполнительных органов станка; последовательность работы инструментов при обработке цикла обработки.

Может быть разработана типовая карта наладки на обработку группы сходных по конфигурации и близких по размерам деталей; при этом для каждой конкретной детали в карту заносят свои числовые значения данных.

В ряде случаев при обработке деталей на фрезерных и расточных станках с использованием ограниченного набора инструментов карту наладки не составляют, а необходимые данные приводят на распечатке текста УП, которую выдают оператору станка с ЧПУ.

4.7. КОДИРОВАНИЕ И НАНЕСЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ПРОГРАММОНОСИТЕЛЬ

Информацию на перфоленте записывают отдельными кадрами, содержащими числа, буквы и другие символы. Запись в определенной последовательности кадров УП в буквенно-цифровой форме осуществляется путем кодирования. Кодирование — это запись текста программы в той форме, в которой ее затем переносят на перфоленту пробивкой соответствующих отверстий. Кадр программы (фраза) — последовательность слов, расположенных в определенном порядке и несущих информацию об одной технологической рабочей операции (рис. 4.3). Слово программы — последовательность символов, находящихся



в определенной связи как единое целое. Глава программы — определенное число заданных в необходимой последовательности кадров, первый из которых является главным, т. е. характеризующим начальное состояние следующего за ним участка программы. В главном кадре программируют подготовительные функции, размерную информацию (по всем координатам), подачу, частоту вращения шпинделя, инструмент и вспомогательные функции. Формат — условная запись структуры кадра УП с максимально возможным объемом информации. Формат определяет набор и последовательность расположения применяемых слов, объем информации каждого слова.

Для составления УП, ее записи и чтения системой ЧПУ необходимо условиться, как обозначать цифры, числа, буквы, т. е. выработать код. Код должен быть записан коротко, легко читаться, иметь малую вероятность ошибки при автоматическом чтении. Существуют понятия „цифра” (0, 1, 2, 3, ..., 8, 9) и „число”, являющееся последовательностью цифр с учетом их разрядности. Совокупность приемов, наименования и обозначения (записи) чисел называется счислением. Для построения системы счисления в качестве основания можно использовать любое целое число

Рис. 4.3. Кадр управляющей программы

$B \geq 1$. Тогда любое число можно записать следующим образом:

$$A = A_i B^{n-1} + A_j B^{n-2} + A_m B^{n-3} + \dots + A_k B^{n-n},$$

где $A_i, A_j, A_m, \dots, A_k$ — цифры; $B \geq 1$ — основание счисления; n — разряд числа.

Десятичная система счисления (основание $B = 10$). Число 659,45 в этой системе можно записать в виде: $6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}$.

В десятичной системе счисления, таким образом, число является суммой произведения цифр (0, 1, 2, ..., 9) на 10 в степени, определяемой разрядностью этого числа. Такой вид записи имеет хорошую наглядность при записи чисел на бумаге. Однако при его реализации на вычислительной технике имеются большие трудности. Считывающее устройство не в состоянии в одной строке различать десять возможных цифр. Поэтому каждый разряд числа должен иметь десять строк с разделением от 0 до 9.

4.2. Таблица преобразования десятичных цифр в двоичной системе счисления

Десятичные цифры	$B = 2$				Как образуется число
	2^3	2^2	2^1	2^0	
0	0	0	0	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 0$
1	0	0	0	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 1$
2	0	0	1	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 2$
3	0	0	1	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 3$
4	0	1	0	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 4$
5	0	1	0	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 5$
6	0	1	1	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 6$
7	0	1	1	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 7$
8	1	0	0	0	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 8$
9	1	0	0	1	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 9$

Двоичная система счисления (основание $B = 2$). В этой системе цифры от 0 до 9 записываются четырехразрядными двоичными числами (табл. 4.2) и для записи нужно четыре дорожки, а не 10, как при десятичной системе счисления. Однако запись и чтение чисел, имеющих несколько десятичных разрядов, весьма затруднительно, так как необходимо производить деление. Например, число 86346,0387 в двоичном коде будет иметь следующий вид: 86346,0387 = 1000...0110...0011...0100...

...0110...0000...0011...1000...0111.

8
6
3
8
7

6
0
3
8
7

Эта система была использована в вычислительной технике, поскольку в ней для изображения любых чисел используются всего две цифры 0 и 1. При построении блоков вычислительной техники, таким образом,

можно использовать элементы, имеющие два устойчивых состояния (наличие или отсутствие напряжения в цепи и т. д.). Это явилось причиной использования двоичной системы счисления в ЭВМ.

Двоично-десятичная система. Для осуществления наглядности и читаемости изображенных чисел была разработана комбинированная двоично-десятичная система кодирования, нашедшая широкое применение в технике. Эта система, основание которой $B = 2$, дает возможность представить десятичные числа двоичным числом, т. е. числом из двух цифр (1 и 0). Например, цифра 7 может быть представлена в виде: $0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$. Если в этом выражении оставить одни цифры, то получим 0111. На перфоленте единица изображается пробивкой отверстия. Если же на пересечении данной дорожки перфоленты (см. рис. 4.3) и поперечной строки отверстие не пробито, то это воспринимается системой ЧПУ как 0. В табл. 4.3. представлены запись цифр

4.3. Запись цифр в двоичной системе и на перфоленте

Цифра	Двоичный эквивалент	Номера дорожек перфоленты			
		IV	III	II	I
		$2^3=8$	$2^2=4$	$2^1=2$	$2^0=1$
0	0000				
1	0001				0
2	0010			0	
3	0011			0	0
4	0100		0		
5	0101		0		0
6	0110		0	0	
7	0111		0	0	0
8	1000	0			
9	1001	0			0
10	1010	0		0	
11	1011	0		0	0
12	1100	0	0		
13	1101	0	0		0
14	1110	0	0	0	
15	1111	0	0	0	0

десятичной системы счисления в двоичном коде и их изображение на перфоленте. Для записи любого десятичного числа от 0 до 9 и чисел от 10 до 15 достаточно первых четырех (I – IV) дорожек перфоленты. Такую запись называют двоично-десятичным взвешенным кодом 8421. Каждая цифра числа определяет значение (или вес) разряда и соответственно одного отверстия в каждой из четырех дорожек перфоленты. Если, например, пробиты три отверстия в I, II, III дорожках, то, значит, в строке записана цифра 7 ($4 + 2 + 1 = 7$). В этом коде цифры от 0 до 9

используют для записи числовых значений команд. Числа от 10 до 15, каждое из которых может быть записано в одной поперечной строке, используют для записи нечисловой информации (букв и различных символов).

Для записи десятичного числа, состоящего из двух цифр и более, каждому разряду этого числа отводится строчка. Например, одна строчка соответствует разряду 10^2 , строчка ниже — разряду 10^1 , еще ниже — разряду 10^0 . Обозначая цифры данного десятичного числа в двоичном коде, получают его запись. Например, число 957 будет записано на трех строчках перфоленты в виде: 1001 — разряд 10^2 ; 0101 — разряд 10^1 , 0111 — разряд 10^0 . Существует значительное число кодов с другими наборами весовых коэффициентов (2421, 5421, 6221, 4421 и др.).

Общая система представления цифр, букв и других символов для станков с ЧПУ является кодом программирования. Код устанавливает соответствие между цифрами, буквами и другими символами и их записью в виде комбинаций отверстий на перфоленте. Для программирования обработки на станках с ЧПУ были разработаны различные коды. В настоящее время наиболее распространенным кодом является код ИСО-7бит, отвечающий требованиям Международного стандарта. В табл. 4.4 дана карта этого кода с символами, их назначениями и соответствующими кодовыми комбинациями пробивки отверстий на перфоленте.

Информация в коде ИСО-7бит записывается поперечными строчками на первых семи дорожках перфоленты (см. рис. 4.3), поэтому этот код называют семизначным. Восьмая дорожка является контрольной; отверстие в ней дополняет число отверстий в строчке до четного. Значащими дорожками (соответственно 8421) являются дорожки I — IV. Между дорожками III и IV находится транспортная дорожка. Дорожки V, VI, VII служат для обозначения признака символа, в основе которого лежит цифра (или число от 10 до 15), записанная на первых четырех дорожках данной поперечной строки. Десятичные числа от 0 до 9, обозначаемые на дорожках I — IV в двоичной системе счисления, имеют признак (пробитые отверстия) на дорожках V и VI. Признаком букв латинского алфавита от A до O является отверстие на дорожке VII, букв от P до Z — отверстия на дорожках V и VII. Служебные символы кода также имеют соответствующие признаки. Например, кодовое значение 1001 на дорожках IV — I (отверстия на дорожках IV и I) соответствует десятичному числу 9, если имеются отверстия на дорожках V и VI; букве Y, если имеются отверстия на дорожке VII; букве Y, если имеются отверстия на дорожках VII и V; символу < > — если имеются отверстия на дорожке VI, и т. д.

Нецифровые символы кода делятся на две группы: 1) символы для УП; 2) символы для управления печатающими и перфорирующими устройствами. Символы второй группы в описании их назначения обозначены буквами ПС в скобках (см. табл. 4.4). Нецифровыми символами являются в основном буквы. Они используются при программировании для обозначения адреса осей координат исполнительных органов,

4.4. Карта кода ИСО-7бит

VIII	Номер дорожки, перфорация							Символ	Рекомендуемое значение символа
	VII	VI	V	IV	III	II	I		
				$\frac{8}{8}$	T	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{1}{1}$	
○				○	•				NUL Ноль, пусто, пропуск строки
				○	•				BS Возврат на шаг (ПС)
				○	•			○	HT Горизонтальная табуляция (ПС)
				○	•		○		LF Конец кадра (ПС)
○				○	•	○		○	CR Возврат каретки (ПС)
○	○	○			•				SP Сдвиг каретки на шаг (ПС)
	○	○		○	•				(Управление выключено (ПС)
○	○	○		○	•			○) Управление включено (ПС)
○	○	○			•	○		○	% Начало программы
	○	○	○	○	•		○		: Установка в исходную точку
○	○	○	○	○	•	○	○	○	Пропуск кадра
	○	○	○	○	•		○	○	+ Знак „плюс“
	○	○	○	○	•	○		○	- Знак „минус“
	○	○	○		•			0	Цифра 0
○	○	○	○		•			1	Цифра 1

Номер дорожки, перфорация							Символ	Рекомендуемое значение символа
VIII	VII	VI	V	IV $\frac{IV}{8}$	T	III $\frac{III}{4}$		
						II $\frac{II}{2}$	I $\frac{I}{1}$	
○	○	○	○	○	•	○	2	Цифра 2
		○	○		•	○	3	Цифра 3
○	○	○	○		•	○	4	Цифра 4
		○	○		•	○	5	Цифра 5
		○	○		•	○	6	Цифра 6
○	○	○			•	○	7	Цифра 7
○	○	○	○	○	•		8	Цифра 8
		○	○	○	•		9	Цифра 9
○	○				•		A	Круговое движение вокруг оси X
○	○				•	○	B	Круговое движение вокруг оси Y
○	○				•	○	C	Круговое движение вокруг оси Z
	○				•	○	D	Третья подача
○	○				•	○	E	Вторая подача
○	○				•	○	F	Скорость подачи (первая подача)
	○				•	○	G	Подготовительная функция

Номер дорожки, перфорация						Символ	Рекомендуемое значение символа
VIII	VII	VI	V	IV	T	III	
				$\frac{8}{8}$		$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{2}$
							$\frac{1}{1}$
	○			○	•		<i>H</i> Дополнительная функция
○	○			○	•		<i>I</i> Интерполяционный параметр по оси <i>X</i>
○	○			○	•		<i>J</i> Интерполяционный параметр по оси <i>Y</i>
	○			○	•		<i>K</i> Интерполяционный параметр по оси <i>Z</i>
○	○			○	•	○	<i>L</i> Адрес корректора
	○			○	•	○	<i>M</i> Вспомогательная функция
	○			○	•	○	<i>N</i> Номер кадра
○	○			○	•	○	<i>O</i> Не используется
	○		○		•		<i>P</i> Третье перемещение вдоль оси <i>X</i>
○	○		○		•		<i>Q</i> Третье перемещение вдоль оси <i>Y</i>
○	○		○		•		<i>R</i> Третье перемещение вдоль оси <i>Z</i>
	○		○		•		<i>S</i> Частота вращения шпинделя
○	○		○		•	○	<i>T</i> Номер инструмента и корректора
	○		○		•	○	<i>U</i> Второе перемещение вдоль оси <i>X</i>

VIII	Номер дорожки, перфорация						Символ	Рекомендуемое значение символа
	VII	VI	V	$\text{IV} \frac{1}{8}$	T	$\text{III} \frac{1}{4}$		
						$\text{II} \frac{1}{2}$	$\text{I} \frac{1}{1}$	
○	○	○	○	○	•	○	V	Второе перемещение вдоль оси Y
○	○	○	○	○	•	○	W	Второе перемещение вдоль оси W
○	○	○	○	○	•		X	Перемещение по оси X
○	○	○	○	○	•		Y	Перемещение по оси Y
○	○	○	○	○	•	○	Z	Перемещение по оси Z
○	○	○	○	○	•	○	DEL	Забой (стирание)

Примечание. T – транспортная дорожка.

адреса технологических команд (шпиндель, подача), для обозначения параметров круговой интерполяции в контурных системах ЧПУ (буквы *I, J, K*), а также функции *G* и *M*. Используются также знаки плюс, минус; %; *LF* (конец кадра); *GR* (возврат каретки) и др.

В системах программного управления функцию *G* называют подготовительной, она адресует информацию, содержащую данные об изменении условий работы самой системы ЧПУ (линейная интерполяция, круговая интерполяция, включение блока резьбонарезания и т. д.). Код имеет 99 различных подготовительных команд, которые кодируются числом, следующим за символом *G* (*G00; G01; G02; ...; G99*).

Функцию *M* называют вспомогательной. Она адресует информацию об условиях работы механизмов станка (конец программы, поворот револьверной головки и т. д.). Код имеет по адресу *M* различные по содержанию команды, различающиеся числом, следующим после буквы *M* (*M00; M01; M02; M03; ...*).

Код для устранения ошибки, обнаруженной на перфоленте во время перфорации, имеет символ *DEL* (отверстия на всех восьми дорожках). При дублировании на перфораторе программ и при обработке их на станке с ЧПУ строчки с этим символом автоматически пропускаются. Для лучшего разделения кадров между собой применяется символ *NUL*, или пропуск строки. При задании данного символа в конце кадра (после *LF*) пропускаются еще две-три пустые строки. Для отдельных моделей станков значения некоторых символов могут отличаться от значений, рекомендуемых кодом ИСО-7бит.

В коде ИСО-7бит установлен раздельный контроль ошибок, могущих возникнуть по двум причинам: 1) нажатие оператором на другую клавишу пишущей машинки перфоратора; 2) сбой механизмов перфоратора. Для выявления ошибок оператора одновременно с пробивкой отверстий каждый кадр программы распечатывается в буквенно-цифровом виде на листе бумаги. Эту распечатку сравнивают потом с записью кадров УП, которую программист выполнил вручную. Для выявления ошибок, обусловленных сбоями перфоратора, указанный код предусматривает контроль по четности пробитых отверстий. В каждый поперечной строке обязательно должно быть пробито четное число отверстий. В том случае, когда информация строки (первые семь дорожек) отображена нечетным числом отверстий, на дорожке УП пробивается контрольное отверстие, дополняющее это число до четного. Если из-за сбоя перфоратора в строке оказалось нечетное число отверстий, контрольное устройство перфоратора дает сигнал о наличии ошибки и автоматически блокирует перфоратор на этой строке для ее визуального контроля и исправления.

В настоящее время при программировании чаще используется адресный способ записи информации на перфоленту. Информация каждого кадра делится на два вида: 1) буква (адрес), обозначающая исполнительный орган системы ЧПУ (или станка), которому подается команда; 2) число, следующее за адресом и обозначающее величину перемещения исполнительного органа станка (со знаком „+” или „-”) или кодовую

запись (например, величины подачи и т. д.). Буква и следующее за ней число являются словом. Кадр программы состоит из одного, двух или нескольких слов (см. рис. 4.3). В руководстве к каждой системе ЧПУ обычно рекомендуется определенный порядок следования адресов в кадре, т. е. порядок расположения слов. Кроме того, для каждой модели ЧПУ устанавливается максимально возможное число слов в кадре, а также число поперечных строк перфоленты, отводимое для каждого слова (число символов в слове), т. е. устанавливается форма кадра.

Правила кодирования для станка с конкретным УЧПУ регламентируются следующими документами: 1) используемым кодом; 2) руководством по программированию к системе ЧПУ (правила построения кадров УП); 3) руководством к станку, содержащим правила записи отдельных команд.

Кодированная запись ряда кадров УП для обработки заготовки на токарном станке может, например, иметь следующий вид:

%

№ 001G 27F 70000S 124 T 103M104LF

№ 002G58LF

№ 003X + 000000LF

№ 004Z + 000000LF

№ 005G26LF

№ 006G10X — 006000LF

№ 007X — 014000F10080LF

№ 008Z + 000500F 10600LF

№ 009X + 009500F70000LF

№ 010X + 002000Z — 001000F10100LF

.....

.....

№M102LF

Кадры УП записывают в соответствии с форматом, установленным для данного УЧПУ. Этот формат условно записывается так: №3; G2; $X \pm 6$ (5,4); $Z \pm 6$ (5,4); $I \pm 6$ (5,4); $K \pm 6$ (5,4); F5; S3; T3; M3; L2; $D \pm 6$ (5,4); LF.

Цифры после букв определяют число разрядов числовой части данного слова. В скобках адресов X, Z, I, K указаны возможные разряды чисел, выражающих геометрическую информацию при различных режимах работы УЧПУ. Эта информация записывается в виде числа импульсов (число миллиметров перемещения исполнительного органа, деленное на величину дискретности их обработки).

Первым в УП записан знак %, означающий начало программы (см. табл. 4.4). В первом кадре (11001) содержится следующая информация: G 27 — команда на обработку координат в абсолютной системе координат для выхода резца в ИТ — „ноль”; F 70000 — ускорен-

ное перемещение по координатам; $S124$ — кодовое обозначение частоты вращения шпинделя — 280 мин^{-1} ; $T103$ — команда на установку в рабочее положение резца с условным обозначением 3; $M104$ — команда на вращение шпинделя против часовой стрелки. Кадр № 002 содержит одно слово ($G58$), означающее команду на смещение нуля. Перемещение резца в нулевую точку происходит после считывания системы ЧПУ кадров № 003 (по оси X) и № 004 (по оси Z). Кадр № 005 содержит одно слово ($G26$), означающее команду на работу в приращениях. Кадр 11006 несет следующую информацию: $G10$ — линейная интерполяция (прямолинейная траектория перемещения); X — 006000 — перемещение по координате X в „минус“, т. е. в направлении к оси вращения шпинделя на 6000 импульсов (30 мм). В кадре № 007 задана команда перемещения резца в том же направлении по X на 14000 импульсов (70 мм) на рабочей подаче 80 мм/мин ($F10080$) и т. д. В каждом кадре (LF) означает его конец. Последний кадр содержит команду $M102$ — конец программы. Рассмотренная часть УП может быть представлена в табличном виде (табл. 4.5).

4.5. Карта программирования

№	G	X	Z	I	K	F	S	T	M	L
%										
001	27					70000	124	103	104	
002	58									
003		+000000								
004			+000000							
005	26									
006	10	-006000								
007		-014000				10060				
008			+000500			10600				
009		+009500				70000				
010		+002000	-001000			10100				

В настоящее время широко используют типовые и групповые методы ручного программирования, упрощающие программирование и повышающие его производительность. Указанные методы основаны на ти-

пизации отдельных этапов работы при программировании. УП для изготовления ряда геометрически подобных деталей содержат равное количество кадров, имеющих аналогичную структуру. Различны только числовые значения отдельных команд (координаты опорных точек, значения подач, частот вращения шпинделя и т. д.). При кодировании используют типовые программы. В данном случае нет необходимости разработки схемы движения режущих инструментов и заполнения РТК. Программисту дается готовая распечатка текста УП, имеющая пропуски отдельных чисел (координаты опорных точек и т. д.). Задача программиста заключается лишь в занесении этих чисел в кадры распечатки. Аналогичный способ кодирования используют и для групп менее сходных деталей. В этом случае кроме необходимости записи недостающих чисел нужно исключать или добавлять отдельные кадры УП.

Кроме типовых текстов УП используют типовые карты наладок. Эти карты содержат все необходимые для наладки станка данные, кроме координат исходных точек. В этом случае задача программиста сводится только к расчету и записи в карту значений координат.

При адресном способе кодирования и записи на перфоленту кадры имеют переменную длину. В каждом кадре УП записывается лишь новая информация о работе станка. Неизменная информация (например, подача) в кадре не фиксируется и сохраняется такой же, какой она была задана в одном из предыдущих кадров. Поэтому при данном способе кодирования длина всех кадров (число слов в кадрах) различная.

Кроме адресного еще существует табуляционный способ информации на перфоленте кадрами переменной длины. При адресном способе нет четких требований к последовательности расположения слов в пределах кадра. При табуляционном же способе все слова в кадре располагаются в строго определенном порядке в соответствии с его форматом и записываются без адресов. Все слова разделяются знаком табуляции — символом *HT* (см. табл. 4.4). Если какое-либо слово, предусмотренное форматом в данном кадре отсутствует, то вместо него записывают дополнительный символ *HT*. Знак табуляции используется для подачи команды, по которой выход считывающего устройства переключается на последующий исполнительный орган станка или другую ячейку запоминающего устройства. Например, кадр № 001 УП при данном способе записи имеет вид:

001 HT27 HT HT HT HT HT HT 70000 HT 124HT 103HT 104HT HT LF.

При распечатке на перфоленте кадров УП, составленных табуляционным способом, слова автоматически располагаются в графах карты программирования (см. табл. 4.5). По удобству использования, расхода бумаги рассматриваемый способ записи информации уступает адресному. Поэтому табуляционный способ используется редко. Более удобен адресно-табуляционный способ, представляющий собой сочетание двух рассмотренных выше способов. При данном способе кроме использования знаков табуляции каждое слово записывают со своим адресом. Тот же кадр имеет такой вид:

№ 001 HTG27 HT HT HT HT HT HT F70000 HTS 124HTT 103HTM 104HT HTLF.

Распечатка таких кадров происходит в табличной форме, но с адресом перед каждым числовым значением команды, т. е. аналогично адресному способу.

4.8. УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Для ручной подготовки УП с перфорацией кодовых комбинаций на перфоленте используется различная аппаратура. Наиболее распространенным является устройство мод. „Брест-1Т” (рис. 4.4). Оно содержит: шкаф управления, в котором размещено электронное оборудование и блоки питания; приборный стол с электрифицированной пишущей машинкой мод. „Консул-254”; перфоратор мод. ПЛ-80. Данное устройство может работать совместно с ЭВМ. В зависимости от режима работы устройство может выполнять следующие операции: 1) наносить буквенно-цифровую информацию в виде отверстий на перфоленту с помощью клавиатуры пишущей машинки с одновременной печатью записываемой информации на бланке (режим подготовки данных); 2) изготовлять дубликат перфоленты (режим сравнения); 3) контролировать информацию на перфоленте сравнением с информацией, набираемой на клавиатуре пишущей машинки (режим сравнения с клавиатурой); 4) сравнивать две перфоленты с реперфорацией третьей перфоленты (режим сравнения с реперфорацией); 5) распечатать на бланке информацию, содержащуюся на перфоленте (режим распечатки); 6) сравнивать две перфоленты с реперфорацией третьей и с распечаткой информации с перфоленты на бланк (режим сравнения с распечаткой).

Максимальная скорость обработки информации в режимах работы с пишущей машинкой составляет 10 символов в секунду. Максимальная скорость обработки информации в режимах сравнения, реперфорации и сравнения с реперфорацией составляет 50 строк в секунду.

Комплекс мод. АПСР 1200, предназначенный для подготовки и контроля программ, содержит дисплей, на который выводится буквенно-цифровая информация в целях ее корректировки.

4.9. КОНТРОЛЬ И ИСПРАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Все ошибки на перфоленте по источнику их возникновения подразделяются на три группы: 1) ошибки программиста; 2) ошибки оператора, работающего на перфораторе; 3) сбои перфоратора. Сбои перфоратора обнаруживаются автоматически. Ошибка, замеченная оператором при перфорации, исправляется сразу путем возврата перфоленты на шаг в обратном направлении, пробивки в ошибочной строке символа *DEL* (забой) и нанесения правильной информации в следующей строке. Если ошибка оператором не замечена, то она определяется путем сравнения распечатки кадров на бумаге с текстом УП, написанный программистом. Исправление перфоленты осуществляют заклеиванием отверстий в ошибочной строке и пробивкой нового символа руч-

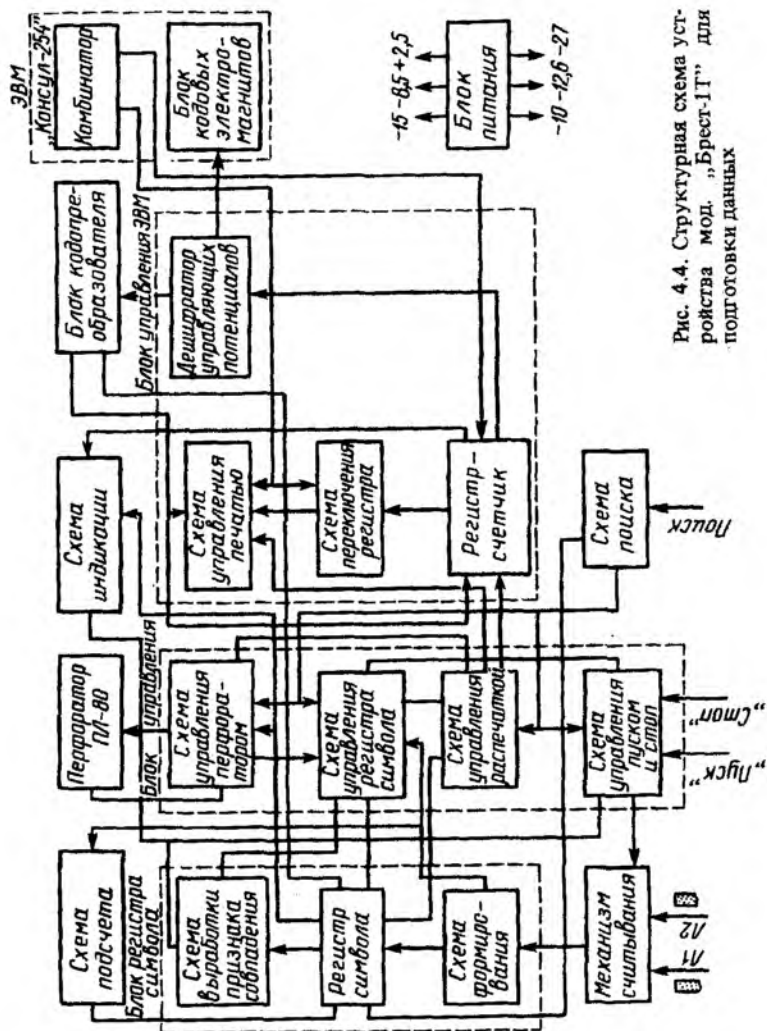


Рис. 4.4. Структурная схема устройства мод. „Брест-IT” для подготовки данных

Управление работой ЭВМ при подготовке информации для УП осуществляется специальной программой, называемой процессором. Результат расчетов, получаемый на выходе процессора, содержит в общем виде всю информацию о работе станка. Этот результат для контроля выводится на печать. Переработка этого промежуточного результата в кадры УП осуществляют постпроцессоры, являющиеся специальными вычислительными программами. САП всегда содержит несколько постпроцессоров, так как каждый из них может формировать перфоленту только для данного станка с ЧПУ. Кроме перфоленты постпроцессор готовит ее распечатку; карту настройки станка (с указанием применяемых инструментов и корректоров на пульте УЧПУ); характеристики, необходимые для оценки качества и эффективности технологического процесса.

Контрольные вопросы

1. Что вы знаете о подготовке информации для управляющих программ?
2. Что вы знаете об операционных технологических процессах?
3. Как выбираются режимы резания для станков с ЧПУ?
4. Как составляются расчетно-технологическая карта и карта наладки станка с ЧПУ?
5. Что вы знаете о кодировании и нанесении информации на программноноситель?
6. Какую вы знаете аппаратуру для подготовки управляющих программ?
7. Расскажите об автоматизации управляющих программ.

ГЛАВА 5. УЗЛЫ, ПРИВОДЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СТАНКОВ И УСТРОЙСТВ ЧПУ

5.1. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ И МЕХАНИЗМЫ СТАНКОВ С ЧПУ

Узлы, входящие в состав станков с ЧПУ, подразделяются на следующие основные группы: 1) базовые (станины, стойки, колонны, поперечины), определяющие относительное расположение остальных узлов; 2) узлы, несущие заготовку и определяющие характер ее движения в процессе обработки (стол, передняя и задняя бабки, ползун); 3) узлы, несущие инструмент и определяющие его положение относительно заготовки (суппорт, револьверная головка, бабка инструментального шпинделя); 4) приводы и системы ЧПУ.

В конструкциях современных станков применяют следующие унифицированные узлы, использование которых снижает стоимость изготовления, эксплуатации и ремонта станков: автоматические коробки скоростей; комплектные электроприводы с асинхронными электродвигателями и электродвигателями постоянного тока; механические вариаторы; электромагнитные и тормозные муфты; беззазорные редукторы; передачи винт-гайка качения; гидростатические передачи; гидропанели; инструментальные головки и блоки; резцедержатели; револьверные головки; системы подачи СОЖ; УЧПУ и др.

Органы управления станков с ЧПУ выполняют в виде электрических кнопок, переключателей, тумблеров. Обычно станок с ЧПУ оснащен двумя или тремя пультами управления: один размещен на УЧПУ; второй (оперативный) — вблизи исполнительных органов станка; третий, предназначенный для включения станка и его основных систем, может быть расположен вдали от станка.

Приводы подач станков с ЧПУ содержат зубчато-реечные, зубчато-червячные и шарико-винтовые передачи с автоматической выборкой зазоров.

5.2. БАЗОВЫЕ ДЕТАЛИ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ

Основное требование, предъявляемое к базовым деталям станков с ЧПУ, — обеспечить в течение длительного времени правильное взаимное расположение и перемещение исполнительных органов, смонтированных на них. Базовой частью станка является станина, на которую монтируют узлы, механизмы и детали. Станины бывают горизонтальные, вертикальные и наклонные. Для увеличения жесткости станин их выполняют коробчатой формы с ребрами жесткости. Станина должна обладать хорошей виброустойчивостью, обеспечивать хороший отвод стружки и СОЖ. Аналогичные требования по жесткости предъявляются к суппортам, столам, салазкам. Базовые детали изготавливают литыми (из серого чугуна) или сварными (из стали). Сварные конструкции легче литых, но уступают последним по жесткости и виброустойчивости.

Направляющие базовых деталей станков с ЧПУ: обеспечивают заданное движение исполнительных органов станка; воспринимают силы резания; характеризуются высокой износостойкостью и малой силой трения. По виду движения различают направляющие для прямолинейного и вращательного движения. По виду трения различают направляющие скольжения; качения; комбинированные (скольжения — качения); гидростатические; аэростатические. Направляющие прямолинейного движения — это обычно опоры призматической, прямоугольной или цилиндрической формы. Различают направляющие с силовым замыканием (рис. 5.1, а) и без силового замыкания (рис. 5.1, б). При малой

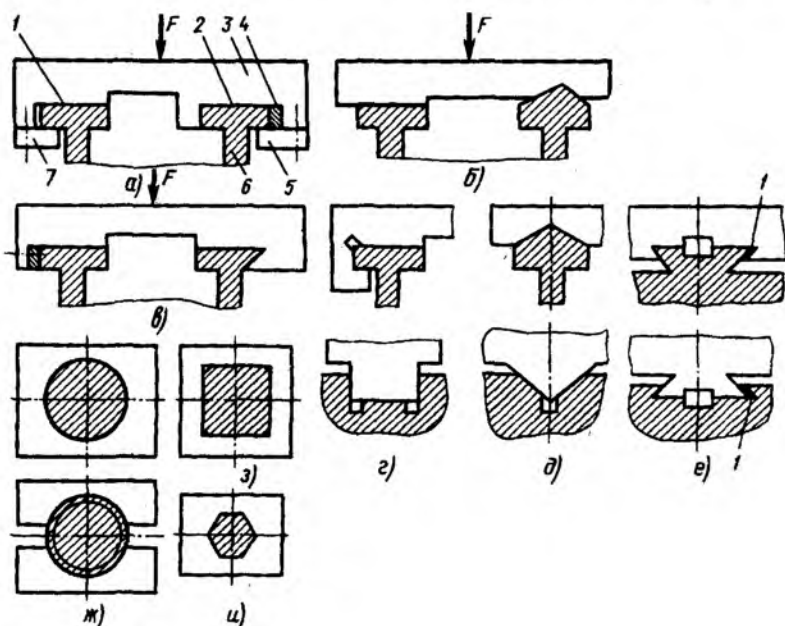


Рис. 5.1. Виды направляющих

скорости перемещения применяют охватываемые направляющие (рис. 5.1, а, б, в, ж, з, и). Эти направляющие просты в изготовлении, на них не задерживается стружка, но они плохо удерживают смазочный материал. При высокой скорости перемещения используют охватывающие направляющие (рис. 5.1, г, д, е); они хорошо удерживают смазочный материал, однако требуют защиты от стружки и грязи. Перемещаться может как охватываемая, так и охватывающая деталь.

Наиболее простую форму имеют плоские прямоугольные направляющие (рис. 5.1, а). Исполнительный орган 3 перемещается по поверхностям 1 и 2 направляющих станины 6. В вертикальном направлении перемещение исполнительного органа ограничивают планки 5 и 7. Кли́н 4

используют для регулировки зазора в горизонтальной плоскости. Плоские направляющие применяют в станинах агрегатных, тяжелых токарных и продольно-фрезерных станков, а также в консолях, стойках, поперечинах. В станках часто применяют комбинированные направляющие (рис. 5.1, б и в), в которых одна направляющая выполнена плоской, а другая призматической. Выпуклые или корытообразные направляющие (рис. 5.1, д и г) характеризуются отсутствием зазора в процессе эксплуатации и используются для перемещения столов продольно-строгальных и шлифовальных станков. Направляющие типа „ласточкин хвост” (рис. 5.1, е) отличаются компактностью и простотой регулировки с помощью клина *1*; они используются для перемещения кареток суппортов, столов и других исполнительных органов. Круглые направляющие (рис. 5.1, ж) используются для вертикального перемещения шпиндельных гильз сверлильных и фрезерных станков, суппортов токарных автоматов, а также в конструкциях промышленных роботов и автооператоров. Многогранные замкнутые направляющие (рис. 5.1, з, и) применяются для перемещения ползунов, имеющих небольшое поперечное сечение при небольшой длине хода.

В большинстве станков с ЧПУ используют направляющие качения, комбинированные (качения — скольжения) и гидростатические (в тяжелых станках).

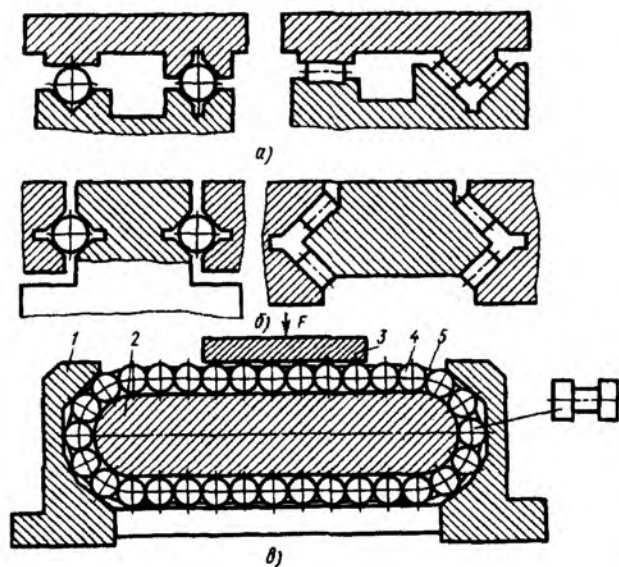


Рис. 5.2. Направляющие качения:

- а — открытые; б — закрытые; в — роликовые; 1 — опора;
2 — направляющая; 3 — исполнительный орган станка;
4 — ролики; 5 — сепаратор

Направляющие качения характеризуются высокой долговечностью и небольшим трением, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости перемещения исполнительного органа. Направляющие качения представлены на рис. 5.2. В качестве тел качения используют шарики и ролики; предварительный натяг (с помощью регулирующих устройств) увеличивает жесткость направляющих в 2–3 раза. Направляющие качения могут быть открытыми (рис. 5.2, а) и закрытыми (рис. 5.2, б). Для направляющих прямолинейного движения со значительной длиной хода исполнительного органа при скорости движения до 10 м/мин применяют роликовые опоры качения (рис. 5.2, в).

Гидростатические направляющие, применяемые в основном в тяжелых станках, создают масляную подушку по всей площади контакта, в результате чего практически исключаются сопротивление движению, износ и скачкообразность движения. Их выполняют незамкнутыми и замкнутыми.

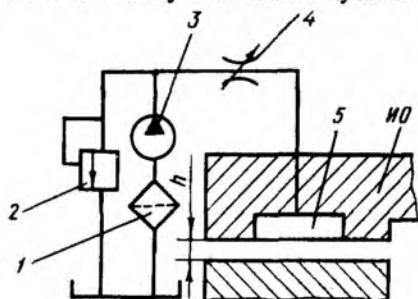


Рис. 5.3. Схема гидростатических незамкнутых направляющих

Незамкнутые гидростатические направляющие (рис. 5.3) работают так. От насоса 3 через фильтр 1 масло подается (под постоянным давлением, которое поддерживается предохранительным клапаном 2) через дроссель 4 (с постоянным сопротивлением) в камеру-карман 5, выполненную на направляющей. Из камеры масло вытесняется через зазор h . Точность движения исполнительного органа обеспечивается поддержанием относительного постоянства толщины масляного слоя при изменении нагрузки (например, путем установки дросселя перед каждой камерой и выполнения направляющих с высокой геометрической точностью).

В расточных и многоцелевых станках с ЧПУ применяются круговые замкнутые гидростатические направляющие со сдвоенным многопоточным регулятором. Такие направляющие используют также в тяжелых поворотных столах и планшайбах.

5.3. ПРИВОД ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Привод главного движения, состоящий из асинхронного электродвигателя, автоматической коробки скоростей (АКС) и шпиндельного узла (соединенных между собой клиноременными передачами), может иметь ступенчатое и бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя. При ступенчатом регулировании применяют АКС в сочетании с одно- или многоскоростным нерегулируемым электродвигателем. В АКС (рис. 5.4) пуск, торможение, реверс, регулирование скорости происходят автоматически с помощью электромагнитных муфт.

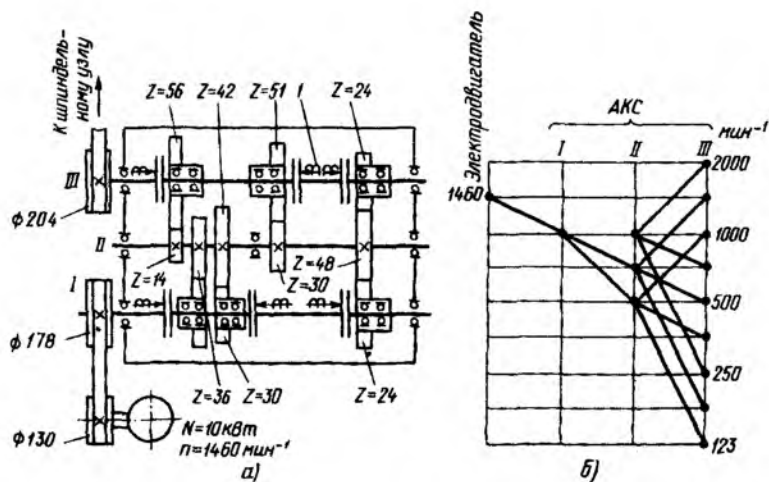


Рис. 5.4. Кинематическая схема автоматической коробки скоростей (а) и график частоты вращения шпинделя (б)

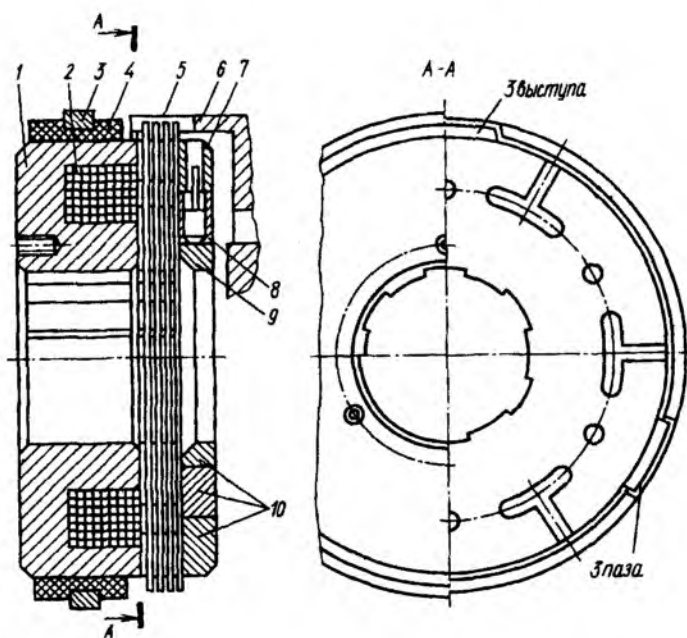


Рис. 5.5. Электромагнитная муфта серии ЭТМ

Электромагнитная муфта (рис. 5.5) состоит из корпуса 1 с катушкой 2 и токопроводящим кольцом 3, фрикционного кольца 4, якоря 10 (с внешним 7 и внутренним 8 кольцами) и бронзовой втулки 9. Внутренние диски 5 скреплены с корпусом 1, а наружные, имеющие выступы, входят в пазы обоймы 6. При подаче напряжения на катушку 2 рабочий магнитный поток замыкается по корпусу фрикционным диском. Якорь и пакет дисков при этом притягиваются к корпусу 1 и между сжатыми дисками возникает фрикционное сцепление. Крутящий момент передается по цепи: корпус — внутренние диски — наружные диски — обойма. При снятии напряжения с катушки происходит расцепление фрикционного пакета дисков и крутящий момент не передается.

Бесступенчатое регулирование частоты вращения осуществляется электродвигателями постоянного тока с тиристорным управлением; частота вращения электродвигателя изменяется бесступенчато электронным блоком управления. Такие двигатели в сочетании с двух-трехступенчатыми коробками скоростей наиболее распространены в станках с ЧПУ. Преимущества такого привода: простота конструкции и легкость управления.

Шпиндели станков с ЧПУ изготавливают точными, жесткими, с повышенной износостойкостью посадочных и базировочных поверхностей. Концы шпинделей стандартизованы. Шпиндели многоцелевых и фрезерных станков с ЧПУ имеют отверстие для установки инструмента с конусом 7/24, а шпиндели сверлильных станков — отверстия для установки инструмента с конусом Морзе. Шпиндели станков класса Н и П выполняют из стали 40Х, 45, 50; поверхность шпинделей закалывают до твердости HRC₃ 48–56. Шпиндели сложной формы изготавливают из сталей марок 40ХГР, 50Х с последующей объемной закалкой до твердости HRC₃ 56–60. Шпиндели, работающие на подшипниках жидкостного трения, выполняют, как правило, из стали 38ХВФЮА и закалывают до твердости HRC₃ 63–68.

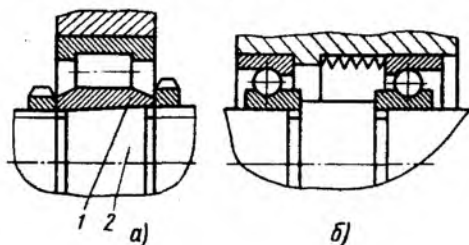


Рис. 5.6. Способы создания предварительного натяга

Наиболее часто в качестве опор шпинделей применяют подшипники качения. Для увеличения жесткости опор подшипники обычно устанавливают с предварительным натягом. В роликоподшипниках (рис. 5.6, а) с цилиндрическими роликами предварительный натяг создается путем деформирования внутреннего кольца 1 при его затяжке на кони-

ческую шейку 2 шпинделя. В радиальных шарикоподшипниках натяг обеспечивают осевым смещением внутренних колец относительно наружных (с помощью прокладок) пружин (рис. 5.6, б).

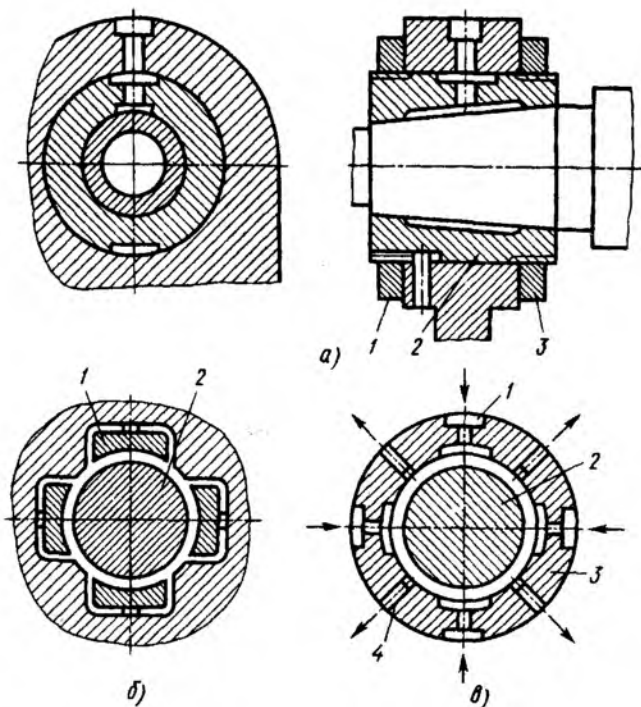


Рис. 5.7. Подшипники скольжения

Подшипники скольжения в опорах шпинделей применяют гораздо реже и только при наличии устройств, регулирующих величину зазора в осевом или радиальном направлениях. В подшипниках скольжения (рис. 5.7, а) зазор регулируют перемещением вкладыша 2, для чего ослабляют гайку 1 и подтягивают вкладыш поворотом гайки 3.

В гидростатических подшипниках несущий масляный слой образуется при вращении вала в результате прилипания масла к поверхности вкладыша и цапфы и затягивания масла в зазор между ними. Эти подшипники обеспечивают высокую жесткость и стабильность положения шпинделя. Клиновой зазор создается фасонным растачиванием рабочих поверхностей вкладышей, упругим деформированием втулок или самоустановкой вкладыша при вращении шпинделя. Четыре вкладыша 1 (рис. 5.7, б) многоклинового гидродинамического подшипника могут самоустанавливаться в направлении вращения и в осевой плоскости шпинделя 2.

В опорах прецизионных станков применяют гидростатические подшипники, обеспечивающие высокую точность вращения шпинделя благодаря созданию режима жидкостного трения при любой скорости скольжения. Масло от насоса под большим давлением подается через дросселирующее устройство в несколько карманов 1

(рис. 5.7, в), а вытесняется из них (через зазор между шейкой шпинделя 2 и подшипником 3) в отверстие 4. Для большинства конструкций оптимальным числом карманов является 4.

В прецизионных станках применяются аэростатические подшипники, в которых между шпинделем и подшипником находится тонкий слой сжатого воздуха; благодаря этому снижается износ и нагрев подшипника, обеспечивается высокая точность вращения шпинделя.

5.4. ПРИВОД ПОДАЧ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Привод подач и позиционирования обеспечивает перемещения исполнительных органов станка в требуемую позицию согласно УП. К приводу предъявляются высокие требования. Он должен иметь минимальные зазоры, высокую жесткость; обеспечивать плавность перемещения при малых скоростях и высокую скорость вспомогательных перемещений; обладать малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом его элементов, большим диапазоном регулирования. Указанные требования обеспечиваются с помощью шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения и гидростатических направляющих, беззазорных редукторов с короткими кинетическими цепями и т. д.

По структуре приводы подач делятся на разомкнутые (рис. 5.8, а и б) и замкнутые (рис. 5.8, в). Привод подач состоит из двигателя, редуктора, силовой передачи винт-гайка, датчика обратной связи и т. д. В качестве двигателей подач применяют: электрогидравлические шаговые двигатели вращательного и поступательного движения; силовые шаговые электродвигатели; высокомоментные электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами и с тиристорным управлением.

Конструктивная и структурная схемы электрогидравлического шагового двигателя вращательного движения, применяемого в механизмах подач станков с разомкнутыми системами ЧПУ (см. рис. 5.8, а), представлены на рис. 5.9. В электрогидравлических шаговых двигателях используют шаговые электродвигатели (ШД) (рис. 5.10). На статоре 1 расположены три пары полюсов 3 с тремя фазовыми обмотками ($I\phi$; $II\phi$; $III\phi$). При подаче питания в одну из обмоток (например, $I\phi$) между соответствующими полюсами возникает магнитное поле. В том случае, если ось $O_2 - O_2$ полюсов ротора 2 не совпадает с осью $O_1 - O_1$ полюсов статора, на ротор начинают действовать тангенциальные силы F_t , поворачивающие ротор до тех пор, пока оси $O_1 - O_1$ не совпадут. Если снять питание с обмотки $I\phi$ и подать ток в обмотки $II\phi$, то ротор 2 повернется в положение, показанное пунктирными линиями. Таким образом, при последовательной подаче напряжения в обмотки $I\phi$, $II\phi$, $III\phi$ и т. д. ротор вращается в направлении часовой стрелки, а при обратном порядке подачи напряжения — против часовой стрелки.

В состав электрогидравлического шагового двигателя (схема его работы показана на рис. 5.11) входит также гидроусилитель момента,

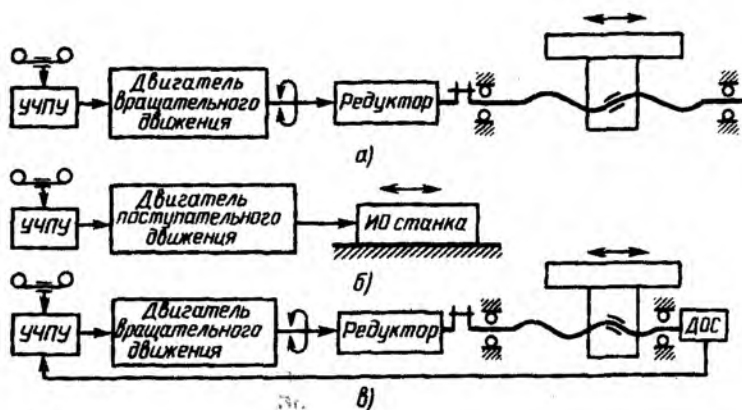


Рис. 5.8. Структурная схема привода подач с разомкнутой (а, б) и замкнутой (в) системой управления

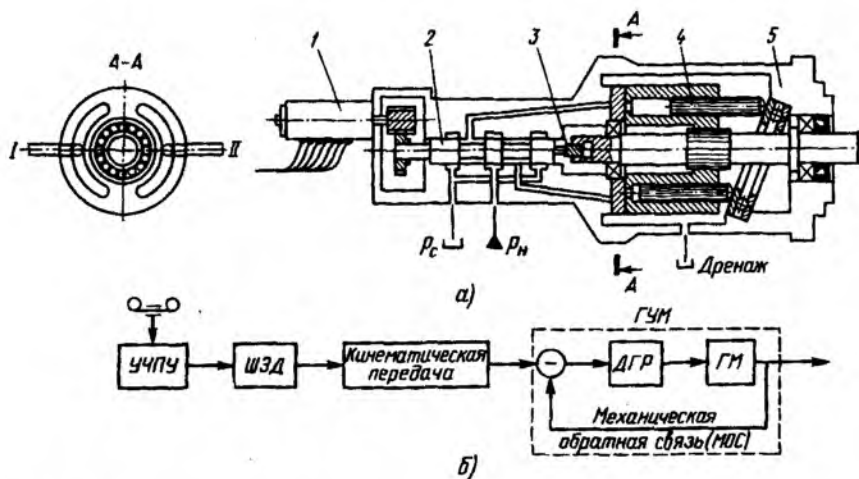


Рис. 5.9. Конструктивная (а) и структурная (б) схемы электрогидравлического шагового двигателя:

1 – ШЗД; 2 – дросселирующий гидрораспределитель (ДГР); 3 – механическая обратная связь – винт – гайка; 4 – гидромотор (ГМ); 5 – гидравлический усилитель момента (ГУМ); p_n и p_c – соответственно напорный и сливной трубопроводы

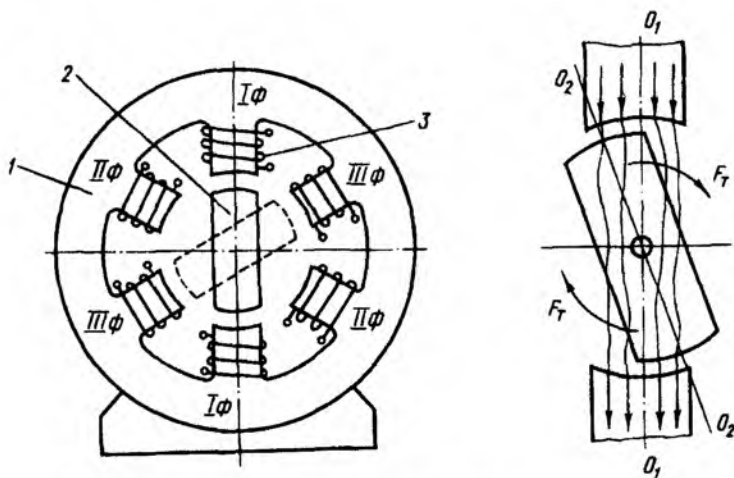


Рис. 5.10. Конструкция и принцип работы шагового электродвигателя

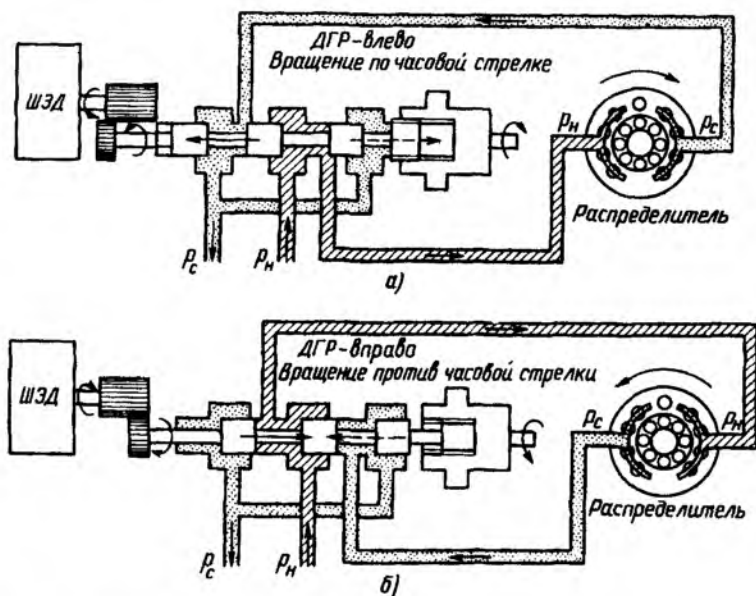


Рис. 5.11. Схема работы электрогидравлического шагового двигателя: а — при смещении ДГР влево и вращения ГМ по часовой стрелке; б — при смещении ДГР вправо и вращении ГМ против часовой стрелки; —→— движение ДГР от ШЭД; - - - - - движение ДГР от механической обратной связи при вращении вала ГМ

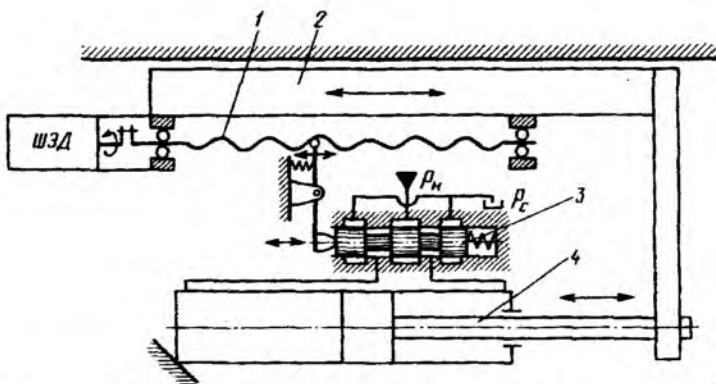


Рис. 5.12. Электрогидравлический шаговый двигатель поступательного движения:

1 — несилловая передача винт — гайка; 2 — исполнительный орган станка; 3 — ДГР; 4 — гидроцилиндр

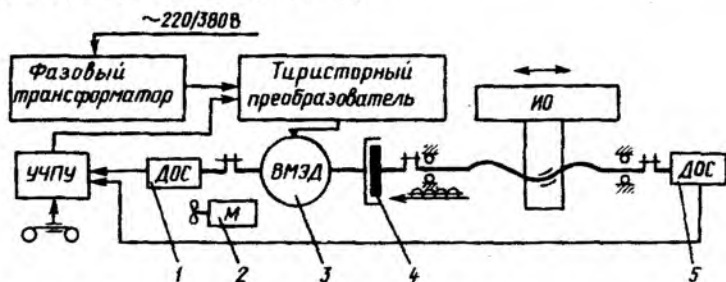


Рис. 5.13. Структурная схема привода подачи с ВМЭД:

1 — ДОС по скорости; 2 — электродвигатель охлаждения; 3 — ВМЭД; 4 — электромеханический тормоз; 5 — ДОС по положению

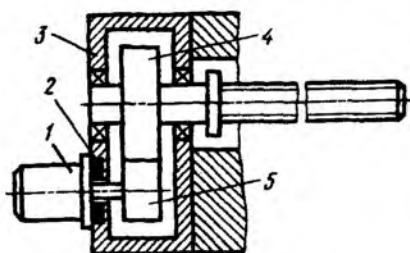
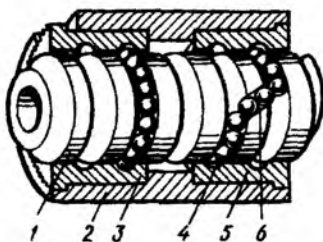


Рис. 5.14. Безззорные редукторы

Рис. 5.15. Передача винт — гайка



состоящий из аксиально-поршневого гидромотора (ГМ) с наклонным диском, дросселирующего гидрораспределителя (ДГР) и механической обратной связи. Подача жидкости под толкатели и взаимодействие их с наклонным диском приводят к появлению тангенциальных сил, что создает крутящий момент на валу.

Принцип действия электрогидравлического шагового двигателя поступательного движения (рис. 5.12) аналогичен вышерассмотренному. Эти двигатели применяют в разомкнутых системах ЧПУ. Их преимущество: отсутствие силовой передачи „винт — гайка”; возможность обеспечить любое усилие на перемещение исполнительного органа станка.

Высокомоментные электродвигатели (ВМЭД) — относительно тихоходные двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов. Эти двигатели применяются в замкнутых системах ЧПУ. Структурная схема привода подач с ВМЭД показана на рис. 5.13.

В приводе подач станков с ЧПУ применяются беззазорные редукторы, передающие вращение от двигателя к ходовому винту. В редукторе (рис. 5.14, а) посадочное отверстие двигателя 1 выполнено эксцентрично. При повороте фланца 2 в корпусе 3 изменяется межцентровое расстояние зубчатых колес 4 и 5 и регулируется зазор между ними. В редукторе (рис. 5.14, б) зазор выбирают смещением в осевом направлении (пружиной 3) косозубых колес 1 и 2 с противоположным углом наклона зубьев. Пружина может быть заменена пневматическим или гидравлическим устройствами.

Передача винт — гайка и червячно-реечные передачи, являющиеся исполнительными механизмами привода подач, широко используются в станках с ЧПУ. Передача винт — гайка имеет высокие осевую жесткость (благодаря возможности устранения зазора) и коэффициент полезного действия (0,9 — 0,95); обеспечивает высокую чувствительность передачи и плавность перемещения исполнительных органов даже на малых скоростях. Передача (рис. 5.15) состоит из винта 1, гаек 3 и 5, шариков 4. Канал 6 возврата шариков может быть выполнен в виде трубки, соединяющей последний и первый витки гайки, или в виде вкладышей. Последние вставляют в окна гайки под углом 120° друг к другу, каналы в них соединяют два соседних витка резьбы. Шарiki перекатываются из одной впадины резьбы в соседнюю через выступ резьбы винта. Создание натяга и устранение зазора в передаче осуществляют различными способами. При полукруглом профиле резьбы натяг регулируют поворотом гайки 3 относительно гайки 5 при их неизменном осевом положении. Эти гайки имеют наружные зубчатые венцы с разницей числа зубьев на единицу. На корпусе 2 выполнены венцы внутреннего зацепления.

Гидростатическая передача винт — гайка (рис. 5.16), работающая в условиях жидкостного трения, характеризуется отсутствием износа и зазоров, повышенными точностью и КПД (0,99). Однако по сравнению с передачей винт — гайка качения данная передача (состоящая из винта 10 и гайки 6) обладает меньшими жесткостью и несущей способностью вследствие наличия масляного слоя. Масло от насоса 1 через

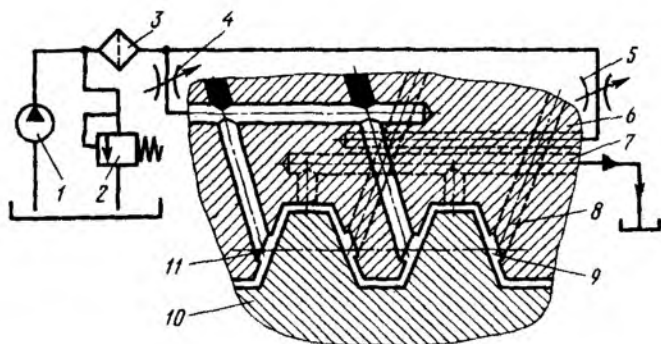


Рис. 5.16. Гидростатическая передача винт – гайка

фильтр 3, дроссели 4 и 5 постоянного давления (определяемого настройкой переливного гидроклапана 2), отверстия 10 и 8 попадает в карманы 11 и 9. Сливается масло через зазоры в резьбе и отверстие 7. Разность давлений в карманах 11 и 9 обеспечивает восприятие осевой нагрузки слоями масла.

Передачи винт–гайка применяют в приводах подач при перемещениях исполнительных органов до 3 м. При больших перемещениях используют зубчато-реечные передачи с автоматической выборкой зазоров, а также червячно-реечные передачи, обеспечивающие большую жесткость и плавность перемещения.

5.5. СИСТЕМЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ СТАНКОВ С ЧПУ

В станках с ЧПУ применяются следующие предохранительные устройства: блокировочные; ограничители хода; предохраняющие от перегрузок.

Блокировочные устройства (механические, электрические, гидравлические и их комбинация) служат для предотвращения одновременного включения нескольких механизмов, совместная работа которых недопустима. Конструкция блокировочных устройств весьма разнообразна. Например, механизм блокировки переключения блоков зубчатых колес (рис. 5.17) обеспечивает запираение одной из рукояток переключения. Для получения четырех скоростей между валами I и II имеются четыре зубчатых колеса и два блока зубчатых колес, перемещаемые на валу II вилками 1 и 3. Рукоятки 4 и 5 переключения снабжены дисками 6, которые связаны с фиксатором 2, расположенным в направляющих. При включении, например, рукоятки 4 рукоятка 5 запирается и не может быть включена.

Ограничители хода могут быть предельными и размерными. Предельные устанавливают таким образом, чтобы исполнительный орган станка не доходил до опасного конечного положения на 3–5 мм,

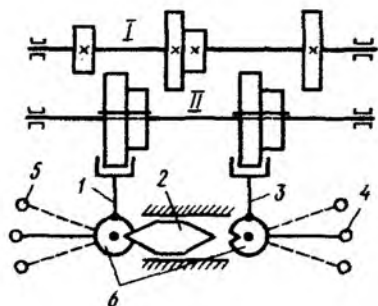


Рис. 5.17. Механизм блокировки

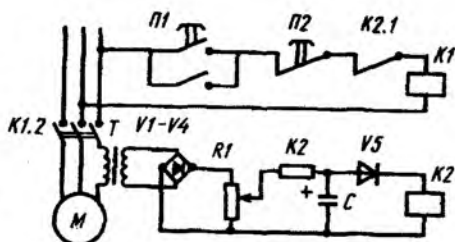


Рис. 5.18. Электросхема с токовым реле

поэтому их точность составляет $\pm(0,5 - 1)$ мм. Точность размерных ограничителей выше, так как от их работы зависит точность размеров обрабатываемой детали. Для остановки движущихся исполнительных органов в предельных положениях используют электрические путевые переключатели (механические, электромеханические, электрогидравлические).

Устройства для предохранения механизмов станка от поломок при перегрузках подразделяются на электрические, гидравлические, механические и комбинированные. Защиту от перегрузок электропроводов мощностью до 3 кВт можно, например, осуществлять электросхемой с токовым реле (рис. 5.18), в которую входят трансформатор T , диодный мост $V1-V4$, резистор $R1$ цепи выдержки времени. Цепь содержит резистор $R2$, конденсатор и диодный тиристор $V5$. При номинальном токе электродвигателя напряжение на вторичной обмотке трансформатора T должно быть 18–20 В. Напряжение на конденсаторе C ниже напряжения пробоя тиристора $V5$, последовательно включенного от реле $K2$. С увеличением тока в первичной обмотке трансформатора напряжение на конденсаторе возрастает и при достижении напряжения пробоя открывается тиристор $V5$. Последний разряжает конденсатор C через обмотку реле $K2$. Это реле контактом $K2.1$ разрывает цепь магнитного пускателя электродвигателя, и схема включается. После снятия перегрузки нажимают кнопку „Пуск” (III). Сила срабатывания регулируется резистором $R1$ в широком диапазоне. Система включается кнопкой $П2$.

В качестве механических предохранительных устройств в приводах станков используют срезные штифты и шпонки; предохранительные муфты (фрикционные, кулачковые, шариковые), падающие червяки и др.

Кулачковая, предохранительная муфта (рис. 5.19, а) работает следующим образом. Предельный крутящий момент, передаваемый с вала 5 через кулачковую муфту 3 к зубчатому колесу 4, регулируют путем сжатия пружины 2 гайкой 1. При перегрузке кулачки полу-муфт проскакивают друг относительно друга.

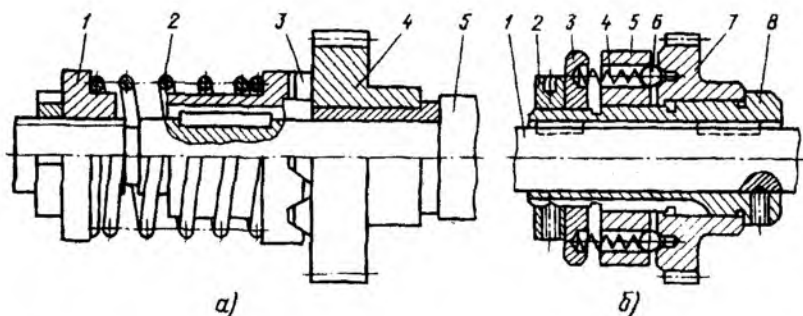


Рис. 5.19. Предохранительные муфты:
а – кулачковая; б – шариковая

Шариковая предохранительная муфта (рис. 5.19, б) передает крутящий момент от вала 1 через втулку 8, кольца 2 и 3, пружины 4 и шарики 6. Зубчатое колесо 7 сидит свободно на втулке 8. В случае перегрузки полумуфта 5 отходит влево, сжимая пружины 4. При этом связь между валом 1 и зубчатым колесом 7 разрывается, т. е. они могут свободно поворачиваться друг относительно друга.

5.6. ДАТЧИКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

ДОС как устройство обратной связи (выдающие информацию о величине фактического перемещения, положения и скорости исполнительного органа станка) входит в систему путевого контроля, включенную в измерительную схему и схему формирования выходного сигнала. Эти схемы являются устройствами согласования ДОС с основными узлами УЧПУ. ДОС подразделяют на абсолютные и циклические (рис. 5.20). В отечественных станках с ЧПУ в качестве циклических ДОС применяют преобразователи, измеряющие линейные перемещения и построенные на основе сельсинов.

С е л ь с и н – вращающийся трансформатор с воздушным зазором, у которого при вращении ротора происходит изменение величины напряжения. В сельсине поворот ротора относительно статора преобразуется в сдвиг фаз выходного и опорного напряжения.

Преобразователи на основе сельсинов являются датчиками обратной связи по углу поворота, поэтому их стыкуют непосредственно с вращающимися элементами приводов подач станков или связывают с поступательно перемещающимися исполнительными органами станка через передачу „зубчатая рейка – шестерня”. Стыковка ДОС с исполнительным органом станка представлена на рис. 5.21. К данному типу ДОС относятся вращающиеся трансформаторы, развернутые сельсины, индуктосины.

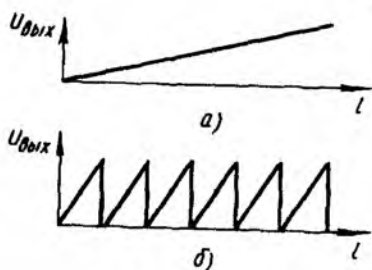


Рис. 5.20. Изменение выходного сигнала $U_{\text{вых}}$ абсолютного (а) и циклического (б) ДОС; 1 – перемещение исполнительного органа станка

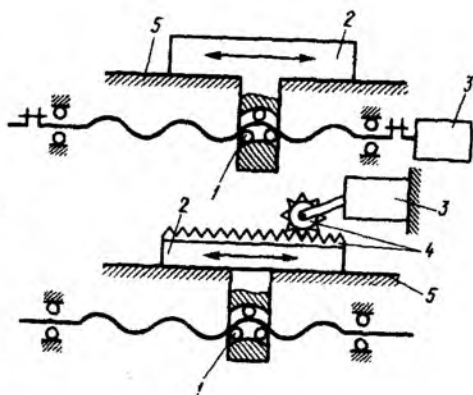


Рис. 5.21. Схема установки ДОС на сельсинах на станках с ЧПУ:

1 – силовая передача винт – гайка; 2 – исполнительный орган станка; 3 – ДОС; 4 – передача рейка – шестерня; 5 – направляющая

Схема измерительного преобразователя (на базе сельсина) линейных перемещений показана на рис. 5.22. Для повышения точности работы преобразователь снабжен кулачком 11 коррекции взаимного углового положения ротора 6 и статора 8 сельсина. Кулачок кинематически связан с шестерней 2 и подпружиненным рычагом 12, передающим поворот статору 8.

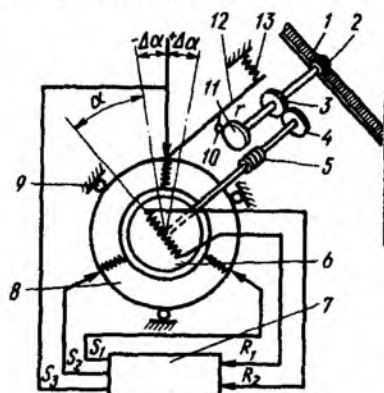


Рис. 5.22. Схема измерительного преобразователя (на базе сельсина) линейных перемещений

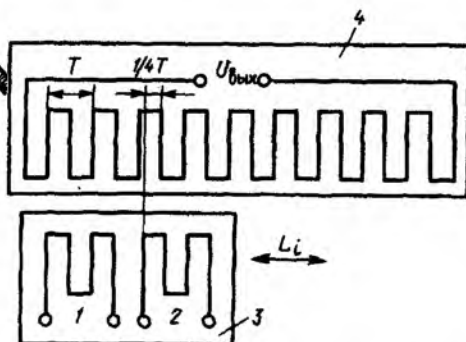


Рис. 5.23. Схема работы ДОС типа „Индуктосин“:

1, 2 – обмотки; 3 – ползунок; 4 – шкала

Для обеспечения поворота статора сельсина корпус последнего установлен в подшипник 9. Преобразователь работает следующим образом. При перемещении зубчатой рейки 1 (на контролируемую вели-

чину) поворачивается зубчатое колесо 2, вращение от которого через зубчатые колеса 3, 4 и муфту 5 передается ротору 6 сельсина. При подаче питания на обмотку статора 8 с обмотки ротора 6 сельсина снимается первичный измерительный сигнал, являющийся функцией измерительного перемещения. Этот сигнал поступает в электронный блок 7, где сигнал преобразуется в цифровой вид с требуемой точностью и дискретностью. Одновременно с вращением колеса 2 поворачивается жестко с ним связанный кулачок 11. Ролик 10 и рычаг 12, которые жестко связаны с корпусом статора 8, поворачивают на соответствующий угол $\Delta\alpha$ статор 8 сельсина. Угол коррекции ($\pm\Delta\alpha$) является величиной переменной, зависящей от угла поворота колеса 2 и кривизны рабочего профиля кулачка 11. Статор 8 поворачивается относительно ротора 6 благодаря постоянному прижиму (с помощью пружины 13) ролика 10 к кулачку 11 и посадки корпуса статора 8 в подшипниках 9. Таким образом сельсин имеет два вращательных движения: основное — измерительное вращение ротора, определяемое углом α ; 2) вспомогательное — корригирующее вращение статора, определяемое углом $\Delta\alpha$.

Использование линейных и угловых ДОС типа „Индуктосин” обеспечивает минимальную величину дискретности. Эти ДОС работают в амплитудном режиме и являются цикловыми аналоговыми датчиками. На отечественных станках с ЧПУ применяют линейные ДОС типа „Индуктосин” (рис. 5.23), в состав которого входят линейка (имеющая длину, несколько превышающую измеряемую величину), набранная из отдельных шкал длиной до 250 мм, и ползунок, перемещающийся относительно линейки.

Наибольшее распространение в станках с ЧПУ имеют фотоэлектрические ДОС (рис. 5.24), которые бывают круговыми и линейными. Круговой ДОС состоит из диска 2 (с прорезями 3), который, как правило, устанавливают на конце ходового винта 6 привода подачи станка. С одной стороны диска располагают источник света 5, с другой — фотодиод 4. При нахождении прорези около фотодиода при вращении диска фотодиод засвечивается, формируя в электрической цепи дискретный импульс. Число импульсов характеризует фактическую величину перемещения исполнительного органа 1 станка.

На рис. 5.25 представлена конструкция другого кругового ДОС. Его оптическая схема аналогична рассмотренной. В нее входят источники 6 света, объектив 7 (создающий параллельный пучок), две призмы 8, объектив 3, направляющий световой поток на фоточувствительный элемент 4. На поверхность А стеклянного диска 2 нанесен непрозрачный слой серебра, на котором выполнено 2160 рисок. На металлическом диске 5 на диаметрально противоположных сторонах установлены две стеклянные пластины 9, на поверхности Б которых нанесен такой же слой серебра. В диске 5 прорезаны риски с тем же шагом, что и риски на диске 2, установленном на конце винта 1 привода подачи.

Схема линейного фотоэлектрического импульсного ДОС показана на рис. 5.26. Стеклянная линейка 1 (рис. 5.26, а) датчика крепится вдоль направляющих стола (или суппорта) на станине станка. На ли-

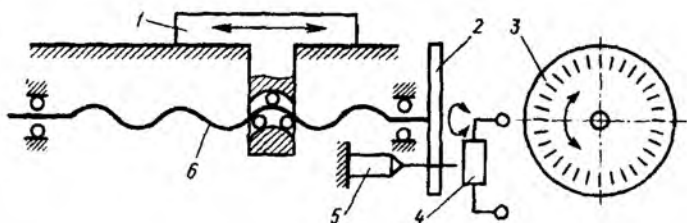


Рис. 5.24. Схема кругового фотоэлектрического ДОС

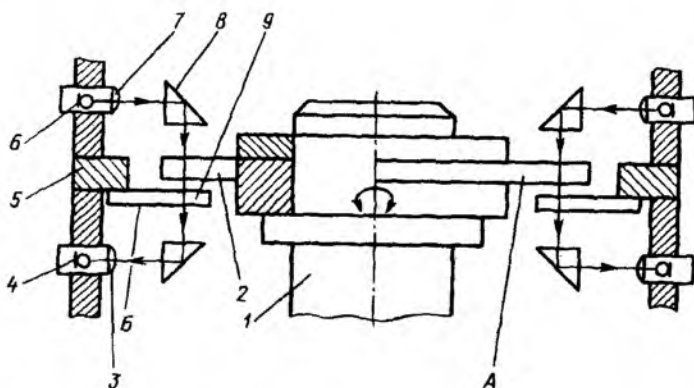


Рис. 5.25. Схема кругового оптического фотоэлектрического ДОС

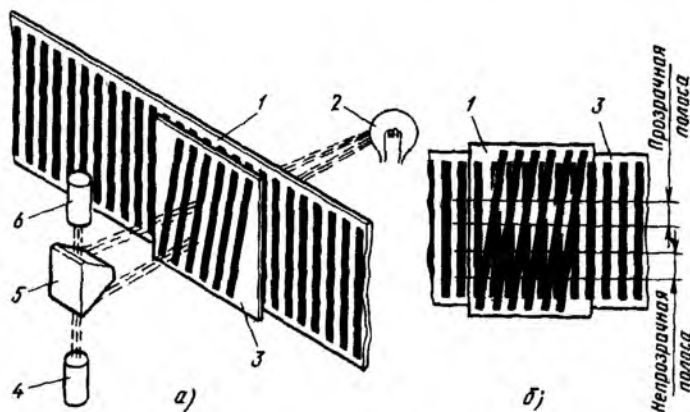


Рис. 5.26. Схема линейного фотоэлектрического импульсного ДОС

нейке нанесены непрозрачные штрихи с шагом, равным величине дискретности системы ЧПУ. На столе станка установлена каретка с движком 3, фотодиодами 4, 6 и источником света 2. Движок 3 выполнен в виде короткой линейки со штрихами, расположенными наклонно. При перемещении стола с движком относительно линейки 1 в просвете движка и линейки появляются широкие непрозрачные муаровые полосы (рис. 5.26, б), перемещающиеся в вертикальном направлении и воспринимаемые фотодиодами. Каждая из полос соответствует импульсу, который оценивается, как шаг между штрихами линейки 1. Сигналы с диодов 4 и 6, освещаемых через отражатель 5, различны по времени. Этот сдвиг фаз сигналов используется для определения направления перемещения стола.

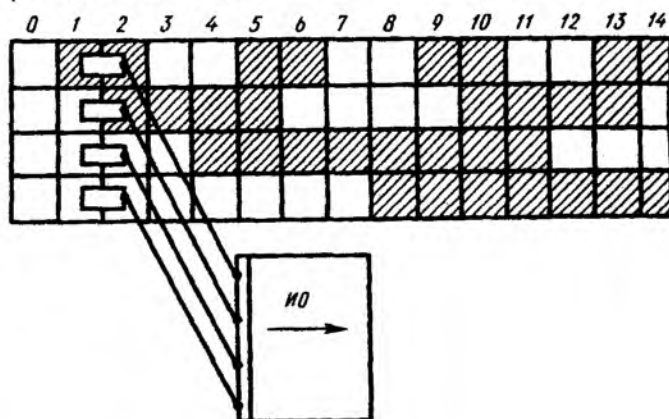


Рис. 5.27. Кодовый ДОС

В станках с ЧПУ используются также кодовые ДОС (рис. 5.27), преобразующие (с помощью кодовых линеек со шкалой) координаты исполнительных органов в сигналы, соответствующие числам в двоичном коде. Эту линейку располагают на станке параллельно направлению движения исполнительного органа. Сигналы с линеек снимаются электрическими щетками, установленными на подвижном исполнительном органе станка. Кодовая шкала составлена из металлических и неметаллических (изолирующих) участков (заштрихованные и незаштрихованные квадраты). Первые обеспечивают электрический контакт со щетками датчика, вторые не дают такого контакта. При движении исполнительного органа щетки последовательно проходят участки, считывая с линейки различные комбинации. Если щетка контактирует с металлическим участком, то по линии обратной связи в схему совпадения подается соответствующий сигнал. Когда комбинация сигналов с ДОС соответствует комбинации сигналов, заданных в УП, схема совпадения подает команду на прекращение подачи. Систему настраивают так, что несколько раньше фактического выхода исполнительного органа в заданную

позицию скорость его движения переключается на замедленную. Окончательный вывод исполнительного органа на заданную координату на медленной скорости производится с контролем от другого, более чувствительного датчика. Этим снижается влияние инерционных нагрузок и достигается высокая точность позиционирования.

5.7. ОСНОВНЫЕ БЛОКИ И УЗЛЫ УЧПУ

В состав УЧПУ входят следующие основные блоки: задания; вычислительный; команд; преобразования; сравнения. Блок задания состоит из считывающего устройства, промежуточной (буферной) памяти, дешифрирующих устройств и контролирующих устройств.

Считывающее устройство (СУ) обеспечивает покадровое или непрерывное движение ленты относительно считывающих элементов, а также воспроизведение информации, записанной на программноносителе в кодированном виде, и ее преобразование в электрические сигналы. В устройствах считывания с перфоленты заложены следующие способы считывания.

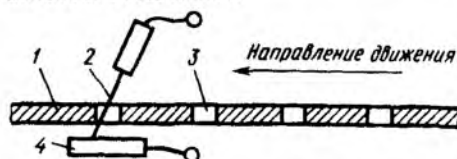


Рис. 5.28. Схема контактного электро-механического способа считывания информации

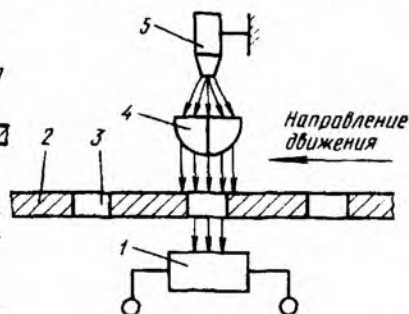


Рис. 5.29. Схема фотоэлектрического способа считывания информации

Электро-механический контактный способ (рис. 5.28) основан на использовании металлических щеток 2. В момент прохождения отверстия 3 перфоленты 1 под щеткой происходит замыкание контакта 4 электрической цепи. Этот способ характеризуется большим износом программноносителя и в новых системах ЧПУ не применяется.

Фотоэлектрический способ считывания (рис. 5.29) основан на изменении проводимости фотозузелов (фотодиодов) 1 в момент попадания на них луча, поступающего через фокусирующую линзу 4 от осветителя 5 через отверстие 3 в перфоленте 2. Фотоэлектрические считывающие устройства могут считывать от 300 до 1500 строк/с и более. Перемещение перфоленты осуществляется фрикционными валиками, вращающимися от асинхронного двигателя. Отверстия в синхронодорожке при этом способе считывания используются для формирования синхронизирующих сигналов, определяющих прохождение отдельных строк перфоленты. Фотоэлектрический способ считывания используется в УЧПУ моделей Н22-1М, размер 2М, Н33-2М и др.

Считывание кодированной информации с магнитной ленты осуществляется магнитной головкой (рис. 5.30), состоящей из магнитопр-

вода 1, на котором выполнена обмотка 2. При движении магнитной ленты 4 относительно зазора 3 кольцевого сердечника часть магнитного потока элементарных магнитных частиц ленты замыкается через сердечник, наводя на обмотке 2 ЭДС. Движение магнитной ленты относительно считывающей магнитной головки осуществляется лентопротяжным механизмом, конструкция которого аналогична используемой при фотоэлектрическом способе.

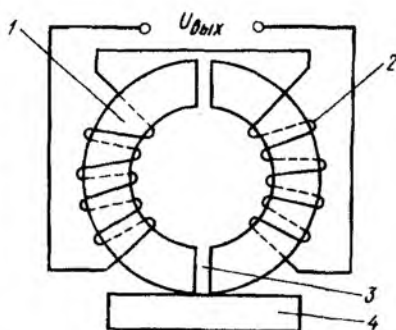


Рис. 5.30. Магнитная головка

При воспроизведении информации с магнитной ленты или с перфоленты используют СУ с последовательным поочередным считыванием всего кадра. Лентопротяжный механизм работает в стартстопном режиме. Ввод информации, т. е. движение ленты и считывание с нее данных, осуществляется до момента прихода адреса „Конец кадра”; при этом движение ленты прекращается и станок с ЧПУ начинает обрабатывать введенную информацию.

Промежуточная (буферная) память — это устройство запоминания информации, считанной с последующего по порядку кадра, во время отработки УЧПУ предыдущего кадра. Необходимость такого блока возникает при частой смене кадров и недопустимости остановки режущего инструмента при отходе контура. Буферная память сокращает машинное время обработки.

Дешифрирующие устройства служат для преобразования управляющей кодированной информации программносителя в управляющие сигналы, строго соответствующие коду, принятому в логических блоках УЧПУ. Дешифрирующие устройства выполнены на диодных сетках или матрицах, где контакты реле заменены полупроводниковыми элементами, обладающими большой надежностью и быстродействием.

Распределительные устройства распределяют последовательно считываемую с программносителя информацию по соответствующим блокам системы управления.

Контролирующие устройства предназначены для выявления ошибок при вводе информации. В них заложены различные методы логического контроля, основанные на избыточности вводимой информации. Наиболее распространен способ контроля четности числа пробитов в строке.

Вычислительный блок (ВБ) — один из наиболее важных узлов УЧПУ — предназначен для расчета различных прямолинейных и криволинейных контуров. Этот блок также выполняет ряд сложных технологических задач: многокоординатную обработку; автоматическое

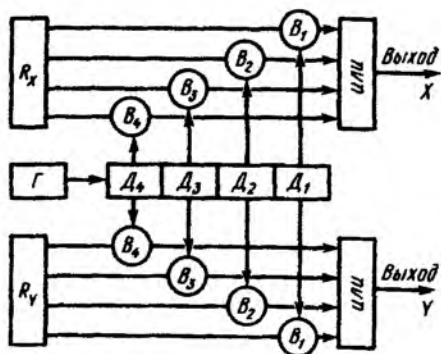


Рис. 5.31. Схема интерполятора на двоичных умножителях

в первом выходе делителя D_1 появляется в два раза меньше импульсов, чем поступающих на его вход, на D_2 — в четыре раза меньше, на D_3 — в восемь и на D_4 — в шестнадцать. Таким образом, при полном заполнении делителя 16 импульсами (с учетом импульса переполнения) на выходе D_4 появится всего один импульс, на D_3 — два, на D_2 — четыре, D_1 — восемь. В зависимости от того, какие вентили $B_1 - B_4$ будут открыты, на выходы координат x и y поступит соответствующее число импульсов. Вентили $B_1 - B_4$ управляют регистрами R_x и R_y , в которые входят числа, соответствующие приращению координат. Количество двоичных разрядов в делителе D определяет максимальный размер, который можно обработать в данной системе с одного кадра.

Блок команд принимает с программноносителя и передает в систему различные команды цикловой автоматики. К ним относятся команды на смену инструмента, включение и выключение оборотов шпинделя, включение подачи и другие команды, кодируемые в кадре под адресом M . Вся эта информация с блока задания, минуя ВБ, попадает непосредственно в блок команд.

Блок преобразования преобразует информацию, представленную в одном виде, в другой вид задания этой же информации. В УЧПУ вся информация может быть представлена в цифровом (дискретном) или аналоговом (непрерывном) виде. Оперирование информацией в УЧПУ осуществляется как в цифровых, так и в аналоговых сигналах.

Блок сравнения сравнивает сигнал, поступающий с блока задания и отражающий заданную величину, с сигналом, поступающим с ДОС и отражающим фактическую величину. После сравнения блок вырабатывает результирующий сигнал, абсолютная величина которого равна алгебраической сумме двух указанных сигналов.

выполнение вспомогательных функций; технологические циклы; смещение нуля; коррекцию режима обработки и положения инструментов с пульта УЧПУ и т. д.

Основным устройством ВБ является интерpolator. Например, линейный интерpolator (рис. 5.31) обеспечивает перемещение исполнительных органов станка между двумя опорными точками по прямой линии. Импульсы с генератора G поступают на двоичный счетчик D импульсов, работающий как делитель частоты. На пер-

5.8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНКОВ С ЧПУ

К ним относятся устройства смены инструмента, уборки стружки, смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т. д. Для уборки стружки используют винтовые конвейеры, магнитные сепараторы и т. д. Для сокращения потерь времени при загрузке применяют приспособления, позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь во время обработки другой заготовки (столы с двумя рабочими позициями, маятниковые столы и др.). К устройствам автоматической смены инструмента относятся магазины, автооператоры, револьверные головки.

Контрольные вопросы

1. Какие основные узлы и механизмы у станков с ЧПУ?
2. Какие виды направляющих вы знаете?
3. Какие бывают приводы станков с ЧПУ?
4. Расскажите о принципе действия электрогидравлического шагового привода.
5. Расскажите о принципе действия высокомоментного электродвигателя с тиристорным управлением.
6. Расскажите о принципе действия шариковой передачи винт – гайка.
7. Какие системы предохранительных устройств вы знаете?
8. Какие существуют датчики обратной связи?
9. Какие основные блоки и узлы УЧПУ вы знаете?
10. Что вам известно о считывающих устройствах ЧПУ?
11. Какие вспомогательные механизмы у станков с ЧПУ?

ГЛАВА 6. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

6.1. ТИПАЖ И КОНСТРУКЦИИ СТАНКОВ

Токарные станки с ЧПУ служат для обработки заготовок типа тел вращения, имеющих сложные криволинейные поверхности и сложный контур. Технологические возможности этих станков в основном определяются их конструкцией, классом точности, технологической характеристикой системы ЧПУ. Токарные станки подразделяются на универсальные (с горизонтальными направляющими) и специализированные, как правило, с вертикальными (рис. 6.1) или наклонными направляющими. Токарные станки с ЧПУ бывают: с ручной сменой инструмента; с автоматическим поворотным резцедержателем или револьверной головкой; с автоматической сменой инструмента из инструментального магазина. По технологическому назначению токарные станки с ЧПУ делятся на восемь групп (рис. 6.2).

Токарные станки с ЧПУ оснащены револьверными головками или магазинами инструментов. Головки бывают четырех-, шести- и двенадцатипозиционные. На каждой позиции можно устанавливать по два инструмента для наружной и внутренней обработки заготовки. Ось вращения головки может располагаться параллельно оси шпинделя, перпендикулярно (см. рис. 6.1) и наклонно. При наличии на станке двух револьверных головок в одной из них 1 устанавливают инструменты для наружной обработки, в другой 2 — для внутренней. Головки могут располагаться соосно или иметь разное расположение осей. В пазы револьверных головок устанавливают взаимозаменяемые инструментальные блоки, настраиваемые на размер вне станка на специальных приборах.

6.2. ТОКАРНЫЙ СТАНОК МОД. 16K20Ф3

Этот наиболее распространенный токарный станок с ЧПУ предназначен для обработки наружных цилиндрических поверхностей (со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности) и нарезания резьбы в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. УП записывают на перфоленту в одном из стандартных кодов. Класс точности станка П. УЧПУ станка обеспечивает перемещение суппорта по двум координатам, автоматическое переключение скоростей шпинделя, индексацию инструментальной головки в любой из шести позиций, а также выполнение вспомогательных команд.

Техническая характеристика станка мод. 16K20Ф3

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
при установке над станиной	400
при установке над суппортом	220
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм .	1000
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
продольное	900
поперечное	250

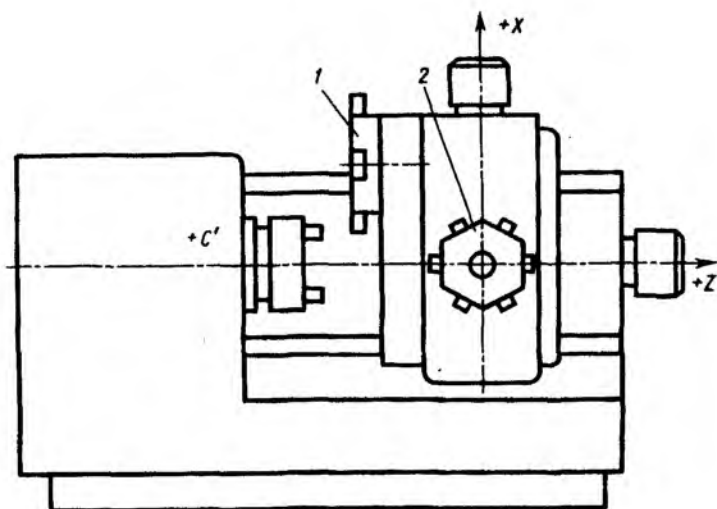


Рис. 6.1. Токарный станок с ЧПУ вертикальной компоновки

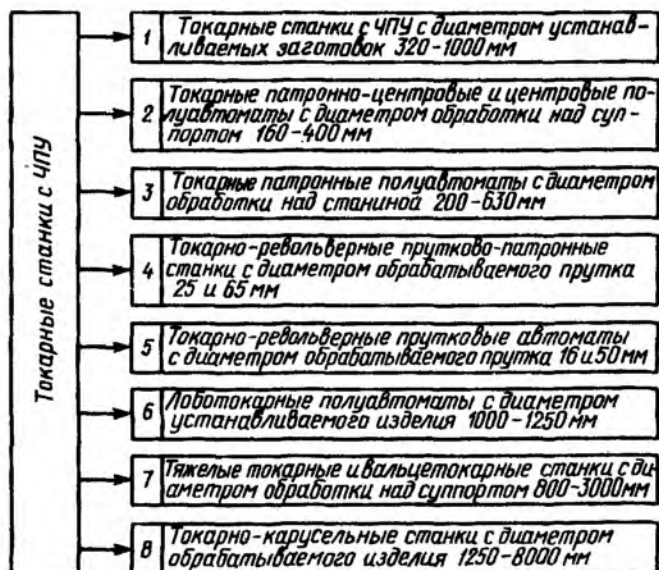


Рис. 6.2. Токарные станки с ЧПУ

Число инструментов в резцедержателе	6
Число ступеней частоты вращения шпинделя:	
общее	22
программируемое	9
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 2000
Подача, мм/мин:	
продольная	3 – 1200
поперечная	1,5 – 600
Дискретность отсчета по осям координат, мм:	
продольной	0,01
поперечной	0,005
Скорость быстрых перемещений, мм/мин:	
продольных	4800
поперечных	2400
Шаг нарезаемых резьб, мм	0,1 – 10
Мощность главного привода, кВт	10
Габарит (длина×ширина×высота)	3360×1710×1750
Масса станка, кг	400

Станок оснащается УЧПУ моделей „Контур 2ПТ-71” (станок мод. 16К20ФЗС1), „Электроника НЦ-31” (станок мод. 16К20Т1) и др.

Основными узлами станка мод. 16К20ФЗ (рис. 6.3) являются: основание 15; шпиндельная бабка 14; станина 12; суппорт с кареткой 8; поворотный резцедержатель 7 и задняя бабка 4.

Основанием станка является монолитная отливка, на которой расположена станина. Внутри основания размещаются: электродвигатель привода главного движения; стружкосборник; насос охлаждения и емкость для СОЖ.

По направляющим станины (коробчатой формы с поперечными ребрами П-образного профиля) перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. В правой части станины крепится привод 2 продольной подачи.

В передней бабке, закрепленной на левом конце станины, находится коробка скоростей. Шпиндель, на который устанавливают патрон 13, смонтирован в двух конических роликоподшипниках. В передней бабке также смонтирован датчик резбонарезания.

На поворотном резцедержателе с горизонтальной осью вращения, размещенном на поперечном суппорте, смонтирована съемная инструментальная головка. На последней можно одновременно установить шесть резцов-вставок или три инструментальных блока. Поворот резцедержателя осуществляется по программе или по команде от пульта 17 станка. Поворот и зажим резцедержателя при наладке станка осуществляют вручную.

Задняя бабка, служащая для поддержания обрабатываемой заготовки в центрах, имеет пневматическое устройство, облегчающее перемещение бабки по направляющим станины и предотвращающее износ направляющих.

Приводы поперечной и продольной подач включают в себя шаговые двигатели с гидроусилителями моментов, одноступенчатые редукторы, шариковые передачи винт – гайка с винтами 9 и 6. Предусмотрена возможность установки датчиков обратной связи.

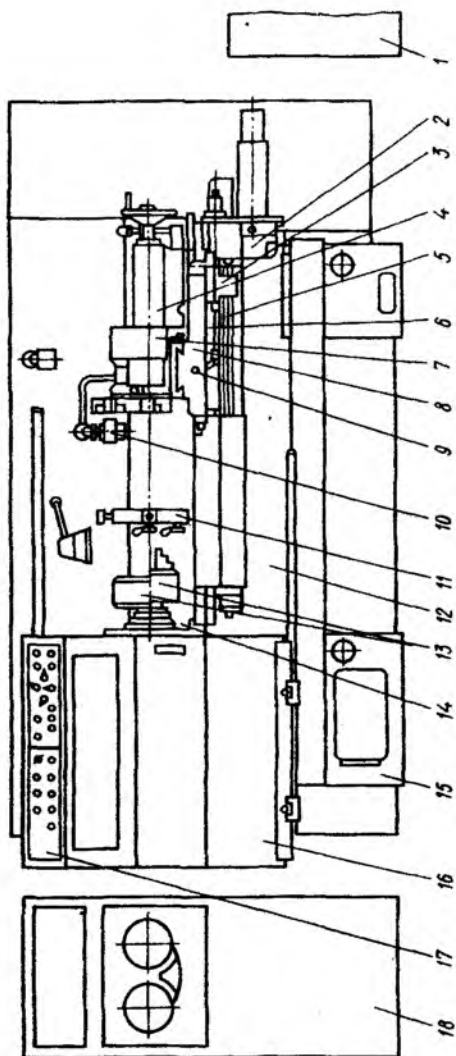


Рис. 6.3. Общий вид токарного станка с ЧПУ мод. 16К20Ф3

Станок оснащен подвижным и неподвижным ограждениями. Подвижное ограждение 16 снабжено прозрачным экраном, предохраняющим оператора от попадания стружки и позволяющим наблюдать за процессом резания.

Для обработки длинных заготовок используют люнет 11. Подвод СОЖ в зону резания (через устройство 10) производится по команде с пульта УЧПУ или с пульта станка. Настройка нулевого положения производится в узле 5 с использованием путевого переключателя 3.

Гидропривод станка состоит из гидростанции 1, гидроусилителя моментов продольного хода каретки, гидроусилителя моментов поперечного хода суппорта и магистральных трубопроводов, соединяющих между собой гидравлические узлы и аппаратуру.

УЧПУ смонтировано в отдельном шкафу 18.

6.3. ТОКАРНЫЙ СТАНОК МОД. 16K20T1

По конструкции этот станок аналогичен станку мод. 16K20Ф3, но оснащен двухкоординатным контурным оперативным УЧПУ мод. „Электроника НЦ-31“, обеспечивающим линейно-круговую интерполяцию. Перемещения исполнительных органов обрабатываются как в абсолютной, так и в относительной системах координат. Дискретность УЧПУ составляет 0,01 мм/имп по оси Z и 0,005 мм/имп по оси X. Подача 0,01–20,47 мм/об; скорость быстрых перемещений 5 м/мин (по оси X) и 7,5 м/мин (по оси Z).

УЧПУ мод. „Электроника НЦ-31“ обеспечивает ввод и редактирование УП с помощью клавиатуры пульта оператора, а также хранение УП в оперативной памяти и долговременное хранение УП во внешней памяти. Последняя выполнена в виде кассеты внешней памяти (КВП), предназначенной для хранения программ вне станка. Любая набранная на пульте УП может быть при необходимости записана на КВП. Для отработки на станке УП, хранящейся в КВП, необходимо предварительно занести эту УП в оперативную память УЧПУ.

Оперативная память устройства делится на шесть зон, которые нумеруются цифрами от 0 до 5. В каждую зону может быть одновременно введена только одна УП, содержащая не более 250 кадров. Таким образом, в оперативной памяти одновременно может храниться шесть УП. Станок при этом может выполнять только ту программу, которая в данный момент находится в нулевой зоне. Для отработки другой программы, находящейся в оперативной памяти УЧПУ, необходимо эту программу предварительно переместить в нулевую зону.

На рис. 6.4 представлен пульт оператора, расположенный на фартуке станка. На пульте имеются клавиши с соответствующими символами, индикаторы и сигнальные лампочки, объединенные в функциональные группы (очерчены пунктирными рамками).

При наборе кадров УП употребляются следующие адреса команд: № – номер кадра; X – поперечное перемещение резца; Z – продольное перемещение резца; P – дополнительные геометрические параметры;

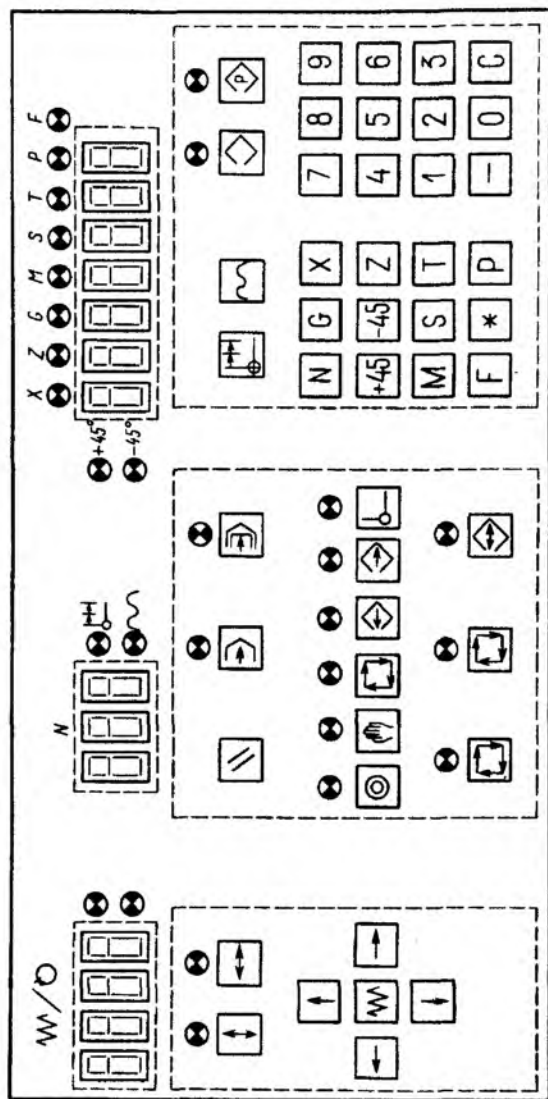







Рис. 6.4. Пульт оператора станка мод. 16K20T1

S – частота вращения шпинделя; T – команда на выбор позиции поворотного резцедержателя; F – подача или шаг резьбы; G – подготовительная функция; M – вспомогательная функция.

Настройка станка и ввод программы осуществляются в следующем порядке. Прежде всего выполняется размерная привязка каждого инструмента к системе координат станка. Эта процедура осуществляется методом пробных рабочих ходов с обработкой цилиндрических поверхностей (ось X) и торцов (ось Z) с последующим измерением фактически полученных размеров, которые затем учитываются при вводе в память УЧПУ координат исходных точек движения инструментов. Ввод координат исходных точек по адресам X и Z в память системы осуществляется с использованием клавиш 5 и 8 (табл. 6.1).

6.1. Смысловые значения некоторых символов на пульте оператора станка мод. 16K20T1

№ символа (клавиши)	Изображение символа на клавише	Значение символа
1		Задание признака вхождения кадра в группу кадров с одинаковым режимом работы УЧПУ в соответствии с командой по адресу G , заданной в первом кадре данной группы
2		Задание признака снятия фасок под углом 45°
3		Задание относительной системы отсчета координат
4		Задание признака ускоренного перемещения
5		Включение режима размерной привязки инструмента (задание координат исходной точки)

№ символа (кла- виши)	Изображение символа на клавише	Значение символа
6		Задание режима ввода (запоминание) кадров УП
7		Разрешение на ввод в память новой информации (деблокировка памяти)
8		Ввод в память УЧПУ кадров УП

Далее на пульте оператора (см. рис. 6.4) набирается программа, предварительно составленная технологом-программистом на специальном бланке. Режим ввода программы устанавливается нажатием клавиши 6 (см. табл. 6.1). Затем нажимается клавиша 7 деблокировки памяти и набираются кадры программы. После набора каждого кадра нажимается клавиша 8, в результате чего кадры последовательно вводятся в память УЧПУ. Последним вводится кадр с командой *M30*, означающей „Конец программы”.

Схема разработки УП для обработки ступенчатого валика приведена на рис. 6.5. Технологический процесс обработки состоит из следующих переходов: 1) точить по поверхности $\phi 75$ мм на длине 100 мм ($t = 2,5$ мм, $S = 0,3$ мм/об; $n = 500$ об/мин; прямое вращение шпинделя); 2) точить поверхность $\phi 70$ мм на длине 50 мм ($t = 2,5$ мм; $S = 0,3$ мм/об; $n = 500$ об/мин; прямое вращение шпинделя).

Координаты нулевой точки: $z = 5$ мм; $x = 0$. Координаты исходной точки инструмента относительно нулевой точки: $x_0 = 150$ мм; $z_0 = 120$ мм.

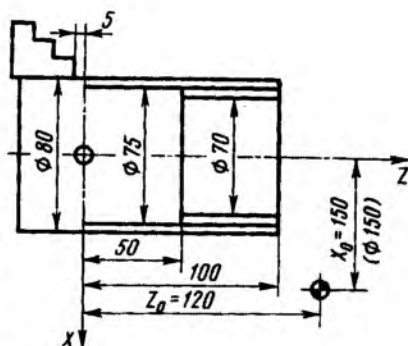


Рис. 6.5. Схема наладки станка мод. 16K20T1 на обработку ступенчатого валика

УП для обработки валика будет задана следующим набором кадров:

- № 000 M3 — задано прямое вращение шпинделя;
- № 001 M39 — задана средняя частота вращения шпинделя;
- № 002 S5 — задан 5-й номер частоты вращения шпинделя ($n = 500$ об/мин);
- № 003 F30 — задана рабочая подача 0,3 мм/об;
- № 004 T1 — задан номер инструмента (резец для чернового точения);
- № 005 Z10100 ~ — подвод резца на ускоренном ходу в точку 101 мм по длине, т. е. за 1 мм до детали. Этот миллиметр дается для того, чтобы, подходя на быстром ходу по оси X, резец не задевал заготовку;
- № 006 X7500 — подвод резца на ускоренном ходу в точку с размером $\phi 75$ мм;
- № 007 Z0 — перемещение резца на рабочей подаче по оси, обрабатываемая поверхность с размером $\phi 75$ мм;
- № 008 X8100 — выход резца на рабочей подаче из заготовки вала по оси X до размера $\phi 81$ мм;
- № 009 Z10100 ~ — отвод резца на ускоренном ходу по оси в начало обработки и остановка его на расстоянии 1 мм от заготовки вала по оси Z;
- № 010 X7000 ~ — подвод резца на ускоренном ходу в точку с размером $\phi 70$ мм (следующая ступень вала);
- № 011 Z5000 — перемещение резца на рабочей подаче по оси на длине 50 мм от нулевой точки, обрабатываемая поверхность с $\phi 70$ мм;
- № 012 X7100 — выход резца на рабочей подаче из заготовки вала по оси X до размера $\phi 71$ мм;
- № 013 X15000 — отвод резца на ускоренном ходу в исходную точку по оси X;
- № 014 Z12000 — отвод резца на ускоренном ходу в исходную точку по оси Z;
- № 015 M5 — автоматический останов вращения шпинделя;
- № 016 M30 — конец программы (конец цикла); эта команда обязательно подается в конце каждой программы.

При обработке ряда деталей припуск бывает настолько велик, что его приходится снимать за несколько рабочих ходов. Это приводит к существенному увеличению объема УП. Для упрощения программирования в данной системе имеются функции G 77 и G 78 продольной и поперечной многопроходной обработки соответственно. Цикл продольного перемещения с разделением припуска на рабочий ход состоит из четырех кадров: 1) G 77; 2) адрес X (полный припуск или окончательный диаметр валика); 3) адрес Z (длина обработки); 4) адрес P (глубина резания).

Обрабатывая эти кадры, система автоматически определяет число рабочих ходов.

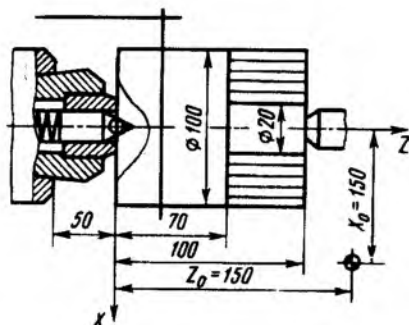


Рис. 6.6. Пример использования функции G77 продольной многопроходной обработки

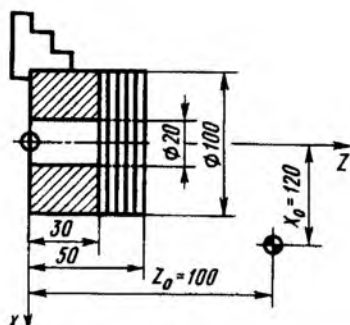


Рис. 6.7. Пример использования функции G78 поперечной многопроходной обработки

При использовании функции G77 продольной многопроходной обработки программа обработки вала (рис. 6.6) состоит из следующих кадров:

№ 000 M3	№ 007 Z7000 *
№ 001 S5	№ 008 P100 *
№ 002 F35	№ 009 X15000 ~ИТ
№ 003 Z10100 ~*	№ 010 Z15000 ~ИТ
№ 004 X10100 ~	№ 011 M5
№ 005 G77	№ 012 M30
№ 006 X2000 *	

Для того чтобы обработать этот вал, потребовалось всего 12 кадров УП.

При составлении программы с многопроходным циклом необходимо помнить следующее.

1. Каждый кадр, относящийся к любой функции, заканчивается символом * (звездочка), для набора которого на пульте системы имеется соответствующая клавиша. Например, функция G77 имеет три кадра, которые заканчиваются звездочкой.

2. Кадры, относящиеся к любой функции G, должны записываться в строго заданной последовательности; менять их местами запрещается.

3. После многопроходной обработки заготовок типа тел вращения с помощью функций G77 и G78 инструмент возвращается в точку, из которой многопроходная обработка начиналась.

При использовании функции G78 поперечной многопроходной обработки программа обработки вала (рис. 6.7) состоит из следующих кадров:

№ 000 M3	№ 002 F25
№ 001 S5	№ 003 Z5100 ~

№ 004 X10000	№ 009 X12000 ~ИТ
№ 005 G78	№ 010 Z10000 ИТ
№ 006 X1900	№ 011 M5
№ 007 Z3000 *	№ 012 M30
№ 008 P300 *	

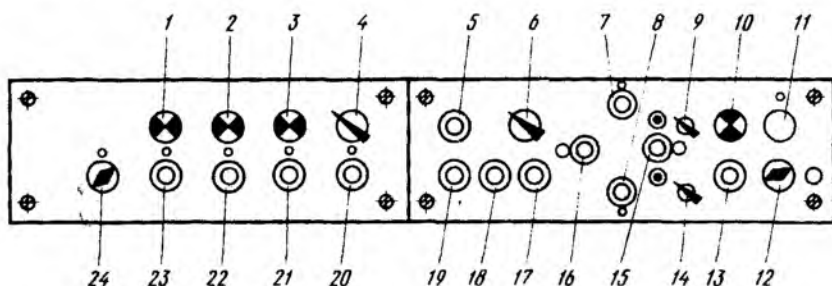


Рис. 6.8. Пульт управления, расположенный на станке мод. 16K20Ф3C5

6.4. ТОКАРНЫЙ СТАНОК МОД. 16K20Ф3C5

Этот станок, оснащенный УЧПУ мод. H22-1M, в настоящее время получил наибольшее распространение. Управление станком может производиться как с пульта, расположенного на станке (рис. 6.8), так и с пульта УЧПУ (рис. 6.9).

Загорание сигнальной лампы 10 (см. рис. 6.8) подтверждает наличие напряжения на пульте станка. Гидропривод включается кнопкой 22 „Пуск агрегата”, а выключается кнопкой 21 „Стоп гидроагрегата”. Насос станции смазывания включается автоматически при включении станка, при этом загорается сигнальная лампочка 1 „Контроль смазки”. В случае необходимости можно дополнительно осуществить подачу масла нажатием кнопки 23 „Толчок смазки”; подача масла осуществляется в течение всего времени нажатия кнопки, что надо учитывать, чтобы избежать избыточной подачи масла. Сигнальные лампы 3 „Подогрев масла” и 2 „Масло разогрето” подтверждают нормальную работу системы.

Перед началом работы переключатель 9 режима работы станка ставят в одно из следующих положений: ручное управление; режим автоматического цикла; покадровый режим. В положении „Ручное управление” можно управлять станком с помощью кнопок и переключателей, расположенных на пульте станка. Например, можно включить кнопку 20 „Включение поворота резцедержателя”, после чего переключателем 4 устанавливают требуемое положение инструментальной головки. Включение прямого вращения шпинделя осуществляют кнопкой 19, а обратного — кнопкой 17. Выключение вращения шпинделя производят кнопкой 18 „Стоп шпинделя”. Включение подачи осуще-

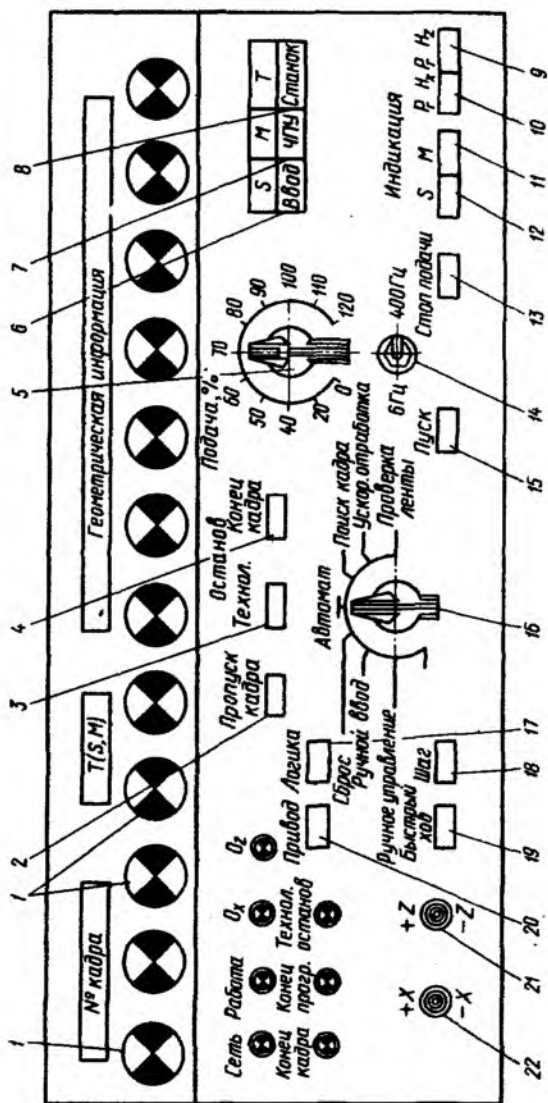


Рис. 6.9. Пульт УЧПУ мод. Н22-1М

ствляют кнопками 7, 8, 16 и 15. Направление движения указано стрелками рядом с кнопками. Подачу задают переключателем 14 режима перемещения инструмента. Остановку производят переключателем 12 „Стоп подачи”. Выбор требуемой частоты вращения шпинделя производят переключателем 6 и кнопкой 5 „Толчок шпинделя”. Кнопкой 11 „Аварийный стоп” выключают все системы станка. Если переключатель 9 находится в положении „Режим автоматического цикла”, то возможна работа по УП. В этом случае необходимо нажать кнопку 13 „Пуск программы”. Включение охлаждения производится переключателем 24.

Режим работы станка задается переключателем 16 на пульте УЧПУ (см. рис. 6.9). Переключатель может быть установлен в следующие положения: „Автомат” (автоматическая работа по УП от перфоленты); „Поиск кадра” (автоматический поиск в УП нужного кадра); „Ускоренная обработка” (УП отрабатывается на максимальной рабочей подаче); „Проверка ленты” (УП принимается УЧПУ без ее отработки на станке и проверяется на четность строки и по структуре кадра); „Ручной ввод” (ручной ввод информации в объеме одного кадра); „Ручное управление” (перемещение по заданной координате в любом направлении); „Возврат в „0” (ручной режим установки исполнительных органов станка в нулевую точку на скорости быстрых перемещений); „Сброс” (режим начальной установки УЧПУ).

Включение (отключение) питания УЧПУ производится кнопкой „Сеть”, после чего переключатель 16 ставят в требуемое положение. При включении питания начальная (исходная) установка УЧПУ происходит автоматически. В остальных случаях установка логических схем УЧПУ в исходное состояние производится в режиме „Сброс”, для чего переключатель 16 ставят в соответствующее положение и нажимают кнопку 17 „Логика”. Сброс логических цепей в устройстве управления шаговым приводом осуществляется нажатием кнопки 20 „Привод”. После этого возможна работа в других режимах.

В режиме „Ручное управление” перемещение исполнительных органов станка происходит в соответствии с командами как с пульта управления станка, так и с пульта УЧПУ. В этом режиме направление перемещения исполнительных органов станка определяется положением тумблеров 22 и 21; величина перемещения зависит от подачи, заданной на тумблере 14, и времени нахождения тумблеров 22 или 21 в крайнем положении. Нажатием кнопки 19 „Быстрый ход” можно задать максимально возможную скорость перемещения. При этом предварительно выбирают (с помощью тумблеров 21 и 22), а затем нажимают кнопку 19. При отключении сначала отпускают кнопку „Быстрый ход”, а затем тумблеры 21 и 22. Кнопка 18 „Шаг” задает перемещение на единицу дискретности при включенной кнопке 13 „Стоп подачи”.

УЧПУ позволяет покадрово вводить программную информацию для управления станком с пульта УЧПУ и пульта станка без использования перфоленты. Для этого переключатель режимов на пульте УЧПУ ставят в положение „Ручной ввод”. На пульте станка на переключателе

„Адрес” нажимают кнопку выбранного адреса (например, G) и на декадных переключателях „Ручной ввод” набирают требуемую информацию. Затем нажимают кнопку „Ввод” и продолжают набор информации по другим адресам. После набора на пульте станка всего кадра включают кнопку 15 „Пуск” на пульте УЧПУ и кадр обрабатывается на станке. Для ввода и обработки следующего кадра все действия нужно повторить. В режиме „Ручной ввод” программа вводится по одному кадру последовательно (адрес за адресом) и заносится в режим буферной памяти интерполятора УЧПУ. Обработка вводимой информации производится с момента нажатия кнопки „Пуск”.

Возврат в „0” в ручном режиме осуществляют в следующем порядке: а) на пульте станка вводят функцию $G27$ включением кнопки „Ввод”, а затем включают кнопку „Пуск” на пульте оператора; б) далее вводят функцию $G58$; при этом необходимо убедиться по цифровому индикатору 1 на пульте оператора, что величины смещения, набранные на переключателях „Смещение O_X ” и „Смещение O_Z ”, введены в регистры-накопители 10 и 9; в) по адресам X и Z вводят нулевые перемещения путем набора на переключателе „Ручной ввод” числа + 000 000 и скорости перемещения по адресу F (например, 10 600). После нажатия на пульте оператора кнопки „Пуск” произойдет обработка смещенного нуля.

Для автоматического выполнения УП от перфоленты переключатель 16 нужно поставить в положение „Автомат”. При этом возможно два подрежима работы системы: 1) автоматическое непрерывное считывание всех кадров перфоленты с их обработкой до команды на перфоленте „Конец программы”; 2) автоматическое покадровое считывание с покадровой обработкой информации. Для работы системы в первом подрежиме нужно включить тумблер устройства ФСУ-2 и установить перфоленту с программой на начала программы. Далее с пульта оператора необходимо произвести сброс устройства. После положения „Сброс” переключатель 16 ставят в положение „Автомат”. При наличии в карте наладки указаний на смещение нуля и ввод коррекции на соответствующих декадных переключателях („Смещение O_X ” — „Смещение O_Z ”; коррекция) пульта коррекции набирают требуемую информацию.

УЧПУ позволяет с помощью переключателя 5 „Подача, %” корректировать заданные в программе подачи в широком диапазоне — от 0 до 120 %. Для этого переключатель ставят в требуемое положение, и в процессе обработки УП все подачи изменяются на соответствующую величину. Автоматическое считывание и обработка УП производится после нажатия кнопки „Пуск” на пульте оператора. При необходимости осуществления технологического останова УП нужно нажать кнопку 3 „Технологический останов” и для продолжения дальнейшей работы — кнопку „Пуск”. Если в процессе работы необходимо произвести пропуск выделенных в УП кадров, то следует нажать кнопку 2 „Пропуск кадра”.

Автоматическое покадровое считывание и покадровая обработка информации производится при нажатой кнопке 4 „Конец кадра”. Запуск

следующих кадров осуществляется вручную от кнопки „Пуск” пульта оператора.

В ряде случаев в процессе обработки УП требуется найти какой-либо кадр. Для этого переключатель режимов на пульте оператора ставят в положение „Поиск кадра”. Затем перфолента с УП устанавливается в устройство ввода программ УЧПУ на начало или между любыми кадрами, если лента склеена в кольцо. На декадных переключателях пульта коррекции „Ручной ввод” набирают номер нужного кадра, и после включения кнопки „Пуск” на пульте оператора фотосчитывающее устройство автоматически считывает перфоленту до заданного кадра с высвечиванием его на цифровых индикаторах I . При этом режиме на станок выдается технологическая информация — S , M , T , но отработка перемещений не производится.

Для предварительной проверки правильности подготовленной УП переключатель 16 на пульте оператора нужно поставить в положение „Ускоренная отработка”. В этом режиме перемещение всех ИО станка происходит на максимальной рабочей подаче. Заготовка на станок при проверке его работы в этом режиме не ставится.

Если при работе в режиме „Автомат” или „Ускоренная отработка” появились сигналы „Сбой УВ” (устройства ввода б), необходимо провести проверку ленты. Переключатель 16 ставят в положение „Проверка ленты”, и нажимают кнопку „Пуск”; при наличии сбоя в программе происходит останов устройства ввода программ и загорается табло 7 „Сбой ЧПУ” (при сбое по структуре адреса) или „Сбой ввода” и „Сбой ЧПУ”. В случае сбоя станка загорается табло 8 „Сбой станка”.

Для возврата ИО станка в нулевую (исходную) точку, переключатель 16 ставят в положение „Возврат в „0””. После этого тумблер направления по X ставят в положение „+ X ” и включают подачу. При выходе в „0” по оси X на пульте загорается лампа O_X и дальнейшее перемещение прекращается. То же самое необходимо произвести и по оси Z . При работе с пульта оператора переключатель режимов на пульте станка (см. рис. 6.8) должен находиться в положении „Программа”. При установке переключателя на пульте станка в положение „Ручное управление” происходит блокировка всех режимов с пульта оператора, кроме режима „Сброс”. Проверку кодов частоты вращения шпинделя и вспомогательной функции производят кнопками 11 и 12.

Устройство управления шаговыми приводами служит для преобразования, формирования и усиления сигналов, поступающих из интерполятора, в сигналы управления током фазовых обмоток шаговых двигателей.

Пульт контроля устройства управления шаговым приводом (рис. 6.10) предназначен для управления этим устройством в режиме „Проверка” и для индикации состояния фаз шаговых двигателей. Включение УЧПУ производится включением кнопки „Вкл.” на пульте контроля. При этом загорается лампочка „Сеть”. Затем тумблер режима в зависимости от поставленной задачи ставят в положение „Работа” или „Проверка”. В режиме „Работа” производится отработка УП непосредственно на станке, причем состояние фаз шаговых двигателей контроли-



Рис. 6.10. Пульт контроля устройства управления шаговыми приводами

руется с помощью индикации (фаза включена — лампочка горит). В режиме „Проверка” переключатели $+X$, $-X$, „+” и „-” служат для выбора направления перемещения привода (прямой или обратной) по каждой координате. При этом с помощью кнопок „Скорость подачи”, „Одиночный”, „5”, „50”, „500”, „1000”, „2000”, „Быстрый ход” и „Шаг” дискретно изменяется частота автономного генератора. Включением кнопки „Сброс автономный” осуществляется сброс логических цепей в автономном режиме. В случае сбоя загорается сигнальная лампочка „Сбой УУШП”. Выключение устройства производится нажатием кнопки „Выкл.”.

В устройство фотоввода программы (рис. 6.11) перфоленту заправляют в трех видах: 1) не склеенную в кольцо; 2) склеенную в кольцо; 3) намотанную на бобину.

В первом случае перфоленту 2 укладывают в бункер 5, через ролик заправляют в фотосчитывающее устройство (ФСУ), протягивают на длину около 70 см, обводят вокруг ролика 8 и закрепляют в зажиме 7. После каждого прогона перфоленты через ФСУ в рабочем режиме (считывание программы) ее снимают с зажима и действия повторяют.

Для того чтобы постоянно не заправлять и не загрязнять ленту в процессе заправки, ее склеивают в кольцо. Установку производят, как и в первом случае, но закреплять ленту в зажиме не нужно.

Если перфолента намотана на бобину 9, то перед заправкой ее необходимо пропустить под направляющим роликом 6, связанным с тормозным устройством, предохраняющим

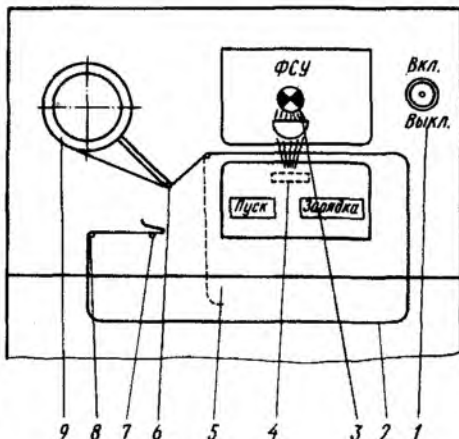


Рис. 6.11. Устройство фотоввода программы

ленту от произвольного сматывания. Последующие действия аналогичны описанным.

ФСУ служит для считывания с восьмидорожечной перфоленты. Сигналы в нем возникают тогда, когда отверстия в ленте (в процессе протягивания) располагаются над фотодиодами считывающей головки 4. Лампу 3 фокусируют таким образом, чтобы световой пучок перекрывал поле считывания кадров с небольшим запасом и не имел визуально различных градаций по яркости.

Зарядку перфоленты производят после включения тумблера 1 в положение „Вкл.". Чтобы вставить ленту в паз ФСУ, нужно нажать клавишу „Зарядка". Ленту заправляют так, чтобы ее ведущая (транспортная) дорожка находилась ближе к передней панели. После зарядки необходимо нажать клавишу „Пуск".

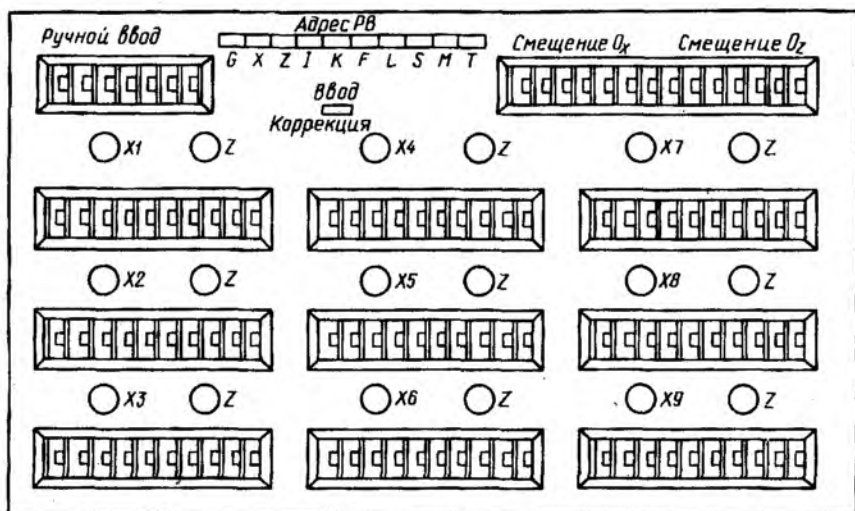


Рис. 6.12. Устройство коррекции положения режущего инструмента

Коррекция положения режущего инструмента осуществляется с соответствующего пульта (рис. 6.12) и позволяет компенсировать погрешности, возникающие в процессе обработки заготовки, а также рассогласования между заданным и фактическим положениями инструмента. При отладке УП пробную обработку заготовки на станке производят в покадровом режиме, затем деталь измеряют. Величины отклонений размеров от заданных определяют путем непосредственного измерения с помощью универсальных измерительных инструментов (штангенциркуля, нутромера, микрометра и т. п.). Чтобы определить, какое число импульсов надо направить в УЧПУ, нужно величину поправки разделить на значение дискретности: по оси Z – на 0,01 мм

и по оси X — на 0,005 мм. Например, отклонение по длине составило $-0,40$ мм, а по диаметру $+0,22$ мм. Число импульсов коррекции для линейного размера будет $n_d = 0,40 : 0,01 = 40$, а для диаметрального размера $n_d = 0,22 : 2 : 0,005 = 22$. Полученное отклонение по диаметру делят пополам. Поправку вносят в координаты по оси X . Полученные числа со знаком „+” для линейного размера и знаком „-” для диаметрального набирают на группе декадных переключателей пульта коррекции с учетом направления по X или по Z и номера корректора. Все переключатели на пульте разделены на две группы (по X и Z) по девять номеров в каждой группе. Величина коррекции может изменяться в широких пределах: от -9999 до $+9999$. В устройстве возможен ввод коррекции по одной из осей или одновременно по двум осям (парная коррекция). Для введения коррекции УП должна содержать команду, выражаемую адресом L . В младшем разряде L указывается номер коррекции (1–9), а в старшем — тип коррекции, который кодируется цифрами 1, 2 или 3 (цифра 1 соответствует одиночной коррекции по оси X ; 2 — одиночной коррекции по Z ; 3 — парной коррекции по осям X и Z). Например, если в программе записаны команды $L15$, $L28$, $L39$, то они означают следующее: $L15$ — коррекция по оси X , номер корректора — 5; $L28$ — коррекция по оси Z , номер корректора — 8; $L39$ — парная коррекция, номер корректора 9. Величины, набранные на переключателях того или иного корректора, алгебраически складываются с величинами приращений или конечных значений координат, указанных в кадре с командой на коррекцию. Необходимым условием для введения коррекции является режим линейной интерполяции, который в УЧПУ типа Н22-1М указывается функциями $G01$, $G10$, $G11$. Вспомогательной командой для отмены коррекции является подготовительная функция $G40$. При наличии в кадре функции $G40$ и адреса L , соответствующего набранной коррекции, последнюю вводят с противоположными, чем на пульте, знаками при работе в приращениях или блокируется при работе в абсолютной системе.

Коррекцию вводят в следующем порядке: 1. Переключатель режимов на пульте оператора устанавливают в положение „Ручной ввод”. 2. На переключателях „Адрес” пульта коррекции нажимают требуемую клавишу X или Z , в зависимости от того, по какой оси вводится коррекция. 3. На соответствующей группе декадных переключателей набирают требуемые величины коррекции с нужными знаками. 4. Нажимают клавиши „Ввод” на пульте коррекции и „Пуск” на пульте оператора. Расположенные у группы декадных переключателей сигнальные лампочки загораются при включении корректора в работу.

6.5. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

На токарных станках с ЧПУ используют режущий инструмент для наружной (проходные, контурные, резьбовые, канавочные и другие резцы) и внутренней (расточные резцы, сверла, зенкеры, развертки) обработки.

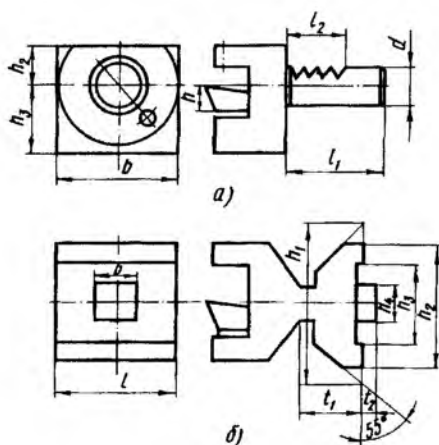
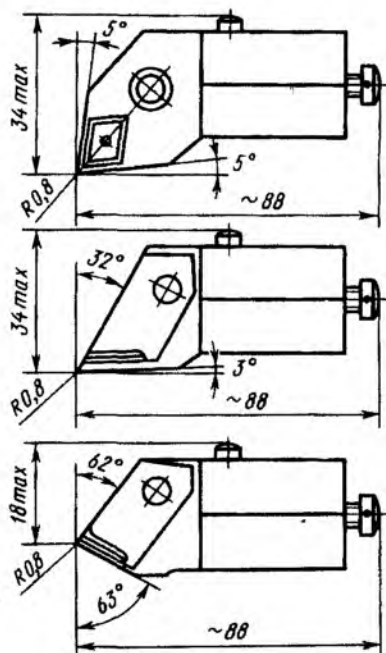


Рис. 6.13. Резцовые блоки:

а — с цилиндрическим хвостовиком; б — с хвостовиком прямоугольного сечения

Рис. 6.14. Резцовые вставки



В суппорте станка режущий инструмент закрепляют с помощью вспомогательного инструмента — резцовых блоков и оправок. Резцовые блоки (рис. 6.13) применяют для установки нормализованного режущего инструмента, который настраивают на размер, изменяя его положение в блоке.

Оправки используют для установки резцовых вставок (рис. 6.14), предварительно настроенных на размер. Рабочие поверхности блоков и оправок закалены.

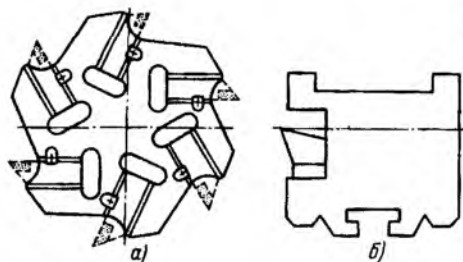


Рис. 6.15. Крепление инструмента:

а — непосредственно в revolverной головке; б — в магазине с помощью инструментальных блоков с V-образными пазами

Инструмент в revolverной головке крепят непосредственно (рис. 6.15, а) или с помощью резцовых блоков (см. рис. 6.13). В станках, оснащенных инструментальным магазином, для крепления режущего инструмента используют инструментальные блоки с двумя V-образными пазами для базирования на станке (рис. 6.15, б).

На токарных станках с ЧПУ используют сборные резцы с механическим крепле-

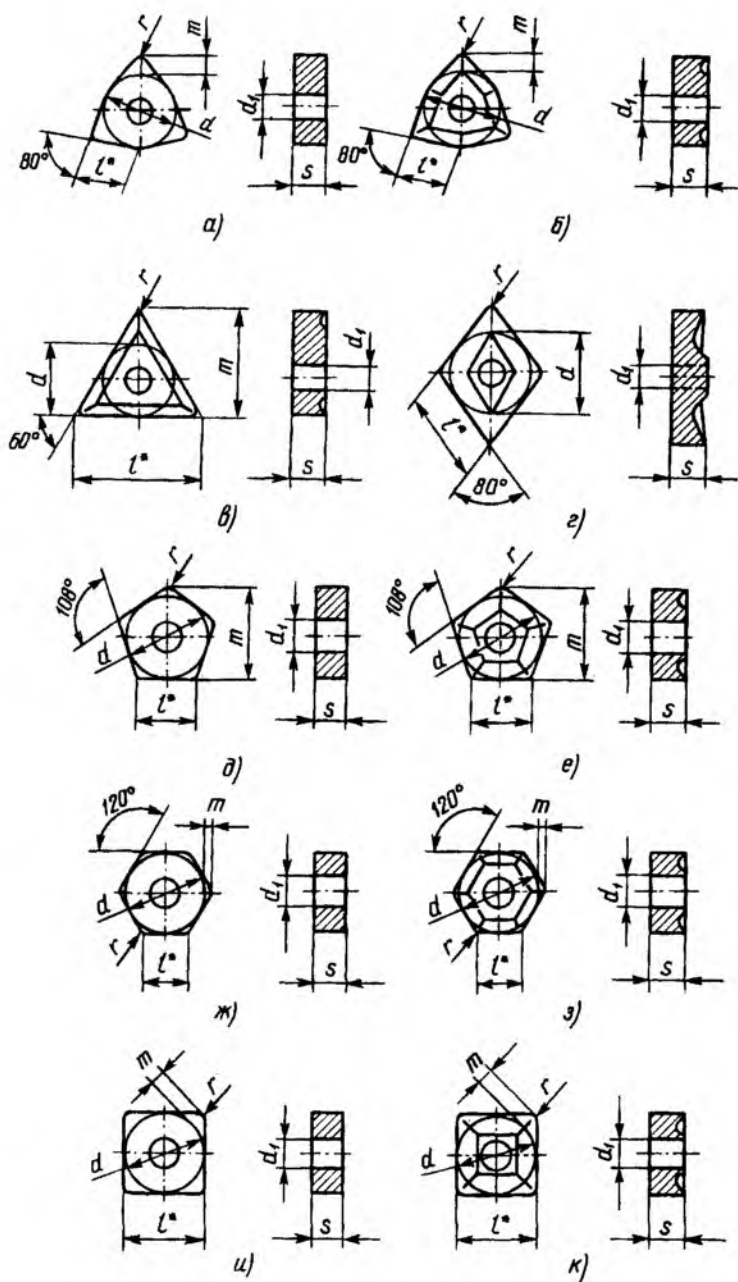


Рис. 6.16. Быстросменные многогранные неперетачиваемые пластины из твердого сплава

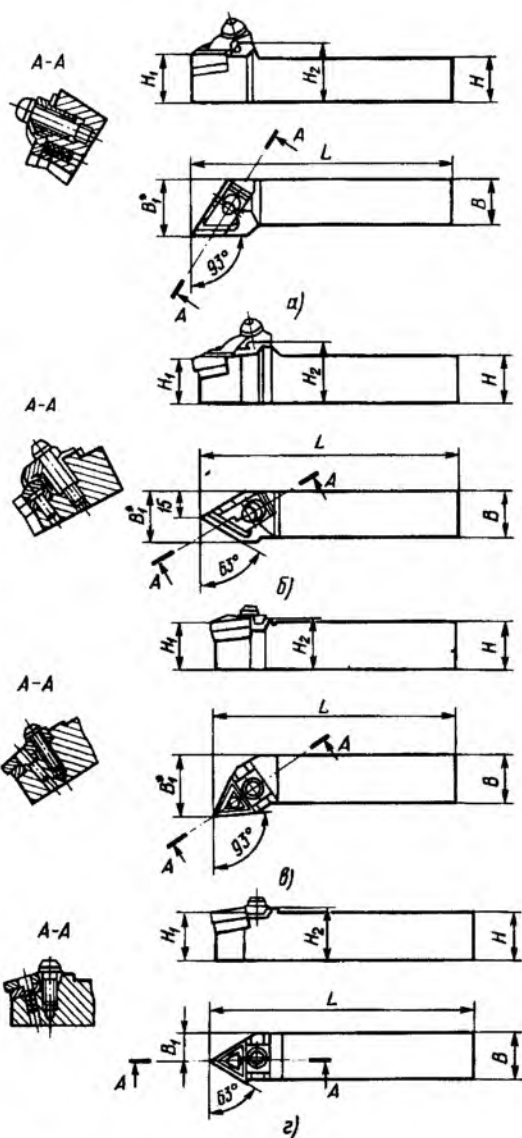


Рис. 6.17. Сборные резцы с механическим креплением пластин:
а – в – для контурного точения,

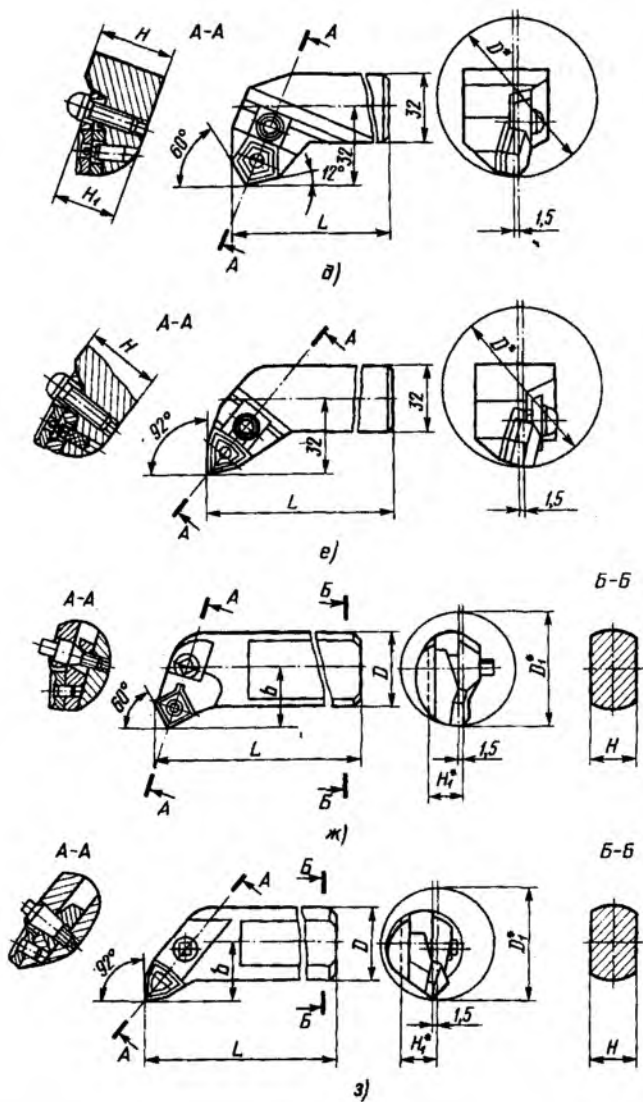


Рис. 6.17. (Продолжение):
 д-з — для растачивания отверстий

нием многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин (рис. 6.16), базирование которых осуществляется штифтом по центральному отверстию с диаметром d_1 .

Наиболее распространены следующие виды таких пластин: шестигранной формы (с углом 80°) без стружколомающих канавок (рис. 6.16, а) и со стружколомающими канавками на одной стороне (рис. 6.16, б); трехгранной формы со стружколомающими канавками на одной стороне (рис. 6.16, в); ромбической формы (с углом 80°) и стружколомающими канавками на одной стороне (рис. 6.16, г); пятигранной формы без стружколомающих канавок (рис. 6.16, д) и со стружколомающими канавками на одной стороне (рис. 6.16, е); шестигранные без стружколомающих канавок (рис. 6.16, ж) и со стружколо-

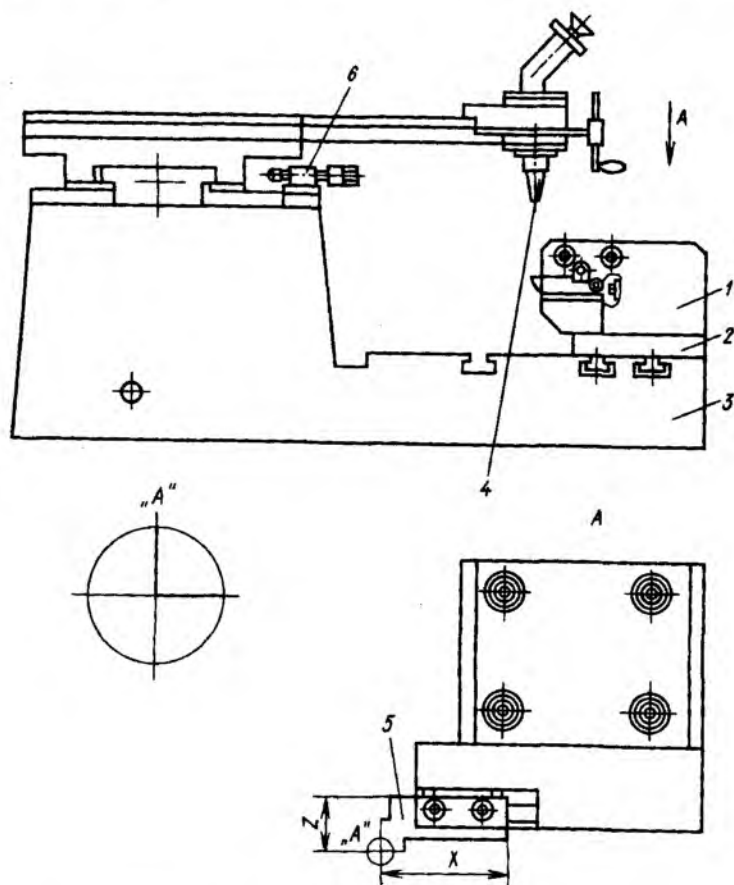


Рис. 6.18. Устройство мод. БВ-2011 для настройки инструмента на размер

мающими канавками на одной стороне (рис. 6.16, з); квадратные без стружколомающих канавок (рис. 6.16, и) и со стружколомающими канавками по одной стороне (рис. 6.16, к). Пластины различаются материалом (твердый сплав марок ВКЗМ; KB4; BK6, KB8, TT10K8B, T5K12B, T17K10, T5K10, T14K8, T15K6, T30K4) и диаметром d вписанной окружности.

Сборные резцы с механическим креплением твердосплавных пластин показаны на рис. 6.17.

Настройка инструмента на размер. Использование предварительно настроенного инструмента значительно сокращает подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на переналадку станка, и вспомогательное время, затрачиваемое на смену инструмента. Для токарных станков наиболее распространены устройства мод. БВ-2010, БВ-2011 и БВ-2012 для настройки инструмента на размер.

В устройстве мод. БВ-2011 (рис. 6.18) инструментальный блок 1 устанавливается в переходной плите 2. Плиту предварительно устанавливают на столе 3 с помощью эталонного блока 5 так, чтобы при подводе каретки с визирным микроскопом 4 вершина эталонного блока совпадала с перекрестием осей в поле зрения микроскопа. При этом перед индикатором 6 отсчета по оси X должен быть установлен набор концевых мер, соответствующий расстоянию вершины эталонного блока от расчетной базовой плоскости резцедержавки. Так же выверяют инструмент и по оси Z с помощью второго индикатора, который на рис. 6.18 не показан.

Устройство мод. БВ-2010 (рис. 6.19) обеспечивает более высокую точность настройки и позволяет визуально контролировать радиус закругления вершины

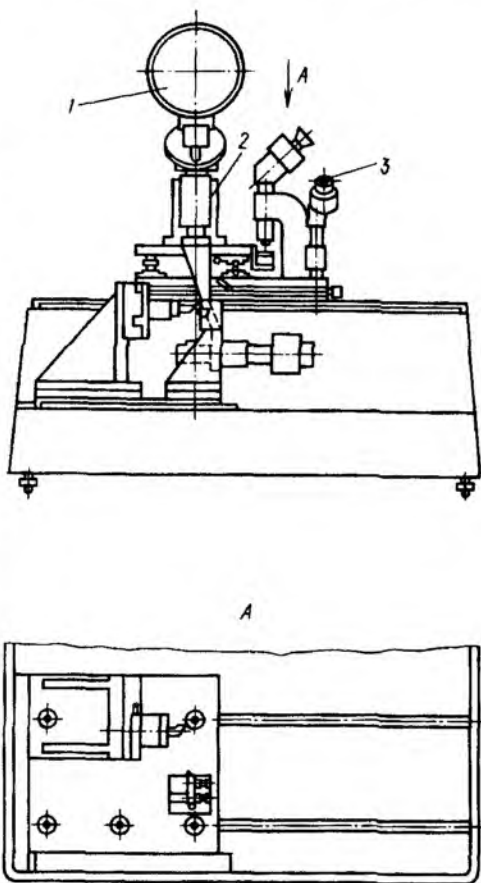


Рис. 6.19. Устройство мод. БВ-2010 для настройки инструмента на размер

реза. На этом устройстве инструмент настраивается в инструментальных блоках по заданным размерам в двух горизонтальных координатах. Положение режущей кромки инструмента по вертикали проверяют индикатором 1, установленным на отдельной стойке 2. Инструмент настраивают совмещением изображения режущей кромки инструмента на экране проектора с координатной сеткой. Проектор на заданные координаты устанавливают по линейным шкалам с отсчетными спиральными микроскопами 3. Каретки, несущие проектор, перемещаются по призматическим направляющим.

Технологическая оснастка. На токарных станках с ЧПУ обычно применяют универсальные приспособления. Они просты по конструкции и отличаются высокой точностью изготовления. При обработке заготовки устанавливают в центрах, в самоцентрирующие патроны или на планшайбы.

На рис. 6.20 показана конструкция быстропереналаживаемого клинового патрона. Быстрая смена или настройка кулачков 6 на размер (относительно основания 3) осуществляется поворотом винта 5 на 90° в положение, фиксируемое шариком 4. На торце корпуса 2 патрона выполнены концентрические окружности для ориентации положения кулачков при их замене.

Быстрый зажим заготовки осуществляется перемещением клина 1 в корпусе 2 механизированным приводом, расположенным на шпинделе станка. Переналадку кулачков производят поочередно независимо друг от друга за 1,5–2 мин.

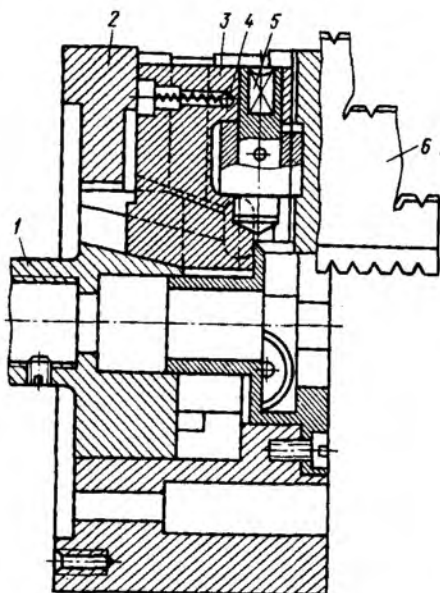
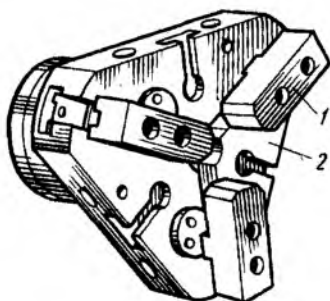
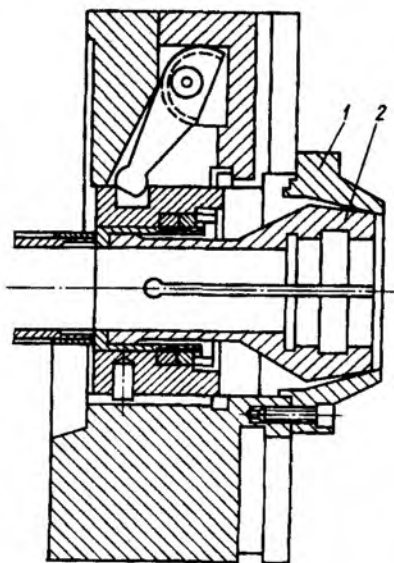


Рис. 6.20. Быстропереналаживаемый клиновой патрон

Рис. 6.21. Патрон с программным управлением



Применяют также патроны (рис. 6.21) с программным управлением, обеспечивающие автоматическую переналадку (по программе) кулачков на требуемый размер. По командам системы управления гидропривод перемещает рейки патрона, выводя их зубья из зацепления с зубьями кулачков 1. Затем по команде станок переключается на средние обороты шпинделя. Кулачки под действием центробежной силы перемещаются в радиальном направлении к периферии корпуса 2 патрона до упора. При включении малых оборотов ролик, расположенный внутри патрона, перемещается к его центру и, взаимодействуя с кулачками, перемещает их на требуемую величину.



Для зажима прутковых заготовок применяют трехкулачковые патроны (рис. 6.22) с накладными цанговыми кулачками 1, которые взаимодействуют со сменными цангами 2.

Рис. 6.22. Патрон с накладными цанговыми кулачками

Поводковый центр, используемый при чистовом обтачивании деталей типа „вал”, показан на рис. 6.23. Подпружиненный плавающий центр 6 обеспечивает центрирование левого торца детали. Комплект поводков позволяет обрабатывать валы диаметром 15–120 мм. Отклонение от неперпендикулярности торцов заготовок не влияет на точность обработки, так как поводок 1, качаясь в двух плоскостях, самоустанавливается по торцу обрабатываемой заготовки. Качание поводка осуществляется на двух парах роликов 3, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пазах станка 5, люльки 4 и водила 2.

Постоянный прижим торца обрабатываемой заготовки к зубчатой поверхности поводка обеспечивается вращающимся центром задней бабки станка, оснащенной пневмозажимной или электромеханической пинолью. Вращающийся центр (рис. 6.24) способен выдержать значительные радиальные и осевые нагрузки, воздействующие на него при продолжительной токарной обработке заготовок при частоте вращения до 2000 об/мин. Он имеет конический роликовый 2, шариковый упорный 4 и игольчатый 5 подшипники. Масленка 3 служит для периодического смазывания. Передняя часть вставки 1 выполнена удлиненной с двумя конусами (конус с углом 60° под центровое отверстие и промежуточный конус с углом 30°). Такая конструкция вставки обеспечивает подвод режущего инструмента как можно ближе к

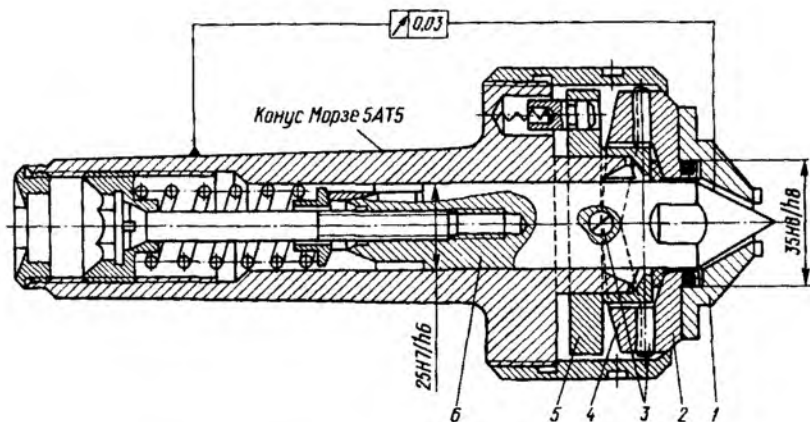


Рис. 6.23. Поводковый центр

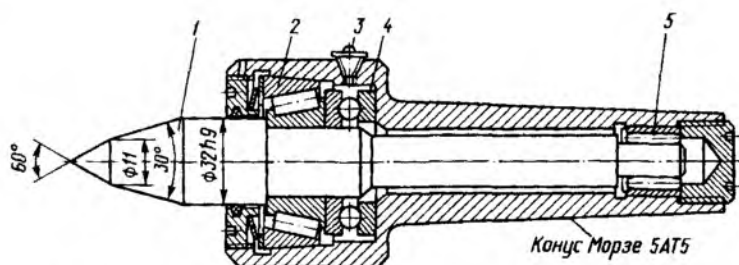


Рис. 6.24. Вращающийся центр

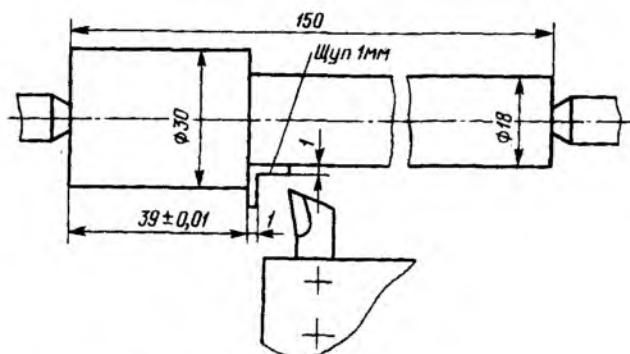


Рис. 6.25. Эталонный валик

центру и позволяет обтачивать заготовки с минимальным диаметром 6 мм.

Режим резания. При обработке на токарных станках с ЧПУ режим резания назначается согласно общемашиностроительным нормативам. При черновом обтачивании наружных и торцовых поверхностей, а также при растачивании внутренних поверхностей режим (v , t , S) резания должен обеспечивать максимальное использование возможностей станка и инструмента.

Настройка токарных станков с ЧПУ. Настройка состоит из двух этапов: 1) настройка УЧПУ; 2) настройка механизмов, фиксирующих положение режущих инструментов; установка приспособления; установка рукояток ручного управления в заданные положения; установка инструментов в исходные положения.

Установка инструментов в исходные положения является наиболее трудоемким процессом и осуществляется тремя способами: 1) путем пробных рабочих ходов; 2) по эталонному валику; 3) по шаблону. Способ пробных ходов заключается в следующем: обрабатывают одну шейку валика (пробной детали) и один из его торцов, оставляя большой припуск под дальнейшую обработку. После обработки, не отводя инструмент, измеряют диаметр шейки и размер от обработанного торца до торца заготовки. На основании этих измерений определяют координаты положения инструмента, которое он занял после обработки пробной детали. Далее инструмент вручную перемещают в заданную исходную точку. Длина, на которую нужно переместить инструмент, равна разности между координатами исходной точки и координатами положения инструмента, занятого им после обработки пробной детали. Менее трудоемким является способ установки инструмента по эталонному валику (рис. 6.25). Один валик обеспечивает настройку станка на обработку любых деталей.

Настройка инструментов в revolverной головке гораздо сложнее. Каждый инструмент выставляют в двух направлениях (осевом и поперечном). Базой при измерении осевых размеров служат плоскости граней revolverной головки. Для измерения размеров, определяющих положение инструментов относительно оси шпинделя, создают специальные базы в виде уступов, отверстий в головке и т. д. В этом случае инструменты удобно выставлять по специальным шаблонам. После выставки инструментов revolverную головку устанавливают в исходную точку по пробным рабочим ходам или по эталонной детали.

Настройку токарного станка следует выполнять в следующем порядке: подобрать режущий инструмент в соответствии с картой наладки; подобрать блоки, державки и другую оснастку для закрепления режущего инструмента; настроить режущий инструмент вне станка; установить инструментальные блоки в revolverную головку в соответствии с картой наладки; выполнить дополнительную настройку инструмента на станке; установить и закрепить патрон; установить и закрепить заготовку; установить на пульте управления ручной режим управления; переместить суппорт в исходное положение в соответствии

с картой наладки; установить в считывающее устройство программно-носитель; установить корректоры в соответствии с картой наладки; установить на пульте управления автоматический режим управления и обработать заготовку; произвести замеры по результатам обработки пробной детали, вычислить величины коррекции и набрать их на корректорах; произвести повторную обработку заготовки в автоматическом режиме и, если необходимо, произвести дополнительную коррекцию.

По мере обработки партии заготовок нужно производить пробные замеры на соответствие размеров обработанных поверхностей допускам, установленным чертежом или картой наладки. При наличии отклонений необходимо откорректировать УП путем переустановки корректоров.

Контрольные вопросы

1. Какой типаж токарных станков вы знаете?
2. Для каких операций предназначен станок мод. 16К20Ф3?
3. Что вам известно о токарном станке мод. 16К20Т1?
4. Как производится пуск и работа этих станков?
5. Какие режущие инструменты применяются для обработки на токарных станках с ЧПУ?
6. Какие приспособления применяют для настройки инструмента?
7. Расскажите о приспособлениях, применяемых на токарных станках с ЧПУ.
8. Как выбирают режимы резания для обработки на токарных станках с ЧПУ?
9. Как осуществляют настройку токарных станков с ЧПУ?

ГЛАВА 7. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

7.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТИПАЖ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ

Фрезерные станки с ЧПУ предназначены для фрезерования поверхностей планок, рычагов, крышек, корпусов и кронштейнов простой конфигурации; контуров сложной конфигурации (типа кулачков, шаблонов и т. д.); поверхностей корпусных деталей. Технологические возможности станков фрезерной группы определяются конструкцией, компоновкой, классом точности станка и технической характеристикой системы ЧПУ. На фрезерных станках можно производить фрезерование (цилиндрическими, концевыми, фасонными фрезами); растачивание (резцами); сверление; зенкерование и развертывание.

По компоновке станки делятся на консольно-фрезерные, бесконсольные, продольно-фрезерные (см. рис. 3.1). Выпускают станки с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделя; с ручной и автоматической сменой инструмента; одношпиндельные и многошпиндельные; с числом управляемых координат 3 и более.

Особенностью консольно-фрезерных станков является возможность перемещения стола (шириной 200; 250; 320 и 400 мм) по трем координатным осям (X , Y и Z); эти станки, предназначенные для обработки заготовок небольших размеров, выпускают классов точности Н и П.

В бесконсольных станках стол (шириной 250; 400 и 630 мм) перемещается в горизонтальной плоскости, а фрезерная головка — в вертикальной плоскости.

Продольно-фрезерные станки (с шириной стола 400–5000 мм) выпускают следующих видов: одностоечные (с горизонтальной или вертикальной ползунковой бабкой, перемещающейся на неподвижной или подвижной поперечине); двухстоечные (с подвижной или неподвижной поперечиной).

Современные фрезерные станки оснащают контурными УЧПУ (мод. НЗЗ-1М, НЗЗ-2М, Н55-1 и др.) с линейно-круговой интерполяцией.

7.2. КОНСОЛЬНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК МОД. 6Р13ФЗ С ЧПУ

Основными узлами станка мод. 6Р13ФЗ (рис. 7.1) являются: станина; коробка скоростей; шпиндельная головка; консоль; стол с салазками; редуктор.

Станина 7 (жесткой конструкции) имеет вертикальные направляющие, по которым перемещается консоль 2. В левой нише станины смонтирована коробка скоростей с устройством переключения частоты вращения шпинделя. Переключение осуществляется только вручную: рукоятку, расположенную на коробке, опускают вниз (до вывода из фиксирующего паза) и отводят от себя до упора; поворачивая лимб, устанавливают требуемую частоту вращения шпинделя (щелчок фик-

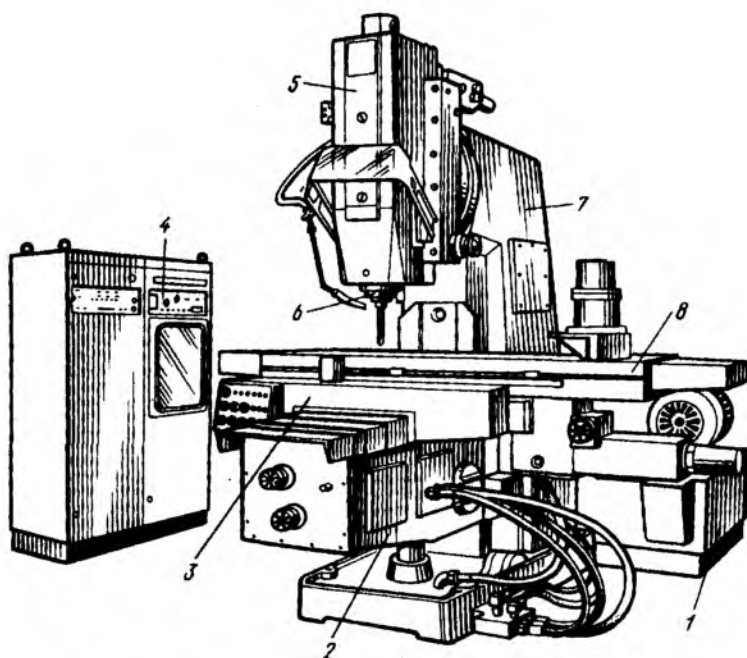


Рис. 7.1. Общий вид фрезерного станка мод. 6P13Ф3

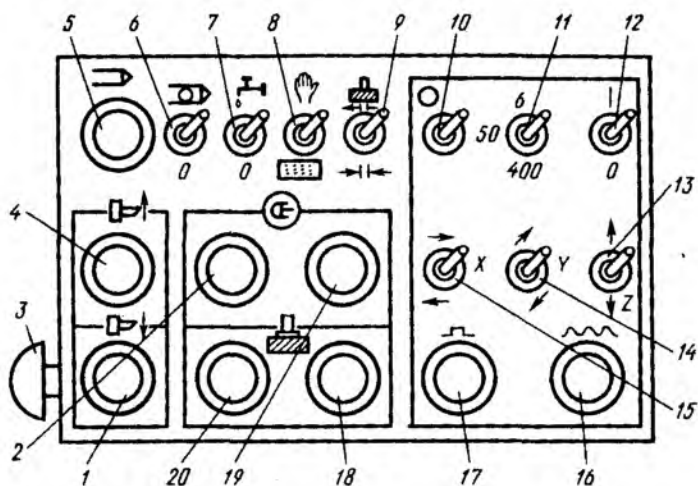


Рис. 7.2. Пульт управления станка мод. 6P13Ф3

сатора означает, что лимб зафиксирован в данном положении); нажав кнопку „Толчок”, рукоятку плавным движением возвращают в начальное положение. Переключение частоты вращения шпинделя на ходу не допускается. Коробка скоростей может работать только после установки рукоятки в фиксированное положение. Внутри станины имеется резервуар для масла. Подшипники и шестерни коробки скоростей смазываются от плунжерного насоса, расположенного внутри коробки скоростей. Станина имеет окно для доступа к масляному насосу и коробке скоростей.

Шпиндельная головка 5 включает в себя: салазки; редуктор; ползун со шпинделем 6; привод перемещения ползуна.

Станок имеет приводы, перемещающие стол 8 в продольном направлении и салазки 3 (со столом 8) в поперечном направлении. Станок оснащен гидростанцией 1 и УЧПУ 4.

Органы управления станком. Станком можно управлять как с пульта, расположенного на станке, так и с пульта УЧПУ. При работе с пульта станка (рис. 7.2) включение гидропривода осуществляют кнопкой 2 „Пуск гидроагрегата”, а выключение — кнопкой 19 „Стоп гидроагрегата”. Установочное перемещение консоли вниз производится нажатием кнопки 1 „Консоль вниз”, а вверх — нажатием кнопки 4 „Консоль вверх”. Переключатель 8 ставят в верхнее или нижнее положение и задают ручной или автоматический режим работы. При этом переключатель режима работ на пульте УЧПУ должен находиться в аналогичном положении.

При работе в автоматическом режиме пуск УП осуществляют с пульта станка кнопкой 5. Чтобы произвести остановку станка (для контрольных замеров, уборки стружки, охлаждения, регулировки и т. д.), нужно включить тумблер 6 „Технологическая остановка”. Включение вращения шпинделя производится кнопкой 20 „Пуск шпинделя”, а выключение — кнопкой 18 „Стоп шпинделя”. Направление вращения шпинделя устанавливают переключателем, расположенным на силовом шкафу станка.

Электродвигатель заблокирован с механизмом зажима инструмента. Зажим и отжим инструмента осуществляют тумблером 9. Шпиндель не включится, если инструмент отжат. Пуск гидропривода должен осуществляться при зажатом инструменте, иначе возможны поломки инструмента и заготовки.

Включение подачи СОЖ производится тумблером 7 „Охлаждение”; расход СОЖ регулируется краном.

На станке предусмотрен выход инструмента в нулевое положение, соответствующее центру отверстия на столе станка, что позволяет настраивать режущий инструмент перед обработкой без использования специальных устройств. Выход в нулевую точку производится после включения тумблера 10. Установочные перемещения режущего инструмента в ручном режиме на пульте станка задают тумблерами 13, 14 и 15. Тумблерами продольного 14 и поперечного 15 перемещений стола производят выбор направления движения (указано стрелками), тумб-

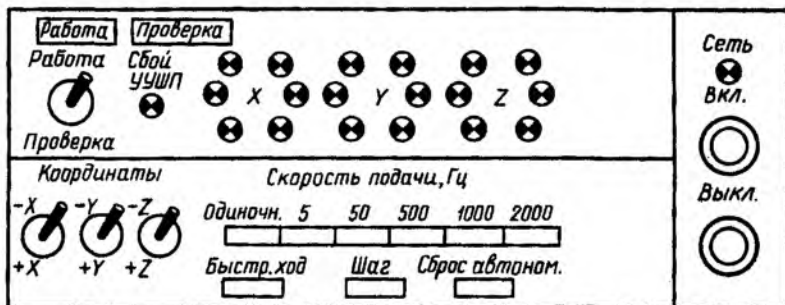


Рис. 7.4. Пульт контроля устройства управления шаговыми приводами

ме „Сброс”. Для этого переключатель 8 (см. рис. 7.3) ставят в соответствующее положение. Производят общий сброс логических устройств кнопкой 3 (ЧПУ), а также сброс логических цепей только в стойке устройства управления шаговыми приводами нажатием кнопки 2 „Привод”. После этого возможна работа в других режимах.

В режиме „Управление от станка” перемещение подвижных исполнительных органов станка происходит при управлении от пульта станка.

Информация может быть введена прямо с пульта УЧПУ. Для этого переключатель 8 ставят в положение „Ручной ввод”. На переключателях 7 „Адрес” нажимают кнопку требуемого адреса, а на декадном переключателе 5 набирают требуемую числовую информацию. После этого нажимают кнопку нового адреса и набирают требуемые числа на декадном переключателе. После набора всего кадра включают кнопку 4 „Работа” и производится отработка кадра на станке. Для ввода следующего кадра все действия надо повторить.

Для автоматического выполнения УП от перфоленты переключатель 8 ставят в положение „Отработка технологии” и включают кнопку „Работа”. При этом на пульте станка тумблер ручного и автоматического режима работ должен находиться в верхнем положении. Для осуществления технологической остановки УП нужно нажать кнопку 1 „Технологическая остановка”, а для продолжения дальнейшей работы — кнопку 4 „Работа”.

Чтобы осуществить отработку УП по одному кадру, переключатель 8 необходимо поставить в положение „Покадровая отработка” и нажать кнопку 4 „Работа”. После окончания отработки одного кадра необходимо нажать кнопку 4 „Работа”.

Если в процессе отработки УП требуется найти какой-либо кадр, то переключатель 8 надо поставить в положение „Поиск кадра”. Затем перфоленту устанавливают в фотосчитывающий механизм на начало кадра или между двумя любыми кадрами (если лента склеена в кольцо). На декадном переключателе 5 набирают номер требуемого кадра и после включения кнопки „Работа” фотосчитывающее устройство

автоматически считывает перфоленту до заданного кадра с высвечиванием его на цифровых индикаторах. Для корректировки запрограммированной рабочей подачи на пульте УЧПУ имеется переключатель 6 „Коррекция скорости, %”. При установке переключателя, например, в положение „60 %” действительная подача будет составлять 60 % подачи, записанной в УП. Это позволяет оператору вносить коррекции в режим резания при изменяющихся условиях обработки.

Устройство управления шаговыми двигателями служит для преобразования сигналов, поступающих из интерполяторов, в сигналы управления током фазовых обмоток шаговых двигателей и входит в состав УЧПУ.

В режиме „Работа” производится отработка УП непосредственно на станке, причем состояние фаз шаговых электродвигателей контролируется с помощью индикации (если фаза включена, лампочка горит). При перемещении исполнительного органа на один импульс загорается следующая лампочка и т. д. Выключение УЧПУ производится кнопкой „Выкл.” (см. рис. 7.4).

Техническая характеристика станка мод. 6P13ФЗ

Размеры рабочей поверхности стола (длина × ширина), мм	1600 × 400
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	1000
поперечное	400
Дискретность отсчета по осям координат, мм	0,01
Вертикальный ход шпиндельной бабки, мм	380
Частота вращения шпинделя (число ступеней 18), об/мин	40–2000
Подача, мм/мин	5–1200
Скорость быстрых перемещений, мм/мин	2400
Мощность главного привода, кВт	7,5
Габарит (длина × ширина × высота)	3015 × 4150 × 2580
Масса станка (с приставными устройствами), кг	5700

7.3. ВВОД КОРРЕКЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В пультах ЧПУ современных фрезерных станков предусматривается возможность ввода коррекции по осям X , Y , Z для компенсации изменений соответствующих параметров (диаметра, длины) инструмента при переточке, а также компенсации его упругих деформаций и износа.

Коррекция назначается в УП либо на все переходы, выполняемые одним инструментом, либо на отдельные обрабатываемые поверхности. Число корректирующих переключателей на пульте УЧПУ может быть меньше числа инструментов наладки и обрабатываемых поверхностей. Поэтому в первую очередь корректирующие переключатели назначают для инструментов, обрабатывающих точно заданные поверхности. Корректирующие переключатели необходимы также для следующих инструментов: торцовых черновых фрез, если они не настраиваются по длине;

торцовых полуцистовых и чистовых фрез; концевых полуцистовых и чистовых фрез.

Необходимую величину коррекции набирают на переключателях корректоров, расположенных на пульте УЧПУ (рис. 7.5); в УЧПУ мод. НЗЗ-1М имеется 18 корректоров.

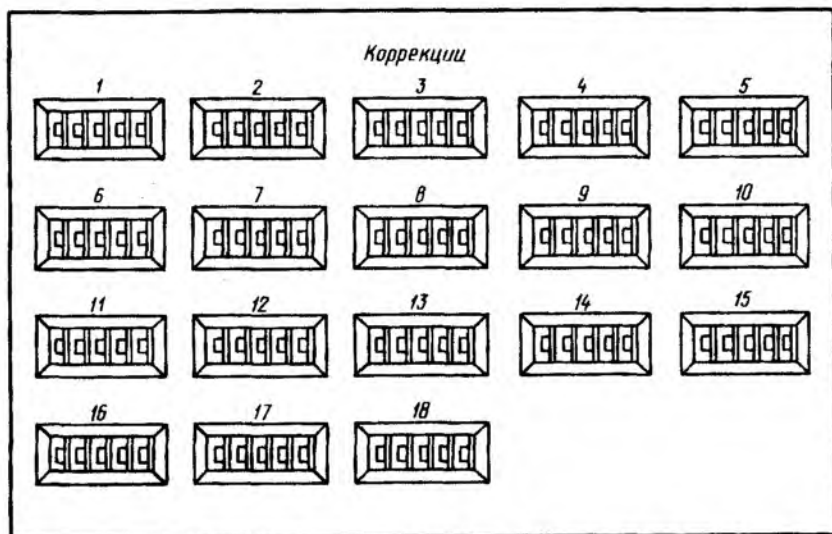


Рис. 7.5. Пульт коррекции УЧПУ мод. НЗЗ-1М

7.4. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

На фрезерных станках с ЧПУ используют те же режущие инструменты, что и на станках с ручным управлением. Предпочтение отдают стандартному режущему инструменту, однако в некоторых случаях применяют специальный инструмент.

Стандартные фрезы подразделяют на цилиндрические насадные; торцовые; концевые; дисковые; шпоночные; угловые; фасонные и т. д. Цилиндрические насадные фрезы изготовляют из быстрорежущей стали или с твердосплавными пластинами и используют для обработки открытых поверхностей деталей из чугуна, стали и цветных металлов.

Торцовые фрезы изготовляют из быстрорежущей стали или оснащают вставными твердосплавными ножами и используют для чернового и чистового фрезерования уступов, плоскостей и пазов в деталях из чугуна, стали и цветных сплавов.

Концевые фрезы (их режущую часть изготовляют из быстрорежущей стали или из твердых сплавов) предназначены для фрезерования пазов и уступов в деталях из различных материалов.

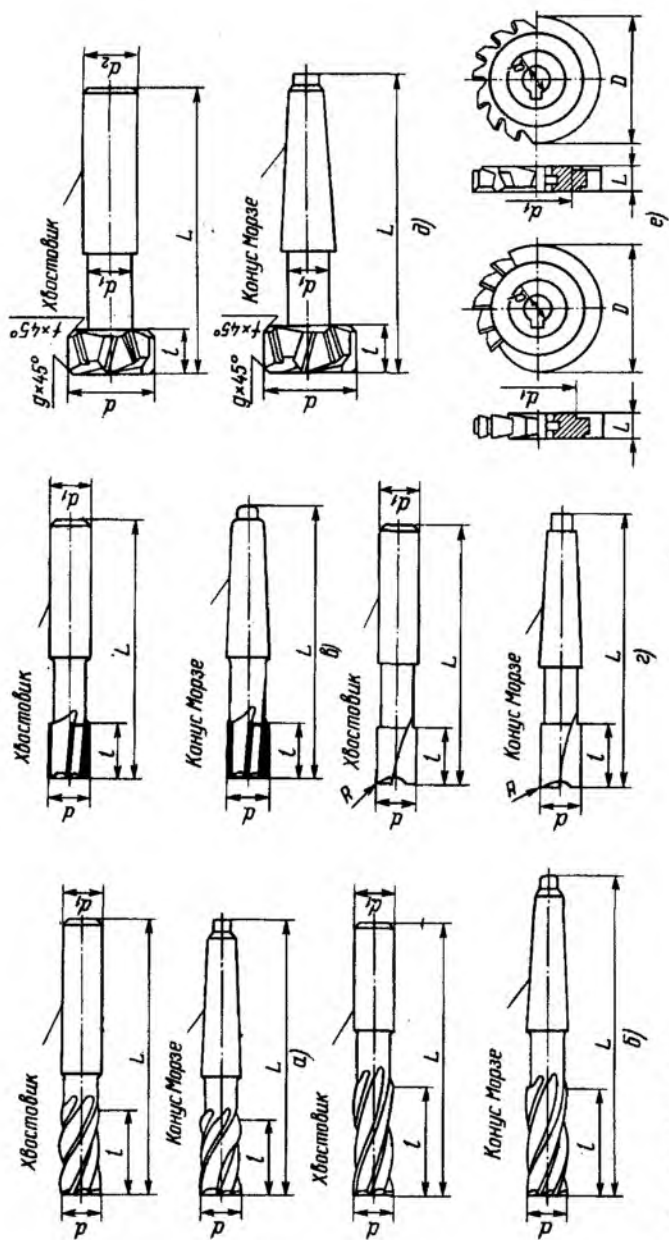


Рис. 7.6. Типы фрез

Дисковые фрезы (их режущую часть изготавливают из быстрорежущей стали или из твердых сплавов) используют для обработки пазов и уступов в деталях из различных материалов.

Шпоночные фрезы предназначены для фрезерования шпоночных пазов: диаметр шпоночных фрез 5–12 мм (из быстрорежущей стали) и 4–12 мм (из твердого сплава). Угловые, фасонные и фрезы им подобные предназначены для фрезерования пазов и уступов различной конфигурации. Они выпускаются, как и остальные фрезы, быстрорежущими и твердосплавными.

На станках с ЧПУ используются фрезы следующих типов (рис. 7.6): концевые цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали с цилиндрической и конусной хвостовой частями (рис. 7.6, а и б); концевые цилиндрические фрезы, оснащенные твердосплавными пластинами, с цилиндрической и конусной хвостовой частями (рис. 7.6, в); концевые шпоночные фрезы из быстрорежущей стали (рис. 7.6, г) с цилиндрической и конусной хвостовой частями; концевые фрезы для обработки Т-образных пазов (рис. 7.6, д); дисковые трехсторонние фрезы из быстрорежущей стали (рис. 7.6, е).

7.5. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

Режимы резания при фрезеровании выбирают по справочникам и нормативам применительно к обрабатываемому материалу и в зависимости от диаметра D фрезы, ширины B фрезерования, глубины t резания.

Мощность резания при фрезеровании торцовыми твердосплавными фрезами определяют по формуле

$$N_p = \frac{E v t z}{1000} k,$$

где E — величина, зависящая от отношения диаметра D фрезы к максимальной ширине B фрезерования; v — скорость резания, м/мин; t — глубина резания, мм; z — число зубьев фрезы; k — поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

7.6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

На фрезерных станках с ЧПУ, как правило, используют упрощенные по конструкции приспособления. Однако к ним предъявляют повышенные требования по точности и жесткости.

Фрезерные станки с ЧПУ позволяют с одной установки заготовки в одном приспособлении при одной настройке осуществить большое число переходов по обработке различных поверхностей. Для этого нужно, чтобы установочные элементы и зажимные устройства приспособления не мешали подходу режущего инструмента к поверхностям, подлежащим обработке. Заготовки должны иметь поверхности, обеспечивающие точность базирования и надежность закрепления. При от-

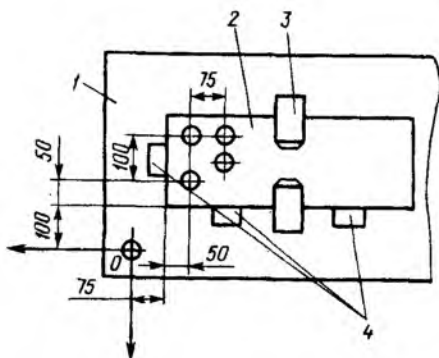


Рис. 7.7. Базирование заготовки относительно нулевой точки станка:
1 – стол; 2 – заготовка; 3 – прихват;
4 – упор

существовании надежных установочных баз и мест закрепления необходимо предусматривать наличие технологических платиков, бобышек, отверстий.

Относительное перемещение инструмента и заготовки на станках с ЧПУ происходит в установленной системе координат по заданной программе, поэтому приспособление должно ориентировать заготовку относительно начала координат системы (рис. 7.7). Для этого само приспособление должно быть определенным образом ориентировано относительно начала координат. Базирование плоских и корпус-

ных деталей, имеющих обработанные базовые поверхности, осуществляют: по трем плоскостям (в координатный угол); плоскости и двум отверстиям; плоскости и отверстию.

Для сокращения времени установки заготовок на столе станка или в приспособлении их базирование осуществляют в „координатный угол” с помощью опор 1 и 2 (рис. 7.8, а). Эти опоры, базирующие заготовку на столе станка соответственно по направляющей и опорной базовым поверхностям, устанавливают и крепят в Т-образных пазах стола станка (рис. 7.8, б). Стол станка перемещают в крайнее поперечное положение, при котором индикатор 3 отсчетной системы дает нулевое показание по оси Y . Затем в шпиндель станка устанавливают контрольную оправку 4, измеряют расстояние от нее до установочной поверхности опоры 1. Это расстояние равно $y - \frac{d}{2}$, где d – диаметр оправки (рис. 7.8, в). Далее стол перемещают в крайнее продольное положение до нулевого показания индикатора 3' (по оси X) и измеряют расстояние от оправки до установочной поверхности опоры 2. Это расстояние равно $y - \frac{d}{2}$ (рис. 7.8, г). Измеренные расстояния по осям Y и X определяют нуль отсчета системы ЧПУ.

В столах фрезерных станков с ЧПУ предусмотрены поперечные пазы или центральное отверстие. На столах с поперечными пазами приспособления базируют с помощью трех призматических или круглых шпонок; на столах с отверстием – с помощью двух штырей или штыря и шпонки. На столы станков, не имеющих указанных базовых элементов, устанавливают и жестко крепят специальные переходные плиты (рис. 7.9) с пазами или координатной сеткой отверстий, точно увязанной с координатной системой станка.

Для закрепления заготовок на столах станков с ЧПУ применяют следующие стандартные зажимные элементы: опоры ступенчатые для

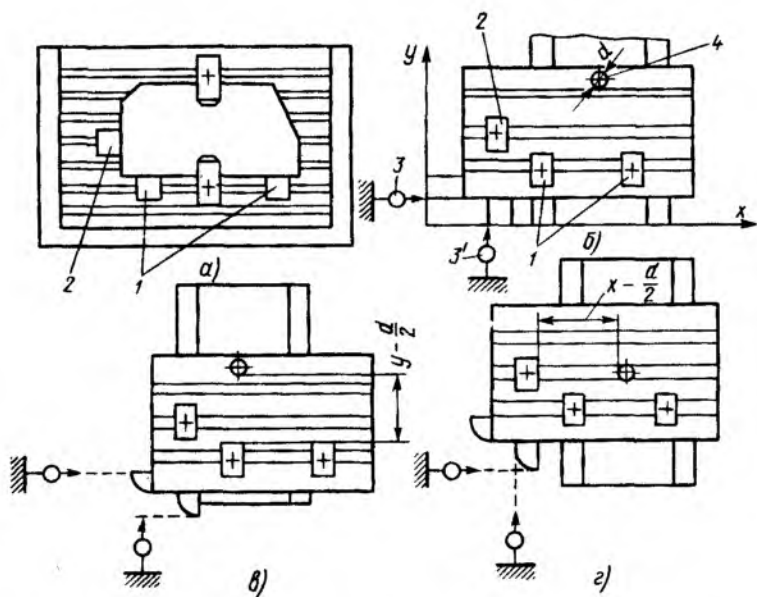


Рис. 7.8. Схема базирования заготовки на столе фрезерного станка: *а* – установка заготовки в „координатный угол”; *б* – установка базирующих элементов; *в* – измерение расстояния от оправки до направляющей базы; *г* – измерение расстояния от оправки до опорной базы

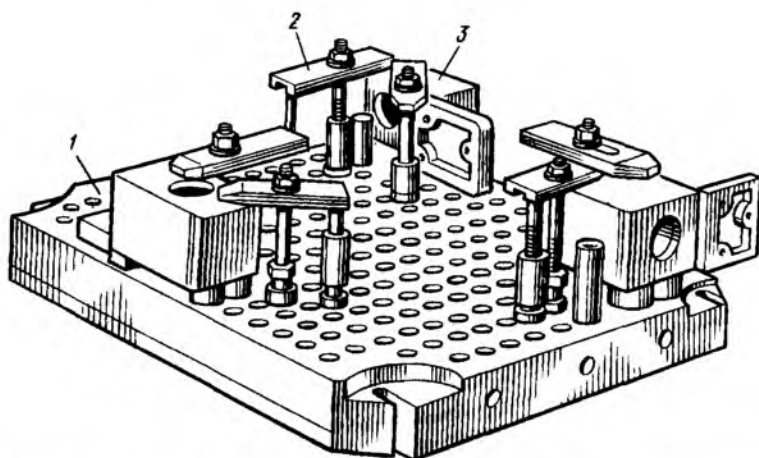


Рис. 7.9. Базовая переходная плита с универсальными зажимными устройствами:
1 – плита; 2 – прихват; 3 – заготовка

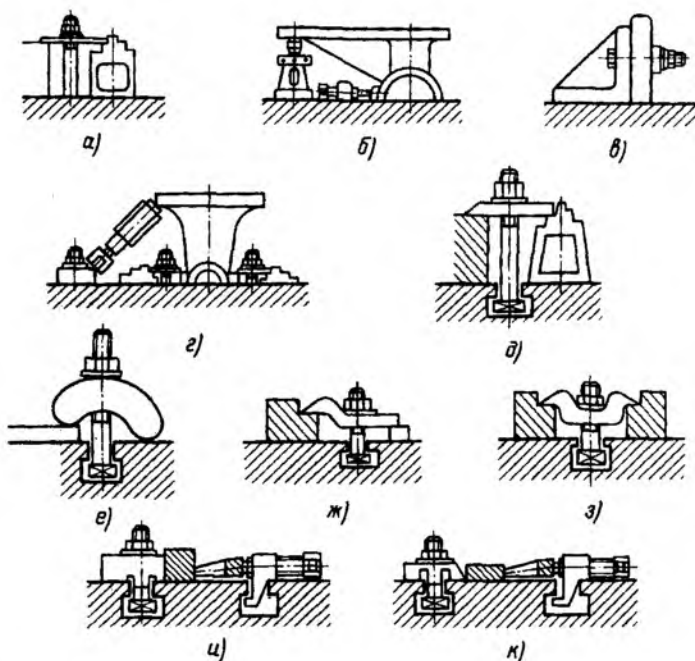


Рис. 7.10. Универсальные зажимные устройства

прихватов (рис. 7.10, а); подпорки винтовые (рис. 7.10, б); угольники (рис. 7.10, в); распорки винтовые (рис. 7.10, г); прихваты передвижные вилкообразные (рис. 7.10, д); прихваты изогнутые универсальные (рис. 7.10, е); прихваты передвижные ступенчатые (рис. 7.10, ж); прихваты корытообразные (рис. 7.10, з); упоры плиточные (рис. 7.10, и, к).

Для обработки заготовок используют: машинные тиски; поворотные столы (с гидравлическим или диафрагменным пневматическим приводом), обеспечивающие одноместное и многоместное закрепление заготовок.

Переналадка приспособлений на станках с ЧПУ занимает много времени, а партии обрабатываемых деталей невелики. Поэтому сокращение времени переналадки зажимных устройств резко повышает эффективность использования этих станков.

Быстропереналаживаемое зажимное устройство (рис. 7.11) со ступенчатой подставкой состоит из прихвата 5, болта 3 и гайки 4. Прихват опирается на ступенчатую подставку 1 через ролик 2 и регулируется по высоте перестановкой ролика по ступенчатым полуцилиндрическим пазам подставки.

Широкое распространение на станках с ЧПУ находят универсально-сборочные приспособления. Для обработки однотипных деталей на

станках с ЧПУ используют специализированные переналаживаемые приспособления.

К технологической оснастке фрезерных станков с ЧПУ относятся оправки и патроны, предназначенные для установки и закрепления режущего инструмента. Торцовые насадные фрезы устанавливают на оправках или непосредственно в шпинделе станка. При установке фрезы с цилиндрическим посадочным отверстием фрезу 1 крепят на оправке 5

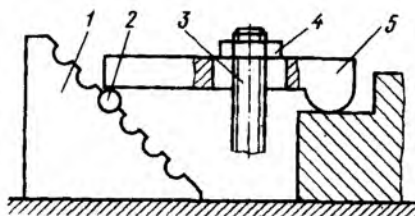


Рис. 7.11. Быстropеналаживаемое зажимное устройство

шпонкой 3 и винтом 2 (рис. 7.12, а) или переходным фланцем 8 и винтом 2 (рис. 7.12, б). При установке фрезы с коническим посадочным отверстием (рис. 7.12, в) фрезу крепят к оправке с помощью вкладыша 9 и винта 2, а оправку закрепляют в шпинделе б станка шомполом 7. Непосредственная установка торцовой фрезы в шпиндель показана на рис. 7.12, г: фрезу одевают цилиндрическим пояском на шпиндель 6 и притягивают винтами 10; крутящий момент от шпинделя к фрезе передается торцовой шпонкой 4.

Концевые фрезы с коническим хвостовиком 4 устанавливают в шпиндель 5 станка (рис. 7.13, а), используя переходные втулки 2, внутренний конус которых соответствует конусу хвостовика инструмента 1, в наружный конус — конусу шпинделя. Фрезу в шпинделе закрепляют шомполом 6. Торцовая шпонка 3 передает крутящий момент от шпин-

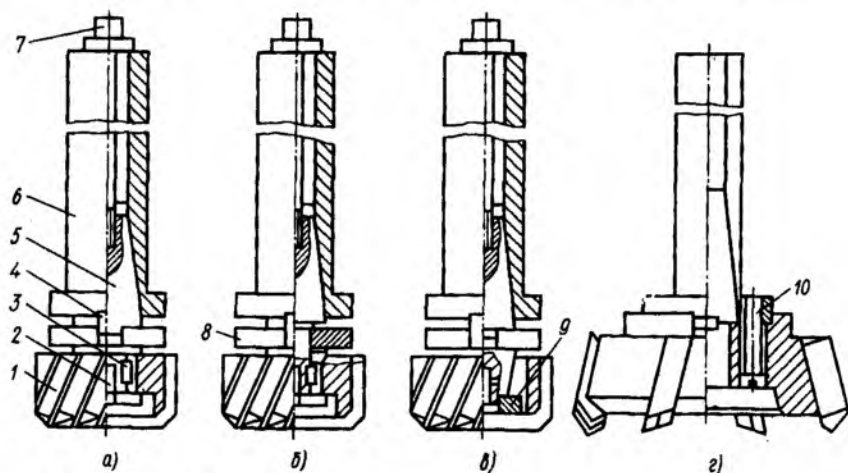


Рис. 7.12. Установка торцовых фрез:

а — на оправке; б — на переходном фланце; в — с использованием вкладыша; г — непосредственно в шпиндель

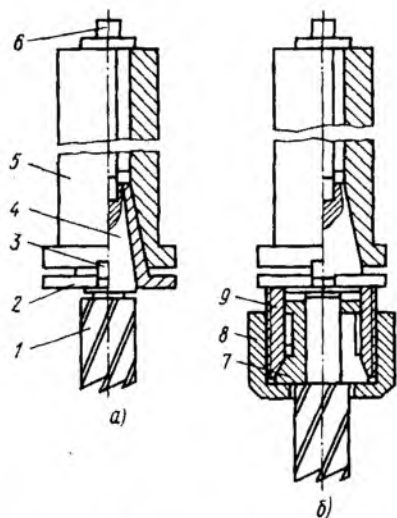


Рис. 7.13. Установка концевых фрез с коническим (а) и цилиндрическим (б) хвостовиком

деля к переходной втулке, а от последней к фрезе. Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне (рис. 7.13, б): фрезу устанавливают в цангу 7 и гайкой 8 закрепляют в корпусе патрона 9.

В новых моделях станков зажим оправки в шпинделе механизирован.

7.7. ПРИЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ

Изменение (смещение) положения заготовки в процессе обработки устраняют следующими способами: увеличения силы зажима детали (если это не приведет к ее чрезмерной деформации или поломке); установкой дополнительных упоров или прижимов, препятствующих смещению

заготовки; изменением величины и направления действия сил резания путем корректировки траектории перемещения инструмента, изменения его геометрических параметров или изменения режима обработки.

Вибрации устраняют, уменьшая глубину и ширину резания при одновременном увеличении подачи. Если это не приводит к снижению вибраций, то при черновом фрезеровании торцевой фрезой: изменяют частоту вращения инструмента; используют фрезу меньшего диаметра, с меньшим числом зубьев, большим углом в плане и большим положительным передним углом; изменяют положение центра фрезы относительно обрабатываемой поверхности; уменьшают неравномерность фрезерования; уменьшают вылет инструмента или усиливают его крепление; заменяют вспомогательный инструмент; изменяют траекторию перемещения фрезы, если это возможно.

Для уменьшения интенсивности вибрации при черновой обработке концевой фрезой рекомендуется: использовать фрезу большего диаметра, фрезу с меньшим числом зубьев, меньшей величиной биения режущих кромок; изменить траекторию или направления движения (встречное или попутное фрезерование); уменьшить частоту вращения фрезы; заменить инструмент из твердого сплава инструментом из быстрорежущей стали. Вибрации при чистовом фрезеровании устраняют: изменяя частоту вращения; увеличивая (в допустимых пределах) подачу; уменьшая число зубьев, участвующих в резании, с одновременным увеличением подачи на зуб.

До повышения точности формы обрабатываемой поверхности при фрезеровании торцовой фрезой необходимо: 1) использовать инструмент большего диаметра, обеспечивающий обработку поверхности за один ход инструмента; 2) осуществлять движение инструмента по направлению, обеспечивающему наименьшее влияние отклонения от перпендикулярности оси шпинделя на достигаемую точность; 3) стабилизировать упругие деформации от силы резания на всем пути движения инструмента.

При фрезеровании концевой фрезой точность формы обрабатываемой поверхности повышают: увеличением (если возможно) диаметра инструмента; уменьшением силы резания; изменением траектории движения режущего инструмента (попутное или встречное фрезерование); заменой одноконтурной обработки многоконтурной; врезанием фрезы по направлению, отличному от направления рабочей подачи.

7.8. ПРАВИЛА ОБСЛУЖИВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Перед пуском станка нужно произвести его внешний осмотр и проверить состояние направляющих; правильность регулировки клиньев; состояние зажимов подвижных исполнительных органов. Проверить, нет ли повреждений на пульте управления и других узлах. Проверить систему смазывания станка. Включить насосы смазки и по соответствующим указателям проверить поступление масла к местам смазки. Включить гидростанцию станка на 15–20 мин для прогрева масла. Проверить соответствие перемещений исполнительных органов положениям органов управления на пульте в наладочных режимах. Проверить правильность перемещений исполнительных органов от переключателей и кнопок ручного управления на всех режимах. Проверить лентопротяжный механизм пульта УЧПУ и установить ленту с УП. Провести опробование работы станка в автоматическом режиме. Первый рабочий ход должен быть вспомогательным (без обработки заготовки). Установить заготовку в приспособление и режущий инструмент в шпиндель станка и убедиться, что заготовка и приспособление не заденут выступающие части станка. Установить требуемую частоту вращения шпинделя. Категорически запрещается переключать скорости шпинделя на ходу. Гильзу шпинделя в большинстве случаев можно зажимать одной рукояткой. Второй зажим (гаечным ключом) используют при тяжелых режимах работы. Зажим стола нужно использовать только для неподвижной фиксации стола. Выбрать направление вращения шпинделя. Нажать на кнопку „Общий пуск“, далее на кнопку „Шпиндель пуск“, затем на кнопку „Воспроизведение“. После нажатия на кнопку „Общий стоп“ (для повторного запуска станка) нужно нажать на кнопку „Подать напряжение“ на пульте станка. При переходе на различные режимы работы необходимо следить за правильной установкой переключателя режимов работы. В случае обработки зеркального отображения детали по одной и той же УП нужно переключить переключатель

чатель „Матрица – пуансон” на пульте в противоположное направление. Необходимо помнить, что при работе станка задается масштаб перемещения и поэтому величина радиуса фрезы, устанавливаемая на пульте, так же дается в масштабе.

Контрольные вопросы

1. Какие станки фрезерной группы вы знаете?
2. Каковы основные особенности фрезерных станков с ЧПУ?
3. Расскажите о принципе работы станка мод. 6Р13ФЗ и системы ЧПУ „НЗЗ-1М”.
4. Какие режущие инструменты применяют на фрезерных станках с ЧПУ?
5. Какие стандартные установочные и зажимные приспособления для фрезерных станков вы знаете?
6. Какие существуют способы крепления фрез на станках с ЧПУ?
7. Какие приемы обеспечения качества обработки на фрезерных станках вы знаете?
8. Расскажите о правилах обслуживания и настройки фрезерных станков с ЧПУ?

ГЛАВА 8. СВЕРЛИЛЬНЫЕ И РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

8.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТИПАЖ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Сверлильные и расточные станки с ЧПУ предназначены для обработки (сверлами, зенкерами, развертками, расточным инструментом и др.) отверстий в деталях (из различных материалов) без применения разметки и кондукторов.

Сверлильные станки с ЧПУ подразделяются на вертикально-сверлильные (для обработки отверстий диаметром 12–50 мм) и радиально-сверлильные (для обработки крупных заготовок).

Сверлильные станки с ЧПУ обладают высокими жесткостью и точностью; точность позиционирования исполнительных органов $\pm (0,025 - 0,05)$ мм; число управляемых координат 3, в том числе одновременно управляемых 2; дискретность задания перемещений 0,01 мм. Крестовые столы сверлильных станков с ЧПУ устанавливают на опоры качения; перемещение салазок и стола осуществляется с помощью передачи винт — гайка качения; для привода столов используют или электродвигатели постоянного тока, или шаговые двигатели с гидроусилителями крутящих моментов. Главный привод состоит из одно- или двухскоростного асинхронного электродвигателя и коробки скоростей. Станки оснащаются поворотными столами и резьбонарезными патронами.

Расточные станки с ЧПУ подразделяются на горизонтально-расточные и координатно-расточные. Из горизонтально-расточных наибольшее распространение получили станки, не имеющие задних стоек и оснащенные поворотными столами. Эти станки имеют высокую точность позиционирования исполнительных органов; позволяют обрабатывать заготовку с двух сторон (при повороте стола на 180°); обеспечивают высокопроизводительную обработку соосных отверстий; позволяют обрабатывать взаимно перпендикулярные и наклонные отверстия четырех сторон заготовки. Станки оснащены выдвижным шпинделем диаметром 65–320 мм. Для окончательной обработки отверстий на расточных станках с ЧПУ используют развертки (взамен расточных оправок), что позволяет повысить точность и качество обработки и не требует настройки инструмента на размер. В расточных станках с ЧПУ обычно применяют закаленные направляющие качения, обеспечивающие малые и стабильные силы трения, а также длительное сохранение начальной точности прямолинейных перемещений исполнительных органов. Для повышения жесткости станка исполнительные органы, остающиеся в процессе обработки неподвижными, дополнительно фиксируются на направляющих с помощью специальных зажимов. Точность расточных станков с ЧПУ соответствует классам П и В. Привод главного движения — регулируемый двигатель постоянного тока в сочетании с коробкой скоростей, реже — асинхронный двигатель с механическим вариатором или многоступенчатой коробкой скоростей. Привод подачи — регулируемый двигатель постоянного тока или высокомоментный электродвигатель.

Системы ЧПУ для расточных станков позволяют программировать рабочие и вспомогательные движения как по прямоугольному циклу, так и под углом 45° к осям координат. УЧПУ обеспечивают высокие скорости вспомогательных перемещений (до 5 м/мин); позволяют с панели управления вводить коррекции положения инструмента и коррекции подач, осуществлять управление в режиме ручного ввода данных. Ступенчатое или плавное торможение приводов подач при выходе исполнительного органа в заданное положение обеспечивает точность позиционирования $\pm 0,01$ мм. Для удобства контроля за работой станка на пульте УЧПУ индицируются следующие параметры: координаты положения исполнительного органа каждый момент времени; номер кадра: номер находящегося в работе инструмента. Наиболее распространены расточные станки мод. 2611Ф2, 2А622Ф2, 2А620Ф2-1 с горизонтальным расположением шпинделя.

Координатно-расточные станки мод. 2450АФ2, 2Е450АФ1, 2Д450АФ2 и другие имеют вертикальное расположение шпинделя и обеспечивают точность позиционирования 0,001 мм.

8.2. СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ МОД. 2Р118Ф2 и 2Р135Ф2

Эти станки (рис. 8.1) имеют одинаковую компоновку и предназначены для обработки корпусных деталей, а также деталей типа „фланец“, „крышка“, „плита“, „рычаг“, „кронштейн“. На них можно производить сверление, растачивание, зенкерование, зенкование, цекование, нарезание резьбы и другие операции. Станки обеспечивают точность межосевых расстояний обрабатываемых отверстий 0,10 — 0,15 мм. Они могут работать в автоматическом цикле; в этом режиме производится многооперационная обработка деталей с большим числом отверстий.

Станки имеют крестовый стол 1 с телескопической защитой направляющих. По вертикальным направляющим станины перемещается шпиндельная бабка 3, на которой смонтирована шестишпиндельная револьверная головка 4, позволяющая осуществлять автоматическую смену инструмента по УП. Для ускорения ручной замены инструмента в револьверной головке предусмотрено специальное выпрессовочное устройство. На станке имеется два пульта 2 и 5 управления. Для управления перемещениями стола (координаты X и Y) от УП, записанной на перфоленту, станки оборудуются различными УЧПУ (наиболее распространенным является УЧПУ мод. „Координата С-70“). По координате z подача осуществляется в режиме циклового управления. Для координатных перемещений стола может быть также использован ручной ввод данных на УЧПУ. Цифровая индикация позволяет вести визуальное наблюдение за положением стола, а также контролировать правильность записи на перфоленте.

В станках предусмотрена обратная связь по положению исполнительных органов на каждом из двух перемещений, управляемых от перфоленты. В качестве ДОС используются круговые электроконтактные кодовые преобразователи.

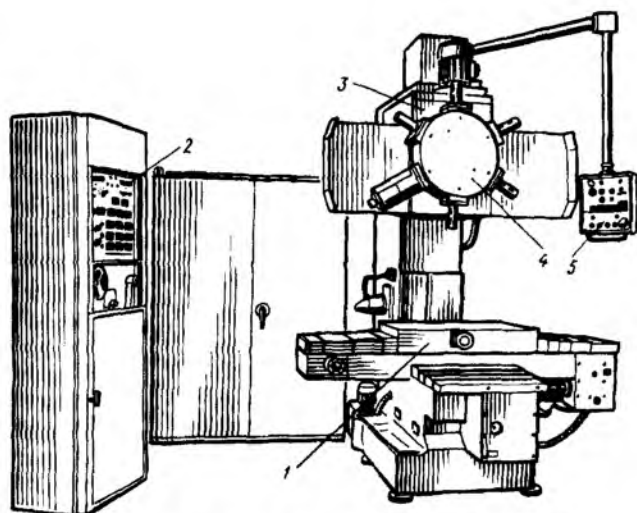


Рис. 8.1. Общий вид сверлильного станка мод. 2P135Φ2

Техническая характеристика

Модель станка	2P118Φ2	2P135Φ2
Наибольший условный диаметр сверления, мм	18	35
Число шпинделей	6	6
Частота вращения шпинделя, об/мин	45–2000	31,5–1400
Размеры рабочей поверхности стола, мм:		
ширина	280	400
длина	450	630
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до поверхности стола, мм	500	600
Число управляемых координат	3	3
Число одновременно управляемых координат	2	2
Наибольшее перемещение стола, мм:		
продольное	560	560
поперечное	360	360

Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм
 Подача, мм/мин
 Скорость быстрых перемещений, мм/мин
 Дискретность отсчета по осям координат, мм
 Мощность электродвигателя главного привода, кВт
 Габарит (длина \times ширина \times высота), мм
 Масса станка, кг

500
 10–500
 3800
 0,05
 2,2
 2350 \times 1800 \times 2500
 2500

560
 10–500
 3800
 0,05
 4
 2500 \times 1800 \times 2700
 3500

Органы управления станком. Управление станком производится с пульта УЧПУ или с пульта станка (рис. 8.2.).

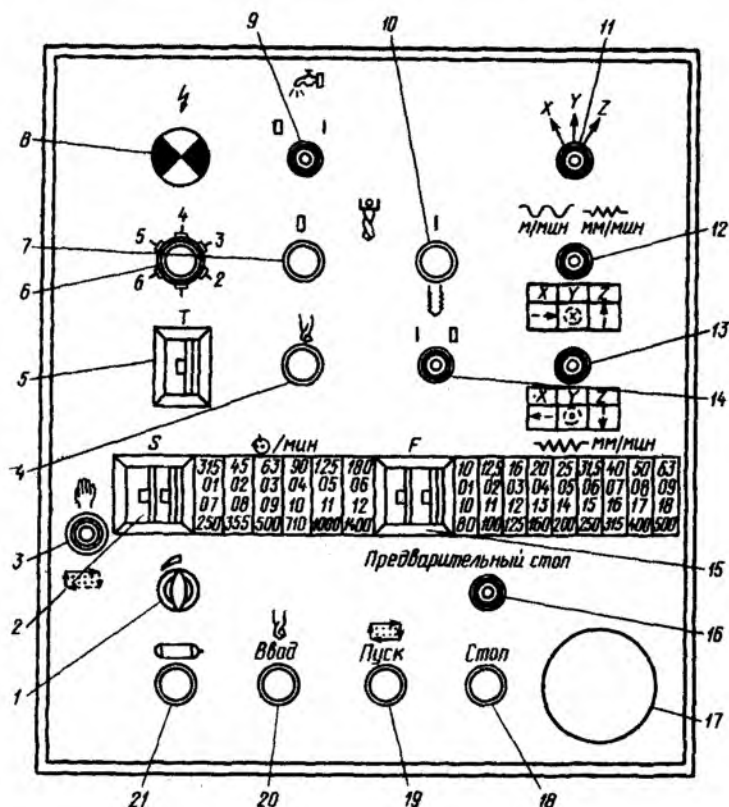


Рис. 8.2. Пульт управления станка мод. 2Р135Ф2

Двигатели станка и УЧПУ включают кнопкой 21. При этом загорается контрольная лампочка 8. Переключатель 3 режима работы станка имеет два положения: ручное управление и управление от УЧПУ. В положении „Ручное управление” (вверх) можно управлять станком кнопками и переключателями, расположенными на пульте станка. При этом переключатель 3, расположенный на УЧПУ, должен располагаться в положении „Наладка” (ручное управление).

Включение вращения шпинделя осуществляют кнопкой 10, а выключение — кнопкой 7. Поворот револьверной головки в требуемую позицию осуществляется переключателем 6: при этом на переключателе 5 устанавливают номер этой позиции. Поворот револьверной головки можно производить только в верхнем исходном положении суппорта. Для снятия режущего инструмента на станке предусмотрен механический выталкиватель, приводящийся в действие кнопкой 4. Ручкой 1 производят главную регулировку режима работы инструмента.

Тумблером 11 выбирают перемещение исполнительного органа (соответственно по осям X , Y и Z). Включение медленной или ускоренной подачи, а также выбор направления перемещения исполнительного органа осуществляется тумблерами 12 и 13. На пульте станка предусмотрено задание требуемых частоты вращения шпинделя и подачи. Для этого на переключателях S (поз. 2) и F (поз. 15) устанавливают код необходимых частот вращения шпинделя и подачи. На табличках, расположенных справа от переключателей, указаны значения выбираемых параметров с соответствующими кодами. Ввод набранной информации производят кнопкой 20. Станок обеспечивает резбонарезание в ручном режиме. Для этого устанавливают требуемый инструмент и при включении тумблера 14 производится нарезание резьбы. Включение подачи СОЖ осуществляется тумблером 9.

При установке переключателя 3 в положение „Управление от УЧПУ” включение кнопки 19 „Пуск” дублирует включение кнопки „Пуск УП” на пульте УЧПУ. Кнопкой 18 „Стоп” осуществляют остановку станка в любой момент времени. Тумблером 16 „Предварительный стоп” производят остановку станка после отработки отдельного кадра УП. Кнопкой 17 „Аварийный стоп” выключается питание оборудования станка.

Режим работы станка. Режим задают изменением положения переключателя 3 на пульте УЧПУ мод. „Координата С-70” (рис. 8.3). Переключатель может быть установлен в следующие положения: „Автомат”; „Полуавтомат”; „Ручной ввод”; „Наладка”.

Включение питания УЧПУ производят кнопкой 6 „Вкл.”, а выключение — кнопкой 4 „Откл.”. Затем переключатель 3 ставят в требуемое положение; начальная (исходная) установка устройства происходит автоматически при включении питания системы. Во всех остальных случаях кнопкой 2 „Сброс” осуществляется стирание из памяти ЧПУ всей ранее введенной информации.

На автоматическом и полуавтоматическом режимах станок работает от перфоленты. Для этого в считывающее устройство УЧПУ нужно установить перфоленту. Декадными переключателями OX , OY и

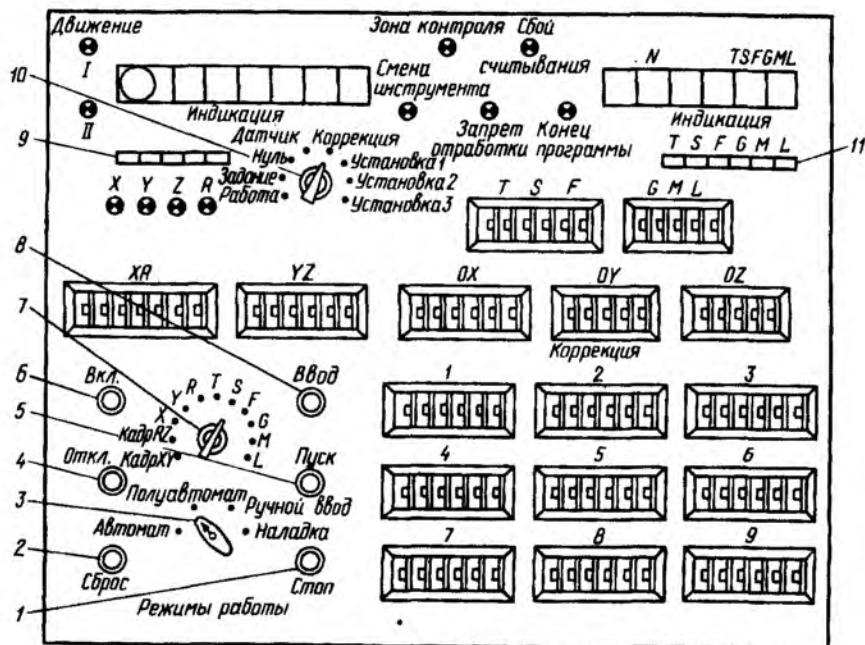


Рис. 8.3. Пульт УЧПУ мод. „Координата С-70”:

кнопки: 1 – „Стоп”, 2 – „Сброс”, 4 – „Отключено”, 5 – „Пуск”, 6 – „Включено”, 8 – „Ввод”; 3, 7, 10 – переключатели; 9, 11 – клавиши.

OZ (см. рис. 8.3) устанавливают смещение нуля отсчета для всех координат. Величины требуемых коррекций вводят на декадных переключателях 1 – 9.

Устройство имеет цифровую индикацию следующих параметров: заданной координаты; величины рассогласования; положения ДОС; плавающего нуля; величины коррекции; установок снижения скорости по одной из осей по выбору оператора. Для включения требуемой индикации переключатель 10 устанавливают в соответствующее положение. Клавишами 9 (с индексами *X*, *Y*, *Z* и *R*) производят выбор индикации по одной из требуемых осей. Устройство имеет цифровую индикацию номера № кадра, номера *T* инструмента, скорости *S* шпинделя, подачи *F*, вспомогательной функции *M*, подготовительной функции *G* и номера *L* коррекций, по выбору оператора, производимому нажатием соответствующих клавиш 11.

Работа в автоматическом режиме происходит при установке переключателя 3 в положение „Автомат” и нажатии кнопки 5 „Пуск”. При этом происходит считывание одного кадра перфоленты и обработка его станком. Затем автоматически считывается следующий кадр и снова

происходит отработка считанного кадра станком. Автоматический цикл может быть остановлен кнопкой 1 „Стоп”. Для продолжения работы нужно снова нажать кнопку „Пуск”. Полуавтоматический режим работы определяется установкой переключателя 3 в положение „Полуавтомат” и нажатием на кнопку „Пуск”. После этого происходит считывание одного кадра перфоленты и отработка его станком. Затем станок останавливается и для продолжения его работы нужно снова нажать кнопку „Пуск”.

Режим „Ручной ввод” предназначен для набора и ввода УП непосредственно с пульта УЧПУ. Для этого переключатель 3 ставят в положение „Ручной ввод”. Далее переключателем 7 ручного ввода и декадными переключателями *XP, YZ, T, S, F, G, M* и *L* в определенном порядке (как при программировании) набирают требуемый кадр УП. Затем нужно нажать кнопку 8 „Ввод”. Оработка введенной информации осуществляется после нажатия на кнопку „Пуск”. Ввод и отработка следующего кадра производится аналогично.

В режиме „Наладка” переключатель 3 на пульте станка устанавливают в положение „Ручное управление”, а на пульте УЧПУ — в положение „Наладка”. Управление работой осуществляется с помощью кнопок и переключателей, расположенных на пульте станка (см. рис. 8.2). На пульте УЧПУ при этом режиме осуществляется визуализация текущей координаты исполнительного органа на блоке индикации.

В УЧПУ предусмотрен контроль остановки исполнительного органа в зоне допустимого отклонения от заданной координаты ($+0,03$ мм) и запрет работы станка при остановке исполнительного органа за пределами допустимой зоны отклонения по координатам *X* и *Y* при позиционировании, что подтверждается загоранием сигнальных лампочек. На пульте УЧПУ имеется ряд лампочек, сигнализирующих о сбое считывания, смене инструмента, конце УП, перемещениях по соответствующим осям.

В устройстве предусмотрено программирование работы станка по постоянным циклам. Для этого в программе или при ручном вводе используют определенную вспомогательную функцию *G*, наличие которой в кадре определяет отработку цикла движений.

В УЧПУ мод. „Координата С-70-3” применяются следующие постоянные циклы (рис. 8.4) (ускоренные перемещения на циклограммах обозначены сплошными линиями, а рабочее — пунктирными): *G81* — быстро вперед — подача вперед — быстро назад к началу подачи; *G82* — быстро вперед — подача вперед — выдержка — быстро назад к началу подачи; *G84* — быстро вперед — подача вперед — реверс шпинделя — подача назад к началу подачи; *G86* — быстро вперед — подача вперед — стоп шпинделя — быстро назад к началу подачи, *G91* — быстро вперед — подача вперед — быстро назад к плоскости пересечения осей плавающего нуля; *G92* — быстро вперед — подача вперед — выдержка — быстро назад к плоскости пересечения плавающего нуля; *G94* — быстро вперед — подача вперед — реверс шпинделя — подача назад к началу подачи — быстро назад к плоскости пересечения осей плавающего нуля;

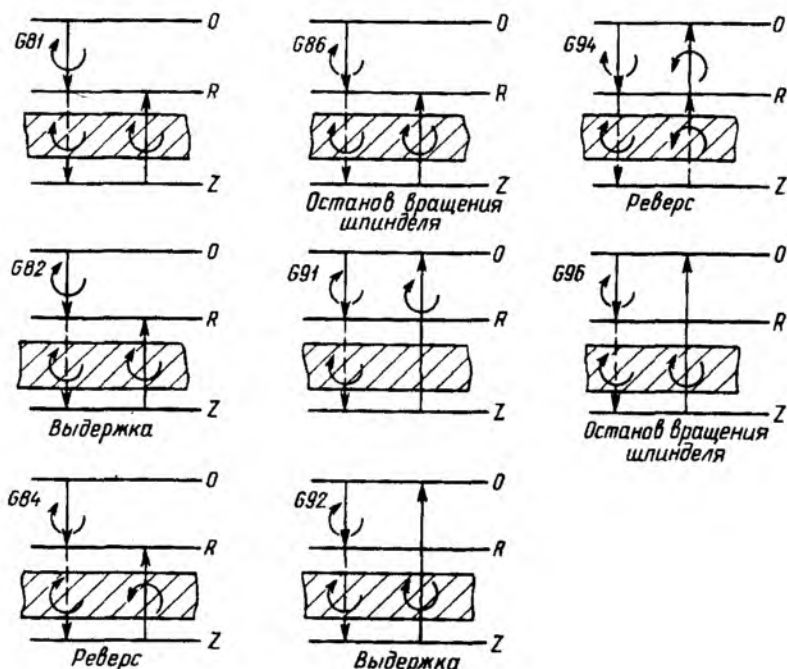


Рис. 8.4. Постоянные циклы сверления

G96 — быстро вперед — подача вперед — стоп шпинделя — быстро назад к плоскости пересечения осей плавающего нуля.

При этом в одном кадре наряду с функцией *G* задается значение *R* координаты, до которой инструмент движется на быстром ходу, и значение *Z* координаты, до которой инструмент движется на рабочей подаче.

Установка узлов станка в нулевое положение по осям X и Y. После установки на столе станка приспособления переключатель 3 на пульте станка (см. рис. 8.2) ставится в положение „Ручное управление”. Нулевая (исходная) точка приспособления (от которой произведен расчет всех размеров и координат в УП) с помощью центроискателя, конусного центра или оправки совмещается с осью шпинделя револьверной головки. На пульте УЧПУ переключатель 10 индикации (см. рис. 8.3) ставят в положение „Датчик”. Затем поочередно нажимают кнопки X и Y. Числа, высвечиваемые на табло устройства индикации, определяют величину смещения нуля. Эти числа набирают соответственно на переключателях OX и OY.

Установка нуля по оси Z. Инструменты устанавливают в револьверную головку согласно схемы наладки станка. Кулачок верхнего исходного положения суппорта закрепляют на направляющей по высоте

на таком расстоянии от стола, чтобы обеспечивался беспрепятственный поворот револьверной головки (с установленным инструментом) на угол 360° . На пульте УЧПУ переключатель 10 ставят в положение „Датчик” и нажимают кнопку *Z* или *R*. Числа, высвечиваемые на табло устройства индикации, определяют величину смещения нуля. Эти числа набираются на переключателе *OZ*. Величина смещения нуля должна быть не менее 20 мм; это необходимо для того, чтобы при выходе револьверной головки в верхнее исходное положение не было перебега нуля датчика. При настройке нуля по оси *Z* револьверную головку располагают в верхнем исходном положении.

Ввод коррекции. При составлении УП невозможно точно знать длину каждого инструмента. Поэтому при разработке УП вылет всех инструментов условно принимают равным. Соответственно с этим и величину *R* в УП для всех инструментов принимают одинаково.

При настройке станка необходимо откорректировать вылет каждого инструмента с помощью корректоров 1–9 на пульте УЧПУ. Для этого, управляя станком с его пульта, подводят инструмент к поверхности заготовки, относительно которой задана величина *R* в схеме наладки. На пульте УЧПУ переключатель индикации ставят в положение „Работа” и нажимают кнопку *Z*; при этом на табло высвечивается определенное число. От этого числа необходимо отнять заданную по схеме наладки величину, равную $[R + (2-3)]$ мм, и разность этих чисел набрать на соответствующем для данного инструмента корректоре. Если на табло индикации высвечивается число, абсолютная величина которого меньше $[R + (2-3)]$ мм, то на корректоре набирают число со знаком „-”, а если большее, то со знаком „+”.

8.3. ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫЙ СТАНОК МОД. 2А622Ф2-1

На этом станке (рис. 8.5) можно производить сверление, растачивание, зенкерование и развертывание, фрезерование и нарезание резьбы в крупных корпусных деталях массой до 4000 кг. Максимальный диаметр отверстий 320 мм.

Техническая характеристика станка мод. 2А622Ф2-1

Диаметр шпинделя, мм	90
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1120 × 1250
Наибольшие перемещения, мм:	
шпиндельной бабки (вертикальное)	1000
шпинделя (продольное)	710
стола (поперечное)	1250
стола (продольное)	1000
Частота вращения шпинделя, об/мин	10–1600
Подача, мм/мин:	
шпиндельной бабки и стола	1,25–1250
шпинделя	2 – 2000
Скорость быстрого перемещения, мм/мин:	
шпинделя	4000
шпиндельной бабки и стола	5000

Шаг нарезаемой резьбы:

метрической, мм

1-10

дюймовой, число ниток на 1"

4-20

Мощность главного привода, кВт

10

Габарит станка (длина X ширина X высота),

мм

5990 x 3850 x 3100

Масса станка, кг

17 500

Станок имеет неподвижную переднюю стойку и прямоугольный поворотный стол перемещающийся в продольном и поперечном направлениях относительно оси шпинделя. Задней стойки на станке нет,

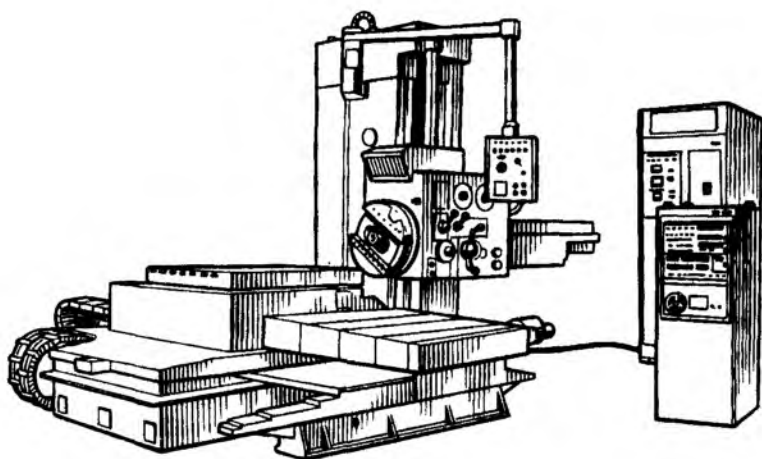


Рис. 8.5. Общий вид горизонтально-расточного станка мод. 2A622Φ2-1

поэтому на нем можно производить консольную обработку заготовок с четырех сторон. С этой целью стол оснащен автоматизированным устройством отсчета угла поворота (через каждые 90°) и оптическим устройством для отсчета угла поворота (в пределах 90°). Шпиндельный узел, смонтированный в высокоточных подшипниках качения, обеспечивает длительное сохранение точности, повышенную жесткость и виброустойчивость. Перемещение подвижных исполнительных органов осуществляется с помощью шариковых винтовых пар. Антифрикционные накладки на направляющих повышают плавность перемещения подвижных исполнительных органов и предохраняют направляющие от задиров. Станок имеет высокоточные закаленные боковые направляющие качения с устройством выборки зазора. Зажим исполнительных органов станка на направляющих производится автоматически (с помощью

гидромеханических устройств, действующих с постоянной силой). Смазывание направляющих — централизованное автоматизированное. Направляющие станины и саней стола имеют телескопические защитные устройства. Станок оснащен отдельными электрическими приводами для одновременного перемещения исполнительных органов по координатным осям. Тиристорные приводы подачи постоянного тока широкого диапазона позволяют изменять величину подачи в процессе обработки: смена инструмента ручная с механизированным зажимом.

Станок имеет подвижный пульт, который может перемещаться в любое место рабочей зоны. Конструкция станка позволяет оснащать его различными системами предварительного набора координат и цифровой индикации, различными системами ЧПУ. Наиболее часто станок оснащают УЧПУ мод. П32 и П32-3М.

Органы управления. Станком можно управлять как с пульта УЧПУ, так и с пульта станка (рис. 8.6). Насос станции смазывания включается кнопкой, расположенной на силовом шкафу станка. Если станок длительное время не работал, то нужно прокачать масло в направляющих. Для этого тумблер 6 „Толчок смазки” нужно поставить в требуемое положение. Переключатель 3 режима работы станка имеет два положения: ручное управление (символ „Рука”) и управление от УЧПУ (символ NS). В положении „Ручное управление” станком можно управлять

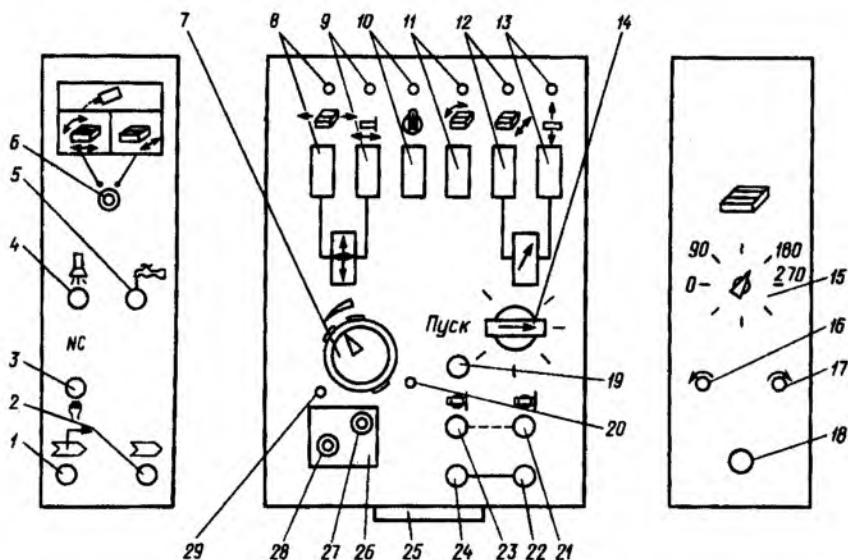


Рис. 8.6. Пульт управления станка мод. 2А622Ф2-1:

1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28 — кнопки; 3, 14, 15 — переключатели; 4, 5, 6 — тумблеры; 20, 29 — лампочки сигнальные; 25, 26 — клавиши

кнопками и переключателями, расположенными на пульте станка. При этом переключатель 9 режима работ на пульте УЧПУ (см. рис. 8.7) должен быть поставлен в положение „Индикация” (ручное управление). Включение правого вращения шпинделя осуществляют кнопкой 24, а левого — кнопкой 22 (см. рис. 8.6). Толчок шпинделя в ту или иную сторону производят кнопками 21 и 23. Длительность вращения шпинделя при этом определяется длительностью воздействия на кнопку.

Переключателем 15 осуществляют выбор необходимого угла установки стола (0; 90; 180; 270°). Выбор направления и включение поворота стола производят кнопками 16 и 17. Включение освещения осуществляется тумблером 4, а подачи СОЖ — тумблером 5.

Кнопки 8–13 предназначены для включения перемещения исполнительных органов станка, что подтверждается загоранием соответствующих сигнальных лампочек. Кнопкой 8 включают продольное перемещение стола (координата W), кнопкой 9 — выдвижение шпинделя (координата Z), кнопкой 10 — перемещение радиального суппорта планшайбы (это перемещение при работе станка в автоматическом режиме не программируется). Кнопкой 11 включают поворот стола. Кнопкой 12 включают перемещение стола в поперечном направлении (координата X), а кнопкой 13 — вертикальное перемещение шпиндельной бабки (координата Y).

Черновую обработку контура заготовки можно производить в полуавтоматическом режиме. Для этого нужно нажать одновременно кнопки 12 и 13 (координаты X и Y), а переключатель 14 поставить в положение, соответствующее требуемому направлению движения. Направление стрелки на переключателе указывает направление движения инструмента. Включение перемещения осуществляют нажатием кнопки 19 „Пуск”, что подтверждается загоранием сигнальной лампочки 20. Скорость совместных перемещений исполнительных органов, обозначенных кнопками 8 и 9, регулируют кнопками, расположенными на вариаторе 7. Включение подачи вперед осуществляют кнопкой 28, а назад — кнопкой 27. Любое перемещение исполнительного органа станка подтверждается загоранием сигнальной лампочки 29. Остановку подачи осуществляют нажатием клавиши 26, а остановку движения — нажатием клавиши 25. На пульте станка имеется кнопка 18 „Аварийный стоп”, которая выключает питание оборудования станка. При постановке переключателя 3 в положение „NC” станок управляется только от УЧПУ. При этом включением кнопки 2 дублируется включение кнопки „Пуск” на пульте УЧПУ, а кнопкой 1 — пуск после технологической остановки.

Режим работы станка. Режим задают изменением положения переключателя 9 на пульте УЧПУ мод. П32-3 (рис. 8.7). Он может быть установлен в следующие положения: „Индикация” (ручное управление); „Автоматический режим”; „Полуавтоматический режим”; „Ручной ввод”; „Восстановление”; „Поиск кадра”.

Включение и отключение питания УЧПУ производят кнопками 18 и 17. Наличие напряжения контролируется сигнальной лампочкой

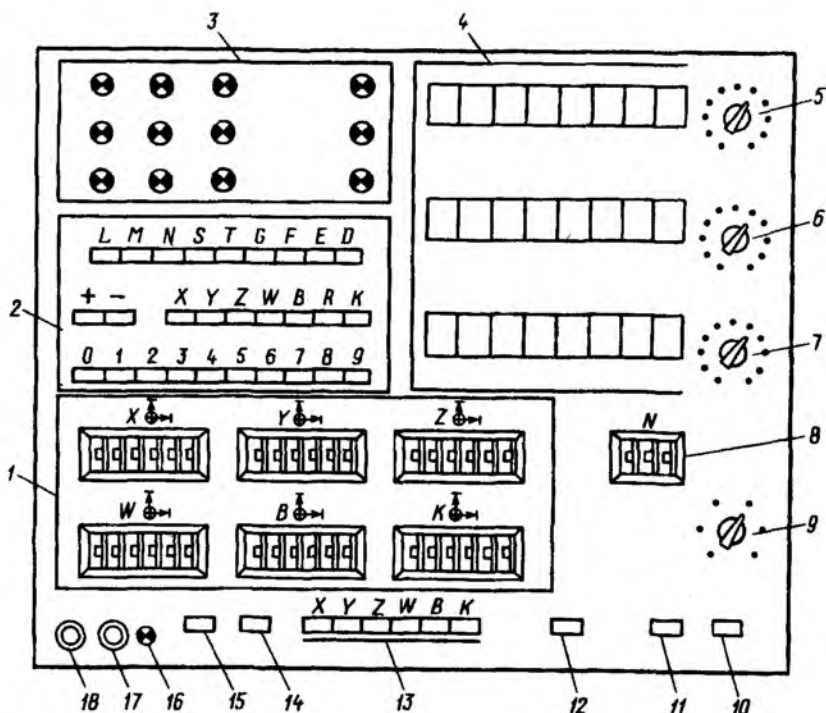


Рис. 8.7. Пульт УЧПУ мод. П32-3

16. Начальное (исходное) положение УЧПУ осуществляется автоматически при включении питания системы. Во всех остальных случаях нажатием кнопки 12 „Сброс” осуществляется стирание из памяти УЧПУ всей ранее введенной информации.

В режиме „Индикация” управление станком осуществляют с пульта станка (см. рис. 8.6). Для этого тумблер станка устанавливают в положение „Рука”, а переключатель режимов на пульте УЧПУ — в положение „Индикация”. УЧПУ при данном режиме осуществляет индикацию текущей координаты узлов на табло 4. Для индикации нажимают одну из клавиш 13. Переключатель индикации устанавливают в положение „Работа”. На табло будет индицироваться положение выбранного исполнительного органа относительно заданного нуля. Кнопка 10 „Стоп” на пульте УЧПУ в этом режиме не действует.

Автоматический и полуавтоматический режимы предназначены для работы станка от перфоленты. Для этого ее устанавливают в считывающее устройство УЧПУ. Затем декадными переключателями 1 производят (если это необходимо) смещение нуля отсчета для всех координат, а с помощью переключателей, расположенных на боковой стороне УЧПУ, вводят величины и знаки коррекций.

Работа в автоматическом режиме происходит при установке переключателя 9 в положение „Автомат”. Переключатели индикации 5, 6 и 7 также нужно установить в это положение. Работа станка начинается с момента нажатия на кнопку 11 „Пуск”. Происходит считывание одного кадра перфоленты и обработка его станком. После его обработки автоматически считывается следующий кадр и снова осуществляется обработка считанного кадра станком. Так происходит до тех пор, пока с перфоленты не будут считаны команды М00, М01, М06 или не будет нажата кнопка 10 „Стоп”. По этим командам автоматический цикл будет остановлен. Пустить его снова можно только кнопкой „Пуск” или кнопкой 15 „Повторение цикла”, если кнопка „Стоп” была нажата во время обработки перемещений. Автоматический цикл можно также остановить кнопкой 14 „Технологический останов”.

Полуавтоматический режим работы происходит при установке переключателя 9 в положение „Полуавтомат” и нажатии на кнопку „Пуск”. Происходит считывание одного кадра УП и обработка его станком. Затем станок останавливается. Для его дальнейшей работы нужно снова нажать на кнопку „Пуск”.

В режиме „Ручной ввод” станок управляется только от УЧПУ.

Движения по осям X, Y, Z программируются прямо с пульта УЧПУ. Режим „Ручной ввод” может использоваться для полной обработки деталей, для частичной обработки деталей и для ввода различных команд в режимах „Автомат” и „Полуавтомат”. Режим „Ручной ввод” устанавливают тумблером на пульте станка (положение NC) и переключателем режимов на пульте УЧПУ (положение „Ручной ввод”). Кнопками 2 может быть набрана (с одновременной индикацией) следующая информация: перемещения по оси X, Y, Z координаты плавающего нуля; скорости перемещений; условия позиционирования; коррекция; автоматические (постоянные) циклы; включения или выключения шпинделя; охлаждение инструмента; работа с отжатыми узлами и т. д. Набранную информацию переключателем ввода (положение „Кадр”) и кнопкой „Ввод” вводят в память УЧПУ.

Для обработки заданной информации нажимают кнопку „Пуск” на пульте УЧПУ. Для контроля введенной информации на пульте УЧПУ используют табло 4 и переключатели 5, 6 и 7. Режим „Восстановление” применяют для восстановления информации в памяти УЧПУ при ее потере. Для восстановления информации переключатель 9 нужно установить в положение „Восстановление”. На переключателе 8 (N°) устанавливают номер кадра, предшествующий номеру кадра, который нужно обработать станку. Перфоленту в считывающем устройстве устанавливают на начало программы, и нажимают кнопку „Пуск”. Происходит автоматическое считывание перфоленты до установленного кадра. При этом все вспомогательные команды запоминаются УЧПУ и схемой станка, а перемещения не обрабатываются. После остановки движения перфоленты нужно проверить соответствие введенной информации технологическому процессу обработки детали. Переход на автоматический

цикл осуществляют переводом переключателя 9 в положение „Автомат” и нажатием на клавишу „Пуск”.

Режим „Поиск кадра” используют для быстрого нахождения нужного кадра. Для этого переключатель 9 нужно установить в положение „Поиск кадра”. Затем перфоленту ставят на начало программы, а на переключателе 8 устанавливают номер искомого кадра. Нажимают клавишу „Пуск” и лента быстро проходит до нужного кадра и останавливается. В этом режиме интерполяция, заложенная ранее в память УЧПУ, сохраняется. Контроль искомого кадра осуществляют по индикации.

Пульт УЧПУ оснащен контрольными лампочками 3, сигнализирующими о сбое ввода, сбое памяти, сбое информации, считываемой с перфоленты, смене инструмента, работе системы, перемещениях, о том, что кадр найден или отработан, о контроле зоны, об остановке. Поэтому возникшую неисправность можно быстро выявить.

8.4. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ И РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

На этих станках применяют различные виды режущего инструмента: сверла; зенкеры; развертки; метчики; расточные резцы и т. д. По материалу режущей части эти инструменты делятся на быстрорежущие и твердосплавные; по конструкции — на цельные и сборные; по выполняемым операциям — на обычные и комбинированные.

Спиральные быстрорежущие сверла выпускают с цилиндрическим или коническим хвостовиком. Сверла с цилиндрическим хвостовиком изготавливают короткими, средними и длинными; без поводка и с поводком. Спиральные быстрорежущие сверла с коническим хвостовиком изготавливают сверхкороткими и удлиненными. Сверла с цилиндрическим хвостовиком используют для сверления отверстий диаметром 1–20 мм, а с коническим — диаметром свыше 5 мм.

Сборные перовые сверла эффективны при сверлении отверстий диаметром свыше 30 мм. Такое сверло (рис. 8.8, а) состоит из пластинчатого режущего ножа 1, державки 3, крепежного винта 2. В сборных сверлах применяют ножи различного вида: для сверления; для растачивания и цекования; для центрирования и снятия фаски. Хвостовая часть сверла имеет различную конструкцию: с внутренним подводом СОЖ; с цилиндрическим регулируемым хвостовиком; с конусом 7/24.

Комбинированные спиральные ступенчатые сверла (рис. 8.8, б и в) применяют для обработки отверстий под резьбу. Использование таких сверл на указанных станках позволяет совместить сверление и растачивание, а в ряде случаев исключить предварительную зацентровку отверстий. Это сокращает время вспомогательных перемещений исполнительных органов станка и смены инструмента.

Центровочные сверла, используемые для предварительной зацентровки отверстий в сплошном материале, выпускают комбинированными (рис. 8.9, *а*) и перовыми (рис. 8.9, *б*).

Зенкерование отверстий осуществляют зенкерами (из быстрорежущей стали или твердосплавными), которые бывают цельными и насадными.

Цекование отверстий под головки крепежных винтов осуществляют цилиндрическими зенковками из быстрорежущей стали или зенковками, оснащенными твердосплавными пластинами.

Для окончательной обработки отверстий используют развертки (цельные и насадные). Развертки из быстрорежущей стали применяют для развертывания отверстий 5–7-го квалитетов. Цельные развертки (рис. 8.10, *а*) выпускают для обработки отверстий диаметром 10–32 мм, а насадные (рис. 8.10, *б*) — для обработки отверстий диаметром 25–50 мм. Твердосплавные развертки выпускают цельные (рис. 8.11, *а*) диаметром 10–32 мм и регулируемые (рис. 8.11, *б*) диаметром 10–40 мм. Для нарезания резьбы в глухих отверстиях применяют метчики из быстро-

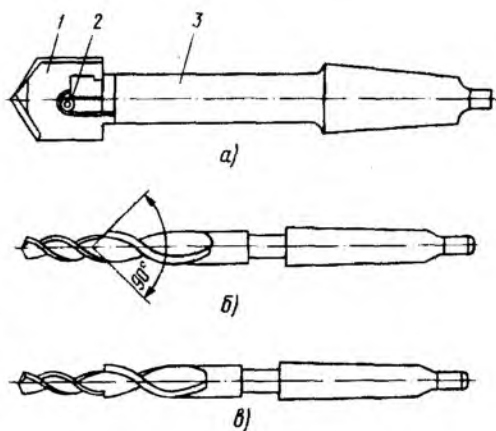


Рис. 8.8. Типы сверл:

а — сборное перовое сверло; *б, в* — спиральные комбинированные ступенчатые сверла

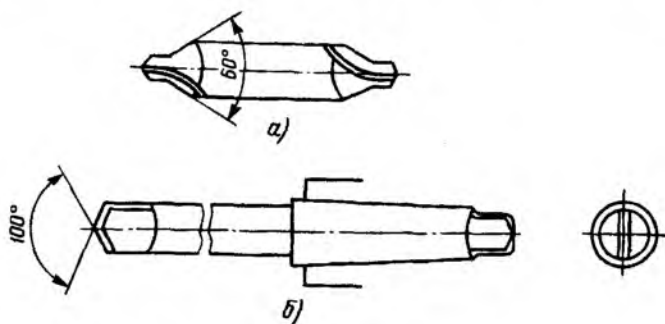


Рис. 8.9. Типы центровочных сверл:

а — комбинированное; *б* — перовое

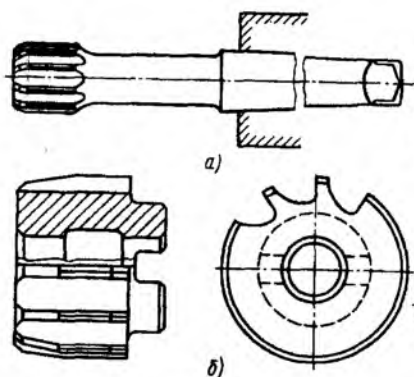


Рис. 8.10. Развертки из быстрорежущей стали:

а — цельные; *б* — насадные

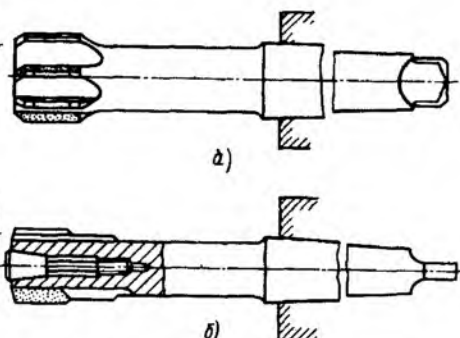


Рис. 8.11. Твердосплавные развертки:

а — цельные; *б* — регулируемые

режущей стали с винтовыми канавками, а для нарезания резьбы в сквозных отверстиях — метчики с прямыми канавками. Для обработки отверстий используют расточные резцы.

Режим резания для сверлильно-расточных станков назначают на основе нормативов. Станки с ЧПУ обеспечивают изменение режима резания при входе инструмента в отверстие и выходе из него, а также периодические остановки и выводы сверла.

8.5. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Крепление режущего инструмента на сверлильных станках с ЧПУ осуществляют с помощью вспомогательного инструмента, к которому относятся: переходные втулки; переходные патроны и оправки. Конические переходные втулки (рис. 8.12, *а*) служат для установки и закрепления инструментов с конусным хвостовиком. В комплект входят восемь типоразмеров переходных втулок с наружными и внутренними конусами Морзе: 1/0; 2/1; 3/1; 4/2; 4/3; 5/3; 5/4. Цанговые патроны (рис. 8.12, *б*) предназначены для установки и закрепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметрами 2 — 28 мм. Оправки (рис. 8.12, *в*) служат для установки и закрепления зенкеров и развер-

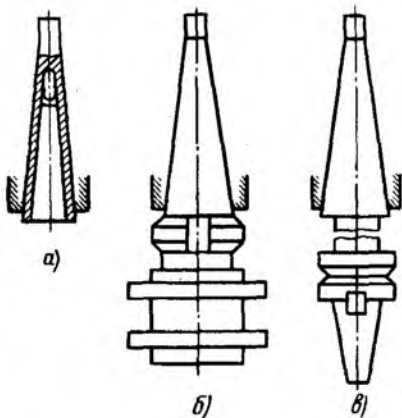


Рис. 8.12. Вспомогательный инструмент:

а — переходная втулка; *б* — цанговый патрон; *в* — оправка

ток с посадочным конусом 1:30. Быстросменные патроны предназначены для установки и закрепления метчиков, сверл и других инструментов.

На расточных станках с ЧПУ крепление режущего инструмента обычно осуществляют с помощью оправок (рис. 8.13). Используют оправки

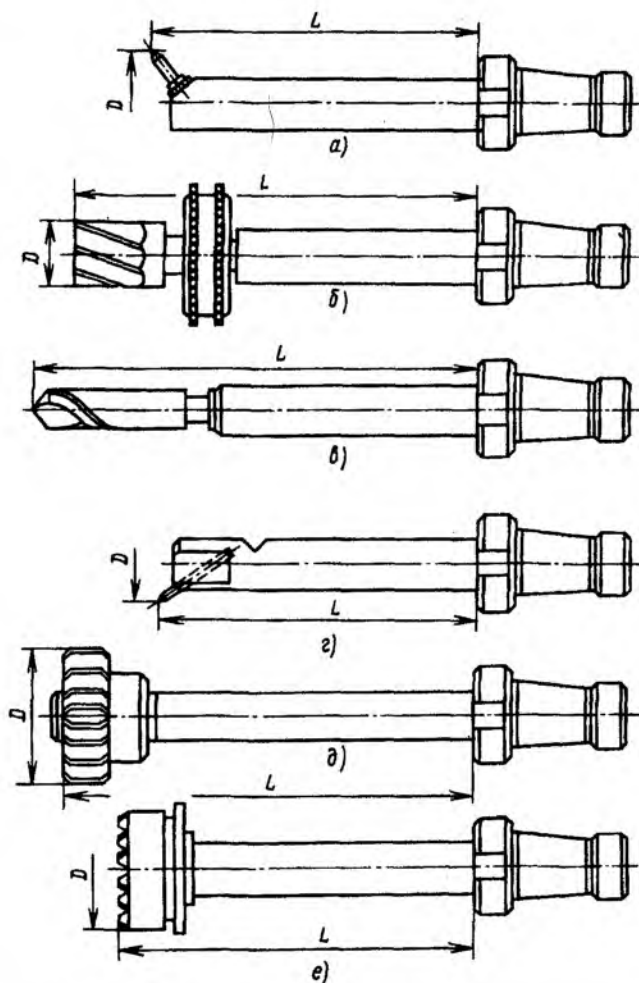


Рис. 8.13. Инструмент, используемый на расточных станках с ЧПУ

с микрорегулировкой вылета расточного резца (рис. 8.13, а). Конструкция оправки позволяет перемещать резец на величину до 9 мм с точностью 0,02 мм. Инструменты с цилиндрическим хвостовиком (сверла, зенкеры, фрезы) крепятся в оправках с цанговым зажимом

(рис. 8.13, б), а с коническим хвостовиком — в оправках с коническим посадочным отверстием (рис. 8.13, в) непосредственно через конические переходные втулки. Используют и другие виды крепления режущего инструмента в оправках (рис. 8.13, г — е).

8.6. НАСТРОЙКА ИНСТРУМЕНТОВ НА РАЗМЕР

Инструмент для станков, оснащенных устройством его автоматической смены, заранее настраивают на требуемый размер, используя различные устройства и приспособления. Для станков сверлильной, расточ-

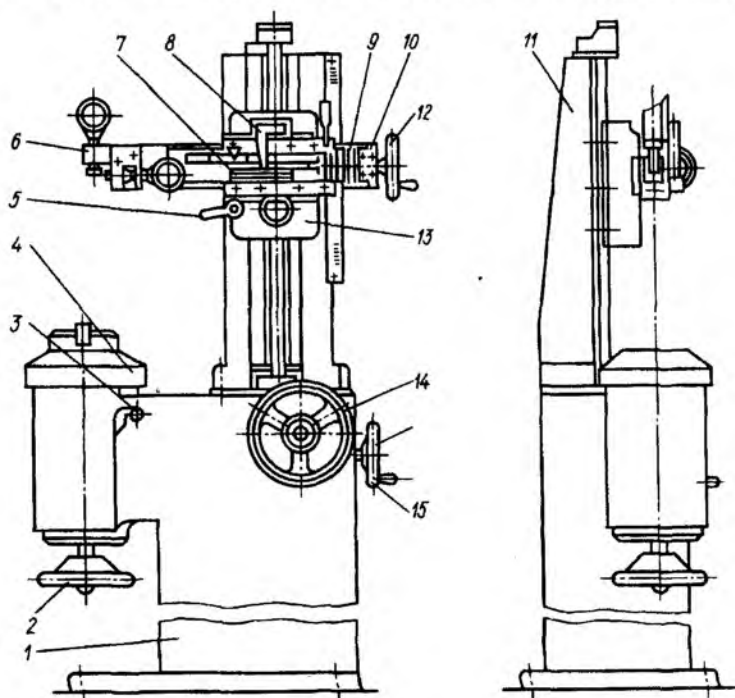


Рис. 8.14. Устройство мод. БВ-2013 для размерной настройки инструментов:

1 — основание, 2, 12, 14, 15 — маховики, 3 — фиксатор, 4 — шпиндель, 5 — стопор, 6 — наладка, 7 — призма, 8 — упор неподвижный, 9 — головка микрометрическая, 10 — каретка горизонтальная, 11 — стойка, 13 — каретка вертикальная

ной и фрезерной групп для размерной настройки инструмента применяют устройство мод. БВ-2013 (рис. 8.14). Оно имеет литое основание 1 со шпинделем 4. Фиксатор 3 исключает поворот шпинделя 4 при затяжке инструмента маховиком 2. На основании расположена стойка

11 с вертикальной кареткой 13, которая перемещается по направляющим стойки ходовым винтом при вращении маховика 14 грубого или маховика 15 точного механизма перемещений. Фиксация каретки в нужном положении выполняется стопором 5.

На каретке 13 имеются направляющие, на которых расположена горизонтальная каретка 10. На ней закреплены: наладка 6 с индикаторами, служащими для фиксации положения настраиваемого инструмента на заданный размер как по диаметру, так и по вылету; призма 7 для закрепления установочных мер, кратных 25 мм; микрометрическая головка 9 с пределами измерения до 25 мм и ценой деления 0,01 мм.

Каретка 10 перемещается ходовым винтом при вращении маховика 12 и гайки, которая под действием пружины поднимает винт микрометрической головки 9 к неподвижному упору 8. При этом между торцами гайки и направляющей должен образоваться осевой зазор. Наличие зазора определяется по совмещению указателя, закрепленного на гайке, и штриха, нанесенного на направляющих. Установку устройства на заданные координаты осуществляют двумя способами: 1) по вылету инструмента; 2) по диаметру инструмента.

При первом способе: ослабляют стопор вертикальной каретки; маховиком 14 предварительно перемещают каретку 13 на размер, пользуясь шкалой линейки и нониусом; маховиком 15 устанавливают требуемый размер с помощью нониуса.

При втором способе: маховиком 12 каретку 10 отводят вправо на величину, превышающую заданную (отсчет ведут по линейке); на призму 7 укладывают соответствующую вставку или концевую меру длины; винтом микрометрической головки окончательно устанавливают требуемый размер; каретку 10 перемещают до входа указателя в зону штриха.

Аналогично работают устройства мод. БВ-2014, БВ-2015 и БВ-2016.

8.7. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНЫХ И РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

На этих станках применяют различные приспособления с базированием деталей по трем взаимно перпендикулярным плоскостям, по плоскости и отверстию, по плоскости и двум отверстиям и т. д. Приспособления должны обладать повышенной точностью и жесткостью. Применяют универсально-сборные, переналаживаемые и специальные приспособления.

На сверлильных станках с ЧПУ для крепления деталей типа тел вращения используют трехкулачковые патроны, устанавливаемые на крестовом столе станка. Для крепления плоских деталей на столе станка применяют универсальные зажимные устройства (см. рис. 7.10). Небольшие детали устанавливают и крепят в тисках на столе станка.

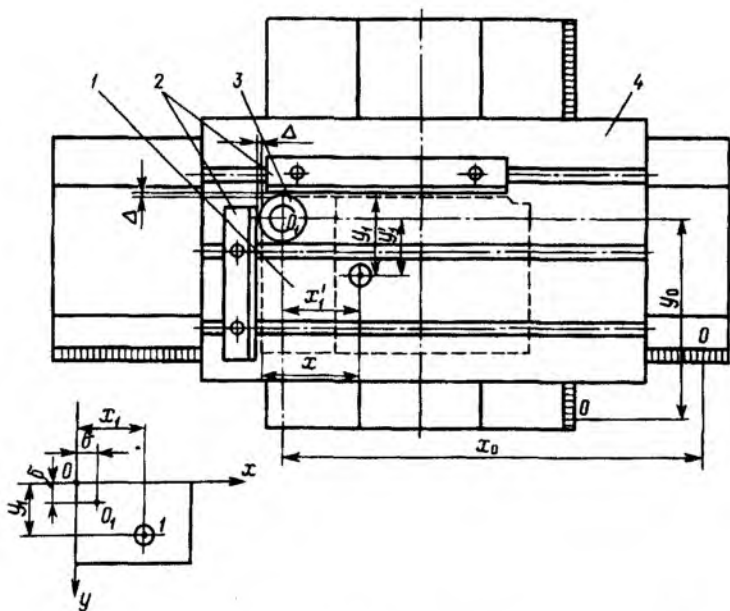


Рис. 8.15. Установка стола сверлильного станка в исходное положение: 1 — деталь, 2 — планки, 3 — оправка, 4 — стол

Для базирования деталей непосредственно на столе сверлильного станка (рис. 8.15) используют различные упоры и планки. Так, базирование детали 1 осуществляют на поверхности стола 4 (установочная база) по двум закрепленным планкам 2, которые материализуют направляющую и опорную базы. Таким образом базирование осуществляется в „координатный угол”. В шпиндель станка устанавливают контрольную оправку 3 диаметром D . При настройке относительно нее выверяют (по планкам 2) положение стола. Найденное положение оси шпинделя (точка O_1) принимают за исходное. С помощью отсчетной системы можно определить координаты x_0, y_0 этой точки от абсолютного нуля станка. Перед обработкой УП на декадных переключателях пульта управления набирают (отдельно по каждой координате) значения величины смещения нуля отсчета (координаты x_0, y_0), которые автоматически вводятся в УП при считывании подготовительной функции смещения нуля. В результате при работе станка начало отсчета смещается в точку O_1 . Положение всех отверстий в детали обычно задано размерами от базовых плоскостей (исходная точка O). В действительности же за исходную принята точка O_1 , поэтому координаты x'_1, y'_1 оси первого обрабатываемого отверстия будут меньше заданных размеров x_1, y_1 на величину $\delta = \frac{D}{2} - \Delta$, где D — диаметр контрольной оправки, Δ — толщина щупа, применяемого при настройке. Эту разницу в координатах первого обрабатываемого по УП отверстия нужно учесть вве-

дением коррекции по соответствующим осям на величину δ . Далее при обработке следующих отверстий смещение нуля отсчета не сказывается, так как перемещение стола происходит в приращениях по координатам.

При обработке деталей сложной конфигурации на сверлильных и расточных станках рекомендуется применение универсально-переналаживаемых приспособлений, собираемых из унифицированных элементов.

8.8. ПРИЕМЫ РАБОТЫ НА СВЕРЛИЛЬНЫХ И РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

При обработке сверлами небольшого диаметра могут возникнуть поломки инструмента, обусловленные: несоответствием геометрии сверла заданной; неправильной установкой сверла в патроне; врезанием сверла в заготовку на ускоренной подаче (смещена точка начала рабочей подачи); завышением скорости резания; завышением рабочей подачи; несовпадением осей центрального отверстия и спирального сверла; погрешностями размера и формы центрального отверстия; сверлением без предварительного центрования отверстия; пересечением сверла с другими поверхностями детали при его выходе из отверстия.

Во избежание поломки сверл большого диаметра нужно проверить УП с целью устранить: возможные перемещения сверла, непараллельные его оси, до его выхода из отверстия; врезание сверла на ускоренном ходу; самопроизвольные повороты и перемещения исполнительных органов станка под действием сил резания.

Для метчиков проверяют работоспособность патрона, а также согласование частоты его вращения и рабочей подачи.

В целях получения заданной точности размера и относительного положения отверстия при сверлении необходимо: применять сверла, соответствующие по всем параметрам требованиям чертежа и стандарта; исключить несовпадение осей сверла и центрального отверстия; использовать сверла наименьшей допустимой длины; правильно назначать подачу врезания и рабочую подачу. Если это не обеспечивает указанную точность, то нужно изменить схему обработки: например, вместо одного сверла применить последовательно два сверла разного диаметра.

При обработке отверстий возможно скалывание металла. Для исключения этого заменяют обработку одним инструментом (сверлом) обработкой двумя инструментами (два сверла или сверло и зенкер).

Погрешности размера и формы отверстия после зенкерования обусловлены несовпадением осей подготовленного отверстия и инструмента или биением его режущих кромок. Эти причины необходимо устранить. То же можно отнести к обработке развертыванием. Стабильность размеров и шероховатость обработанных разверткой отверстий обеспечивается работой острозаточенным инструментом с применением СОЖ.

Точность размера и относительного положения отверстий при растачивании обеспечивают: правильным базированием заготовки и инстру-

мента; использованием устройств, обеспечивающих постоянство положения инструмента в шпинделе как по длине, так и в угловом положении; применением ручной или автоматической очистки посадочных поверхностей шпинделя и оправки перед каждой установкой инструмента; стабилизацией сил зажима инструмента. Уменьшить погрешности формы отверстий (отклонение от круглости, конусообразности и т. д.) можно путем повышения точности обработки отверстия под чистовое растачивание; уменьшения силы резания; изменения геометрии режущего инструмента и режима обработки.

Вибрации, возникающие при растачивании, снижают точность обработки. Их устраняют изменением режима резания; уменьшением длины или вылета оправки и увеличением ее диаметра; заменой резцов с твердосплавными пластинами на резцы из сверхтвердых материалов (эльбор); изменением геометрии резца; применением виброгасителей и т. д.

Устранение или уменьшение погрешностей обработки, обусловленных деформациями заготовки от перераспределения внутренних напряжений или зажима, достигают следующим образом: выполнением чистовых переходов в конце операции и, если возможно, после перезакрепления заготовки; изменением точек приложения сил зажима перед выполнением чистовых переходов. Тепловые деформации заготовок уменьшают путем своевременного отвода стружки, что предотвращает ее скопление во внутренних полостях заготовки. В автоматическом цикле работы станка после выполнения переходов, на которых образуется много стружки, или перед чистовыми переходами нужно предусматривать технологические остановки для удаления стружки и охлаждения заготовки.

Контрольные вопросы

1. Что вы знаете об особенностях конструкции, назначении и типажа сверлильных и расточных станков с ЧПУ?
2. Расскажите о станке мод. 2P135Ф2.
3. Какой порядок управления станком мод. 2P135Ф2?
4. Расскажите о станке мод. 2A620Ф2-1.
5. Какой порядок управления станком мод. 2A620Ф-1?
6. Какой режущий инструмент применяют на сверлильных и расточных станках с ЧПУ?
7. Как настраивают режущий инструмент на размер?
8. Какие приспособления используют на сверлильных и расточных станках с ЧПУ?
9. Какие приемы обработки используются на этих станках при выполнении операций сверления и растачивания?

ГЛАВА 9. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ

9.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТИПАЖ СТАНКОВ

Многоцелевые станки (МС) — это станки, оснащенные УЧПУ и устройством автоматической смены инструментов и предназначенные для комплексной обработки за одну установку корпусных деталей и деталей типа тел вращения. МС выпускают: 1) с одним шпинделем и многопозиционным инструментальным магазином (емкостью 12–120 инструментов), при этом инструмент заменяется в шпинделе автоматически (по программе) за 5–6 с; 2) с револьверной инструментальной головкой (число инструментов 5–8), при этом смена инструмента (за 2–3 с) осуществляется поворотом револьверной головки; 3) с револьверной головкой и инструментальным магазином, что позволяет в процессе резания заменять инструменты в неработающих шпинделях револьверной головки.

Производительность МС в 4–10 раз выше производительности универсальных станков благодаря резкому уменьшению доли вспомогательного времени в цикле обработки и, следовательно, увеличению (до 60–75 %) доли машинного времени в этом цикле. Сокращению вспомогательного времени способствуют: автоматическая смена инструмента; высокая скорость (до 20 м/мин) быстрых перемещений (на вспомогательных ходах) исполнительных органов; настройка инструмента на размер вне станка; исключение контрольных операций и др. В современных МС используют сменные инструментальные магазины с заранее настроенными на размер инструментами, что сокращает время на переналадку станка.

На МС можно осуществлять сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, растачивание, фрезерование и другие виды обработки. С помощью МС производят, как правило, окончательную обработку деталей. Точность ряда МС соответствует точности координатно-расточных станков: точность отверстий после растачивания соответствует 6–7-му качеству; шероховатость обработанной поверхности $Ra = 1 \div 2$ мкм. МС позволяют в автоматическом режиме обрабатывать сложные корпусные детали за одну установку со всех сторон (кроме базовой поверхности, используемой для закрепления заготовки). Для этого МС оснащают столом, имеющим возможность поворота в вертикальной и горизонтальной плоскости. Существуют конструкции МС, у которых ось шпинделя устанавливается по программе горизонтально, вертикально или под любым углом к плоскости стола станка. МС могут оснащаться приспособлениями-спутниками (ПС) для установки и закрепления заготовок, а также устройствами автоматической смены ПС. Выпускают МС вертикальной и горизонтальной компоновки. МС вертикальной компоновки предназначены для обработки заготовок с одной стороны, а при наличии многопозиционных и поворотных приспособлений — с нескольких сторон.

Вертикальный многоцелевой станок мод. 2254ВМФ4 (рис. 9.1) оснащен инструментальным магазином 3 (емкостью 30 инструментов), расположенным на отдельной стойке рядом со станком. Смену инструмента производит автооператор 2. Шпиндельная бабка 5 (несущая шпиндель 4) перемещается по вертикали (ось Z), а крестовый стол 1 – в горизонтальной плоскости (по осям X и Y). В качестве приводов главного движения и подачи используются электродвигатели постоянного тока с широким диапазоном регулирования частоты вращения. Исполнительные органы станка перемещаются по роликовым направляющим с помощью беззазорных передач винт – гайка качения; точность позиционирования 0,012 мм.

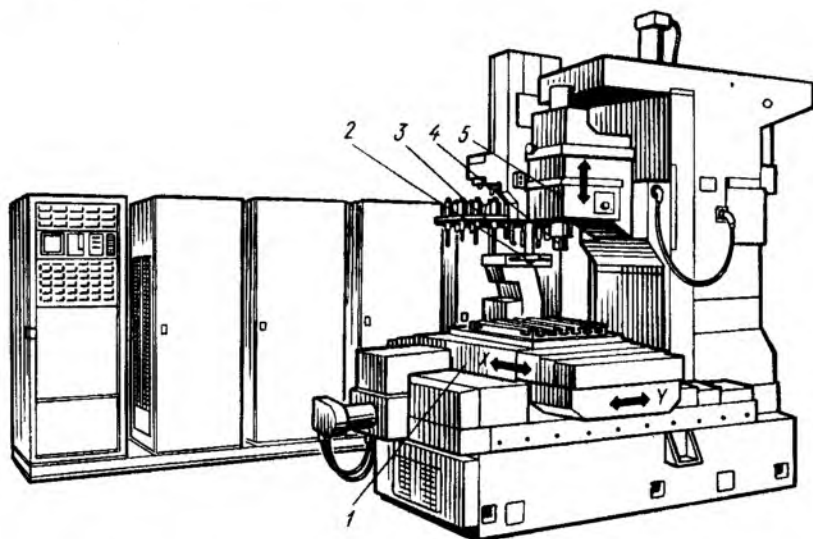


Рис. 9.1. Вертикальный многоцелевой станок мод. 225ВМФ4

Горизонтальные МС предназначены для обработки заготовок с двух – четырех, а иногда с пяти сторон. В последнем случае шпиндельные головки имеют поворот вокруг вертикальной и горизонтальной оси. Наиболее распространены компоновки горизонтальных МС с крестовым поворотным столом и шпиндельной бабкой, имеющей вертикальное перемещение.

Токарно-сверлильные и токарно-сверлильно-фрезерные МС предназначены для комплексной обработки (точения, фрезерования, сверления, рассверливания, растачивания и т. д.) деталей типа тел вращения.

Токарный многоцелевой станок мод. 16А90МФ4 (рис. 9.2) предназначен для обработки корпусных деталей диаметром до 800 мм, длиной до 250 мм и массой до 600 кг. Заготовку устанавливают в пат-

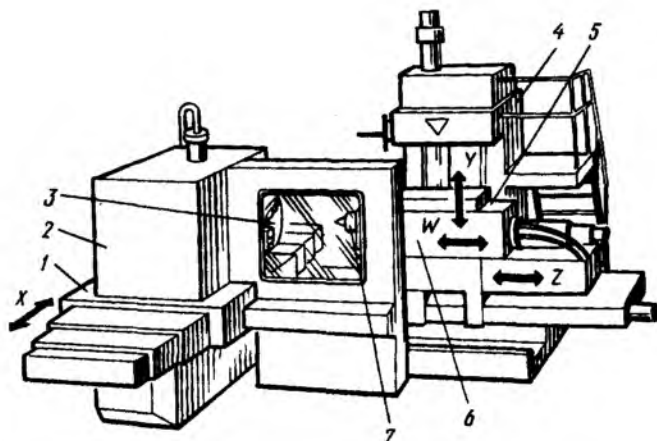


Рис. 9.2. Токарный многоцелевой станок мод. 16A90MФ4: 1, 5 — салазки, 2, 6 — бабки шпиндельные, 3 — патрон, 4 — стойка, 7 — шпиндель инструментальный

рон 3, получающий вращение от шпинделя, расположенного в шпиндельной бабке 2, которая установлена на салазках 1. Кроме вращательного движения шпиндель с заготовкой может совершать круговую подачу, необходимую при обработке, например, криволинейных пазов. Инструментальный шпиндель 7 смонтирован в корпусе шпиндельной бабки 6. В этот шпиндель автоматически подаются инструменты из 32-позиционного магазина. Шпиндельная бабка 6 перемещается вверх — вниз вместе с салазками 5 по стойке 4 (ось Y), в горизонтальной плоскости вместе со стойкой (ось Z) и дополнительно на салазках (ось W). Станок имеет еще один инструментальный шпиндель 6. Шпиндели 6 и 7 обеспечивают частоту вращения инструмента 10–2000 об/мин, а шпиндель заготовки — частоту вращения заготовки 6,3–3800 об/мин. Наличие указанных шпинделей позволяет выполнять на МС все виды токарной обработки (включая резьбонакатывание), а также сверление, растачивание, фрезерование.

Выпускают также специализированные МС, предназначенные для обработки заготовок определенных типоразмеров. При проектировании МС широко применяют принцип агрегатирования. МС выпускают классов точности П и В.

МС оснащаются системами ЧПУ, которые имеют следующие особенности: большой объем УП; большое число управляемых координат (до 7–8); возможность обеспечить высокую точность позиционирования исполнительных органов станка (0,005–0,01 мм); широкий диапазон регулирования частоты вращения шпинделя и скорости подач; высокая надежность при эксплуатации; возможность работы как в автоматическом режиме, так и при управлении от ЭВМ верхнего уровня. МС

оснащают позиционными, контурными и (чаще всего) позиционно-контурными УЧПУ типа CNC, как правило, взаимодействующих с ДОС.

9.2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ

Приводы главного движения МС обеспечивают регулирование частоты вращения шпинделя в широком диапазоне при максимальной частоте вращения 3000—4000 об/мин. В этих приводах чаще всего используют двигатели постоянного тока с тиристорным управлением. Для малых и средних МС применяют приводы с асинхронными электродвигателями и коробками скоростей. Реже используют малогабаритные гидродвигатели.

Шпиндельные узлы МС сложны по конструкции. Во внутреннем отверстии шпинделя расположены зажимные устройства, предназначенные для автоматического зажима и освобождения инструментальных оправок. Зажим оправок (с помощью цанговых, байонетных устройств или устройств с радиально-движущимися элементами) чаще всего осуществляется пакетом тарельчатых пружин, освобождение — от гидроцилиндра. У большинства МС для повышения жесткости шпинделя исключено его осевое перемещение.

Привод подач МС чаще всего состоит из высокомоментного электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием. Электродвигатель через редуктор соединяется с парой винт — гайка качения. В крупных станках вместо редуктора используют двухступенчатые коробки скоростей с электромагнитными муфтами. Применяют и гидроприводы подач.

Устройства автоматической смены инструмента (УАСИ) обеспечивают стабильное точное, жесткое и надежное положение инструмента и минимальное время его смены. По конструктивному и компоновочному исполнению УАСИ бывают трех видов: 1) с заменой всего шпиндельного устройства (револьверные шпиндельные головки, магазины шпиндельных гильз); 2) со сменой инструмента в одном шпинделе (инструментальные магазины); 3) комбинированные (магазины в сочетании с револьверной головкой; автоматическая и ручная смена).

Наиболее просты по конструкции и компактны револьверные шпиндельные головки, расположенные, как правило, на шпиндельной бабке МС.

Магазины шпиндельных гильз (рис. 9.3) выполняют барабанного или линейного типа. Гильзы 1 поочередно занимают рабочее положение 4; при этом шпиндель 2 соединяется с приводом главного движения, а гильза шпинделя — с приводом подач. В магазине располагается 15—20 гильз, в которых можно устанавливать шпиндели для выполнения различной обработки. Главный привод обеспечивает нужную частоту вращения инструментов 3. Недостатком этого вида УАСИ является громоздкость конструкции, а преимуществом — высокая жесткость шпиндельного узла и надежность его крепления.

Наиболее распространены УАСИ со сменой инструмента, в одном шпинделе, которое состоит из инструментального магазина, автооператора для переноса инструментов (из магазина в шпиндель и обратно) и транспортного устройства, передающего инструмент из магазина к автооператору. Магазины могут располагаться на шпиндельной бабке, на колонне и за пределами станка на отдельной стойке. Наиболее часто магазины расположены на колонне станка, шпиндельной бабке или вне станка. Например, на МС с горизонтальным шпинделем мод. ИР — 500МФ4, ИР — 800МФ4 инструментальный магазин расположен на стойке станка. У станка мод. 225ВМФ4 (см. рис. 9.1) он расположен на отдельной стойке. Вместимость магазинов МС составляет в среднем 12 — 120 инструментов. Вместимость магазина МС определяется технологическим процессом обработки деталей и размерами инструментов. Оптимальной считают вместимость магазина в 30 инструментов. Инструментальные магазины выполняют дисковыми (рис. 9.4, а и б), барабанными (рис. 9.4, в), цепными (рис. 9.4, г), планетарными (рис. 9.4, д). Инструмент в магазинах может располагаться параллельно или наклонно к оси вращения магазина, а также в радиальном направлении.

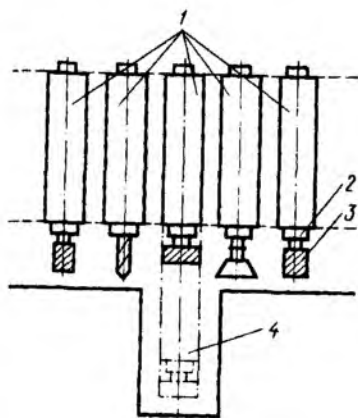


Рис. 9.3. Магазины шпиндельных гильз

При числе m инструментов до 8 и невысокой точности обработки целесообразно использовать в качестве УАСИ револьверную головку, а при высокой точности обработки — револьверный магазин; при $m = 30 \div 40$ — дисковые или барабанные магазины; при m до 100 и более — цепной магазин. Иногда МС оснащают сменными инструментальными магазинами, устройствами для кассетной замены инструментов в магазине и дополнительными стеллажами с инструментом, расположенным вне станка; при этом смена инструментов осуществляется портальным роботом.

Кодирование инструментов. Когда обработка детали требует небольшого числа инструментов и каждый из них используется только один раз, то инструментодержатели в магазине или револьверной головке располагаются в последовательности выполнения обработки. При каждой смене инструмента магазин перемещается на один шаг. В остальных случаях применяют кодирование инструмента или кодирование гнезда магазина.

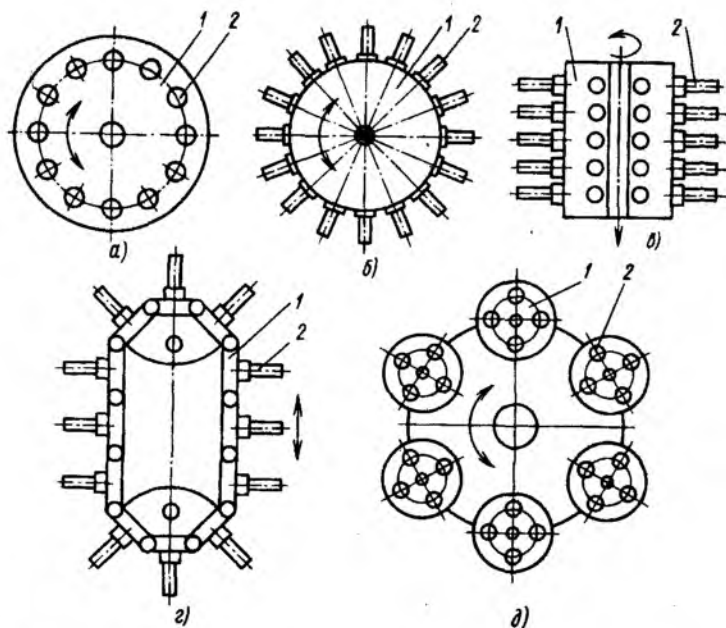


Рис. 9.4. Инструментальные магазины:

а, б – дисковой; *в* – барабанный; *г* – цепной; *д* – планетарный; *1* – магазин; *2* – инструмент

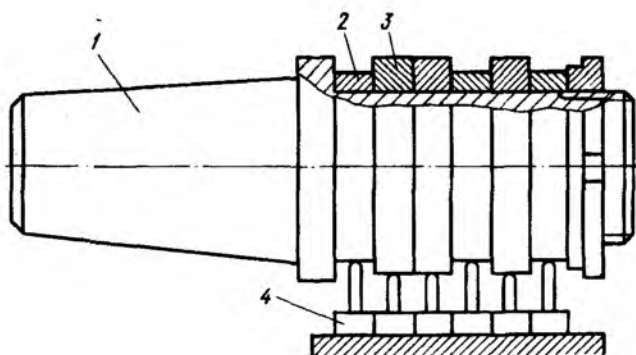


Рис. 9.5. Кодирование инструментальной оправки:

1 – оправка; *2* – распорное кольцо; *3* – кодовое кольцо; *4* – конечный переключатель

Кодирование инструмента на оправке 1 (рис. 9.5) осуществляют установкой определенной комбинации сменных кодовых колец 3; во время движения магазина кодовые кольца нажимают на путевые переключатели 4; при возникновении заданной комбинации сигналов магазин остановится в требуемом положении. При таком методе инструмент может располагаться в любых гнездах магазина, исключаются ошибки при его загрузке. В то же время усложняется конструкция оправок, увеличивается масса магазина и время поиска инструмента.

При кодировании гнезд магазина их поиск осуществляется датчиками различной конструкции (сельсинами, кодовыми дисками в сочетании с микропереключателями и др.), кинематически связанными сопорным валом магазина. Этот метод обеспечивает: поиск инструмента по кратчайшему пути; использование простых по конструкции оправок; пропуск гнезд; возможность установки инструментов большого диаметра. При загрузке инструмент должен устанавливаться только в свое гнездо магазина.

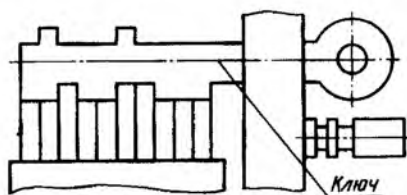


Рис. 9.6. Кодирование гнезд магазина ключом

При кодировании гнезда магазина ключом (рис. 9.6) каждый инструмент имеет свой ключ, который вставляется в любое гнездо магазина против инструмента, кодируя тем самым гнездо. Эта система обеспечивает кодирование инструмента до его установки в магазин.

Автооператоры УАСИ бывают однозахватные и двухзахватные. Однозахватный автооператор берет инструмент, вытаскивает его из шпинделя, поворачивает и вставляет в свободную ячейку инструментального магазина. Последний, вращаясь, подводит следующий инструмент в зону захвата. Затем автооператор совершает действия в обратной последовательности.

Использование двухзахватного автооператора (рис. 9.7, а) позволяет значительно уменьшить время смены инструмента, так как инструменты одновременно захватываются в магазине и в шпинделе. Существует две схемы работы такого автооператора. С х е м а 1. При смене инструментов автооператор 1 (рис. 9.7, б) делает ход снизу вверх, захватывает оправку с инструментом, находящуюся в гнезде магазина 2, и вытаскивает оправку в направлении ее оси; оправка, находящаяся в шпинделе 3, запирается нужным захватом при перемещении каретки автооператора вниз; затем автооператор ходом вдоль оси шпинделя вытаскивает оправку с отработавшим инструментом и поворачивается вокруг своей оси на угол 180° и подводит к шпинделю 3 другой инструмент; автооператор вставляет в шпиндель инструмент, где последний автоматически закрепляется; автооператор перемещается вверх для переноса отработавшего инструмента в магазин.

При работе по схеме 2 (рис. 9.7, в) автооператор не имеет вертикального перемещения. При смене инструментов он, поворачи-

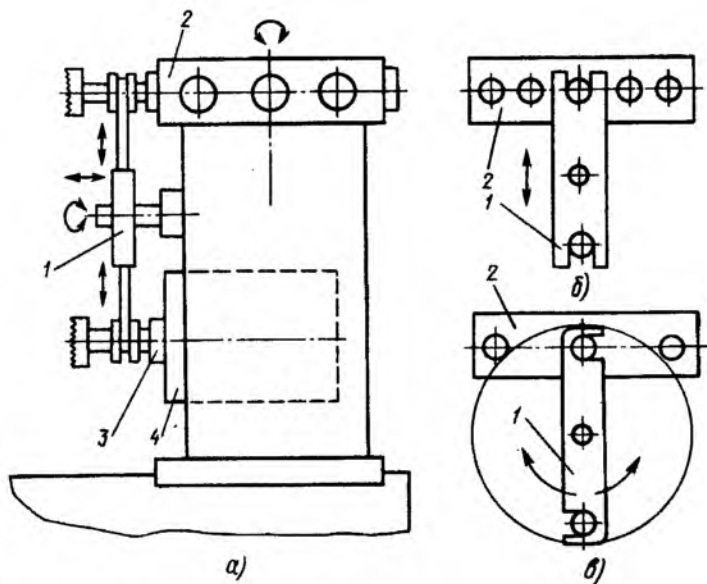


Рис. 9.7. Схема работы двухзахватного автооператора

ваясь вокруг горизонтальной оси, захватывает инструменты одновременно из шпинделя и из магазина; затем вытаскивает инструменты ходом вдоль их оси; поворотом на 180° меняет инструменты местами и вставляет в шпиндель и магазин. Цикл смены оканчивается поворотом автооператора в горизонтальное (нейтральное) положение, при котором он не мешает повороту магазина и вертикальному перемещению шпиндельной бабки 4.

Схема 2 более проста, но имеет следующий недостаток: при повороте автооператор может задеть инструменты, расположенные в соседних гнездах магазина. Во избежание этого увеличивают расстояние между гнездами, поэтому вместимость магазина (при одинаковом диаметре инструментов) при работе по схеме 2 меньше, чем при работе по схеме 1.

В качестве привода автооператоров используют механические и гидравлические устройства.

Технические возможности МС значительно расширяются путем применения сменных шпиндельных головок. Специальные МС (выполненные в основном на базе агрегатных станков), оснащенные такими головками, используют в крупносерийном производстве; при этом увеличивается производительность обработки при сохранении заданной номенклатуры обрабатываемых деталей. Многошпиндельные головки 2 устанавливают в магазинном устройстве 1 (рис. 9.8, а) или на поворотном столе 1 (рис. 9.8, б); заготовки 3 обрабатываются поочередно. Указанные МС оснащаются устройствами автоматической смены шпиндельных головок.

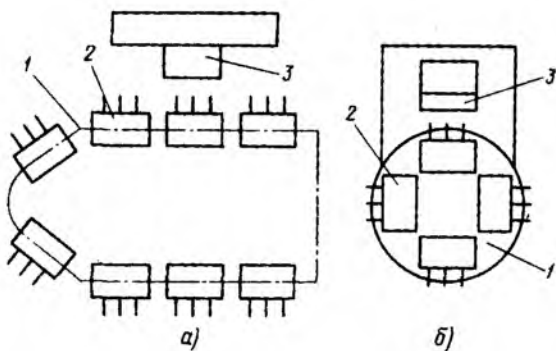


Рис. 9.8. Схема многоцелевых станков с автоматической сменой многошпиндельных головок

Для сокращения времени загрузки заготовок и съема готовых деталей в МС применяют: устройства для автоматической смены ПС; маятниковые столы; несколько поворотных столов, работающих одновременно, и др.

На рис. 9.9, а показан МС, оснащенный двойными поворотными столами 1 и 2. Загрузку — разгрузку стола 1 осуществляют во время обработки (инструментом 3) заготовки на столе 2. Иногда один из столов оснащают механизмом периодического поворота, обеспечивающим последовательную обработку деталей с нескольких сторон; при этом второй стол может поворачиваться непрерывно для обработки цилиндрических и сложных криволинейных поверхностей.

Схема смены заготовок, размещенных на ПС, показана на рис. 9.9, б. В то время, когда ПС с закрепленной на нем заготовкой расположен на рабочей позиции 2, второй ПС загружается новой заготовкой на позицию 1. После окончания обработки ПС с позиции

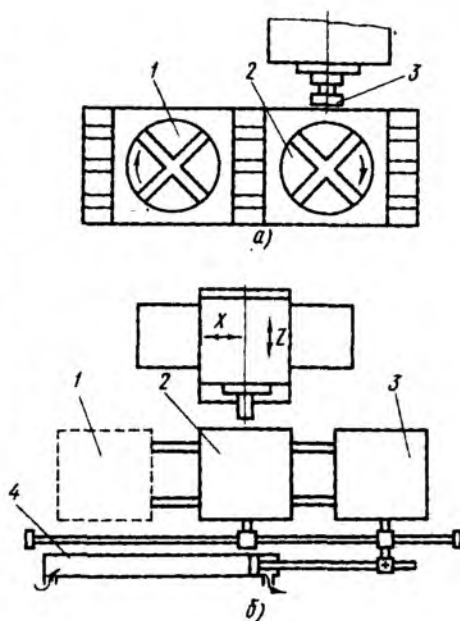


Рис. 9.9. Схема смены обрабатываемых заготовок

2 автоматически перемещается гидроцилиндром 4 в позицию 3 разгрузки, а на позицию 2 поступает ПС с позиции 1. Затем „маятниковое” движение ПС повторяется.

В целях уменьшения влияния тепловых деформаций на точность обработки МС оснащают системами стабилизации температуры смазочного материала (масла).

9.3. МНОГОЦЕЛЕВОЙ СТАНОК МОД. 2623ПМФ3

Этот станок (рис. 9.10) класса точности П, созданный на базе горизонтально-расточного станка, предназначен для обработки корпусных деталей массой до 4000 кг. Заготовки массой до 2000 кг закрепляют на ПС.

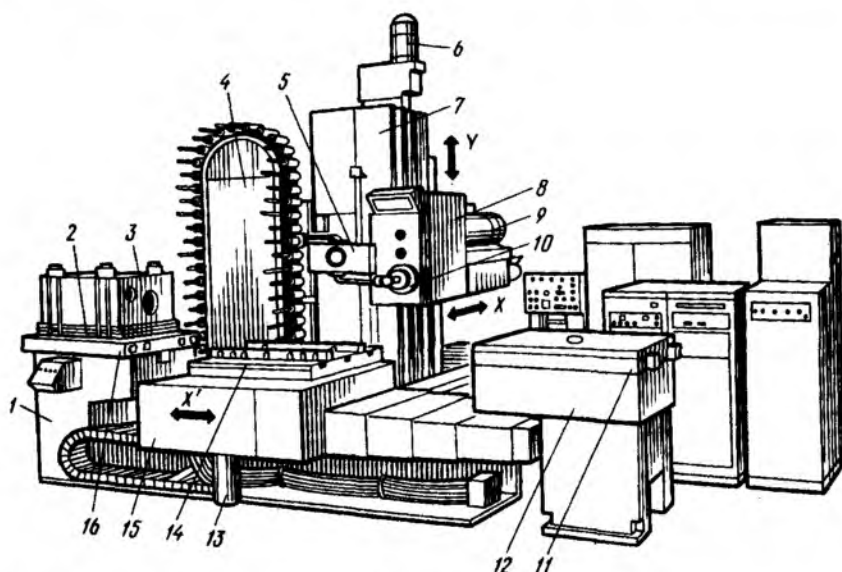


Рис. 9.10. Многоцелевой станок мод. 2623ПМФ3

Шпиндель 10 смонтирован в выдвижной пиноли шпиндельной бабки 8, перемещающейся по вертикальной стойке 7. Последняя может передвигаться в горизонтальной плоскости, параллельной оси шпинделя. Стол МС состоит из двух частей — нижней 15, перемещающейся перпендикулярно оси шпинделя, и верхней 14, являющейся поворотной. Станок оснащен цепным инструментальным магазином 4 и двухзахватным автооператором 5.

Заготовку заранее устанавливают и крепят на ПС. Для передачи в позицию обработки заготовки 3, закрепленной на ПС 2 (последний расположен на направляющих дополнительного стола 16, установленного на станине 1), нижний стол 15 передвигается в крайнее левое по-

ложение. При этом ПС перемещается на направляющие стола 14 и там закрепляется. Затем стол 15 переходит вправо к шпинделю и начинается обработка заготовки последовательно со всех сторон. ПС с заготовкой поворачивается с помощью верхнего стола 14, приводом которого является двигатель 13. В это время второй ПС 11, находящийся на станине 12, загружается новой заготовкой. По окончании обработки первой заготовки она вместе с ПС 2 перемещается на станину 1 (где готовую деталь снимают, а вместо нее устанавливают очередную заготовку), а на позицию обработки поступит заготовка, закрепленная на ПС 11.

Станок оснащен контурно-позиционным УЧПУ мод. „Размер-4” (или мод. 2С42); УП записана на перфоленте в коде ИСО-7бит. Программируются следующие движения: поперечное и круговое стола; вертикальное шпиндельной бабки; продольное стойки и расточного шпинделя. В качестве приводов главного движения и подачи используют электродвигатели 9 и 6. На станке производятся фрезерование, сверление, зенкерование, растачивание и развертывание, нарезание резьбы (метчиками и резцами). Возможно также контурное фрезерование по двум координатам при следующих перемещениях исполнительных органов станка: поперечное стола и вертикальное шпиндельной бабки; поперечное стола и стойки вдоль оси шпинделя; вертикальное шпиндельной бабки и стойки вдоль оси шпинделя.

Конструкция шпиндельного узла с фрезерным и расточным шпинделями, смонтированными на прецизионных подшипниках качения, обеспечивает длительное сохранение точности, повышенную жесткость и виброустойчивость. Станок имеет высокоточные гидростатические направляющие для продольного перемещения стойки, поперечного перемещения стола и комбинированные закаленные направляющие (с блоками качения) для вертикального перемещения шпиндельной бабки, обеспечивающие точное позиционирование и длительное сохранение этой точности в процессе эксплуатации. Перемещения исполнительных органов осуществляются от отдельных электроприводов с тиристорным управлением особо широкого диапазона, позволяющих менять подачу в процессе резания. Переключение частоты вращения шпинделя в каждом из двух поддиапазонов также можно осуществлять в процессе резания. Электронное устройство резбонарезания обеспечивает быструю настройку шага резьбы и позволяет выполнять нарезание резьбы в автоматическом цикле.

Техническая характеристика станка мод. 2623ПМФ4

Диаметр выдвижного шпинделя, мм	110
Размеры поворотного стола (длина X ширина), мм	1120 X 1250
Наибольшее перемещение, мм:	
шпиндельной бабки	1250
шпинделя (продольное)	500
стойки (продольное)	1000
стола (поперечное)	1600
Наибольший угол поворота стола, град	360

Частота вращения шпинделя (число ступеней 25), об/мин	5-1250
Подача (регулирование бесступенчатое) шпинделя, шпиндельной бабки, стойки, стола (поперечная), мм/мин	2-1600
Скорость быстрых перемещений (шпинделя, шпиндельной бабки, стойки), м/мин	8000
Тип инструментального магазина	цепной
Число инструментов в магазине	50
Мощность главного привода, кВт	15
Габарит (длина × ширина × высота) станка с электрооборудованием, мм	8300 × 7500 × 4500
Масса станка (без электрооборудования), т	31

Особенностью станка является наличие выдвижного расчетного шпинделя, помещенного внутри полого шпинделя, вращение от которого передается расточному шпинделю через шпонку. Для осевой подачи служит отдельный привод. На заднем конце расточного шпинделя 3 (рис. 9.11) расположен ползун 7 с кронштейном, в котором закреплен корпус шариковой гайки 15. При вращении (двигателем М) шарикового винта 18 ползун 7 вместе с расточным шпинделем 3 движется с осевой подачей; при этом шпиндель 3 вращается в ползуне на упорных подшипниках 6 и 8. Шариковый винт имеет опоры качения в виде двух игольчатых 20 упорных 19, 21 и радиального 14 подшипников. Все упорные подшипники и шариковая пара „ходовой винт — гайка” собраны с предварительным натягом. Соединение вала с двигателем обеспечивается муфтой 12. Для точной остановки шпинделя в осевом положении служит тормозная муфта 13.

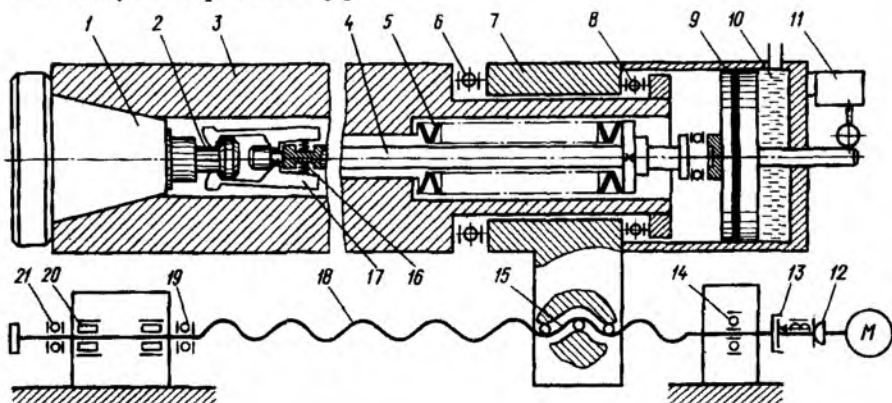


Рис. 9.11. Шпиндель многошпиндельного станка мод. 2623ПМФ3:

1 — оправка, 2 — хвостик, 3 — шпиндель, 4 — тяга, 5, 16 — пружины, 6, 8, 19, 21 — подшипники упорные, 7 — ползун, 9 — шток, 10 — гидроцилиндр, 11 — микропереключатель, 12 — муфта, 13 — муфта тормозная, 14 — подшипник радиальный, 15 — гайка, 17 — рычаг, 18 — винт, 20 — подшипник игольчатый

Внутри расточного шпинделя смонтирован механизм закрепления инструментальных оправок (на рис. 9.11 он показан в зажатом

состоянии). Тяга 4 находится в крайнем правом положении под действием тарельчатых пружин 5 и прочно удерживает (рычагами 17) инструментальную оправку 1 за хвостовик 2 в посадочном гнезде шпинделя. Для освобождения оправки служит гидроцилиндр 10 одностороннего действия. При подаче масла в правую полость гидроцилиндра его шток 9 через упорный подшипник воздействует на тягу 4 и, сдвигая ее влево, сжимает комплект тарельчатых пружин. Рычаги 17, попадая в расточку шпинделя, освобождают хвостовик 2, а тяга при дальнейшем ходе упирается в хвостовик и выталкивает оправку с инструментом из шпинделя примерно на 6 мм. Автооператор заменяет оправку другой, согласно УП.

Для надежного захвата оправки рычагами 17 имеются пружины 16, поджимающие левые концы рычагов к хвостовику в начале хода тяги вправо. При дальнейшем движении тяги рычаги (под действием тарельчатых пружин) попадают в суженную часть отверстия шпинделя и тем самым удерживаются в сжатом состоянии. Чтобы исключить включение шпинделя при незажатой инструментальной оправке, установлен микропереключатель 11, на который воздействует удлиненный правый конец штока 9 гидроцилиндра 10.

Автооператор (рис. 9.12) осуществляет смену инструментальных оправок из магазина и шпинделя не вдоль осей магазина и посадочного отверстия, а по дуге окружности. В исходном (нейтральном) положении захваты 1 и 9 автооператора находятся на небольшом расстоянии от магазина 13 и шпинделя 8. По команде на смену инструментов оба захвата одновременно подаются (гидроцилиндрами 2 и 10) к инструментальным оправкам и зажимают их (в каждом захвате имеется рычаг-защелка). Затем рычаги (вместе с гидроцилиндрами 2 и 10) одновременно поворачиваются гидроцилиндром 12 вокруг вертикальных осей 3 и 11 в направлении к центру корпуса автооператора, вытаскивая инструменты с оправками из магазина и шпинделя.

Для смены инструментов корпус 4 автооператора поворачивается (с помощью зубчатого колеса 6 и реек-гидроцилиндров 5 и 7) на угол 180°. После этого рычаги гидроцилиндров 2 и 10, поворачиваясь на своих осях, вводят отработавший инструмент в магазин, а сменивший его инструмент — в шпиндель.

9.4. МНОГОЦЕЛЕВОЙ СТАНОК МОД. ИР500МФ4

Сверлильно-фрезерно-расточный МС мод. ИР500МФ4 (рис. 9.13), класса точности Н предназначен для обработки корпусных деталей, установленных на поворотном столе. На станке производятся сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, нарезание резьбы метчиками.

Узлы станка смонтированы на общей жесткой станине. Бесконсольная шпиндельная бабка 2 расположена внутри портальной стойки 3. Поворотный стол 1 перемещается по отдельной станине. В приводах подачи шпиндельной бабки 2, стойки и стола применены прецизион-

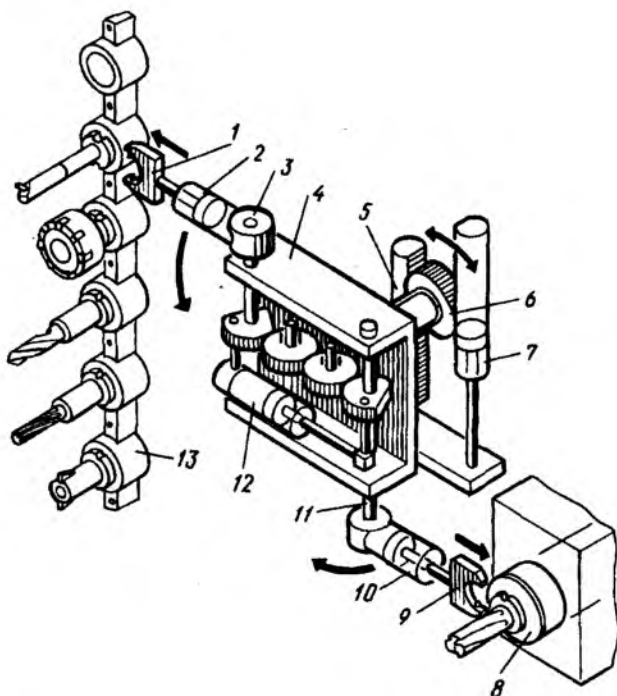


Рис. 9.12. Автооператор многоцелевого станка мод. 2623ПМФ3

ные шариковые винтовые пары с предварительным натягом. Опорами шариковых винтов служат прецизионные комбинированные роликовые и радиально-упорные подшипники. Перемещения исполнительных органов станка осуществляются от высокомоментных электродвигателей с постоянными магнитами. Комбинированные направляющие состоят из высокоточных роликовых опор, установленных с предварительным натягом, и накладок, изготовленных из антифрикционного полимерного материала, обладающего низким коэффициентом трения и высокой демпфирующей способностью.

Горизонтальный шпиндель 4 станка смонтирован в отдельном корпусе на двух прецизионных подшипниках (один — с цилиндрическими роликами, другой — упорно-радиальный). Зажим инструмента в шпинделе гидромеханический. Привод шпинделя осуществляется от электродвигателя постоянного тока через двухступенчатую коробку скоростей. Автоматическая индексация шпинделя (с управлением от УЧПУ) позволяет отводить резец от рабочей поверхности в точно определенную позицию.

Встроенный поворотный делительный стол позиционируется в автоматическом режиме. Для установки и крепления детали на поверхности

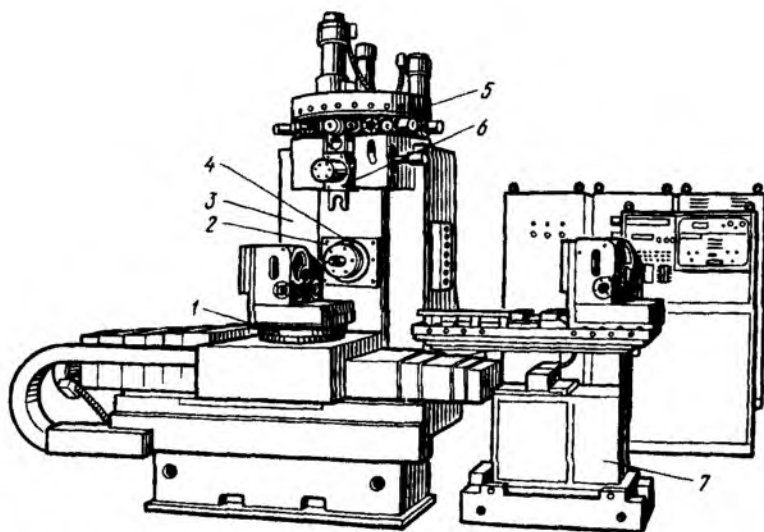


Рис. 9.13. Многоцелевой станок мод. IP500MФ4:

1 — стол поворотный, 2 — бабка штифовальная, 3 — стойка, 4 — шпиндель горизонтальный, 5 — магазин инструментальный, 6 — автооператор, 7 — устройство поворота

стола предусмотрена координатная сетка резьбовых отверстий. Отдельно стоящее гидромеханическое поворотное (на угол 180°) устройство 7 автоматической смены ПС позволяет исключать из технологического цикла время на установку и снятие детали. Устройство автоматической смены инструмента, расположенное вне рабочей зоны, состоит из инструментального магазина 5 барабанного типа (с кодированными гнездами) и автооператора 6. Выбор инструмента возможен в любой последовательности.

Питание гидравлических устройств станка осуществляется аксиально-поршневым насосом переменной производительности с автоматическим регулированием расхода масла. В гидросистеме станка имеется гидроаккумулятор с эластичным мешком, обеспечивающим уравнивание шпиндельной бабки. Все трущиеся детали станка и подшипники шпинделя смазываются с помощью централизованного автоматического дозированного устройства; смазывание зубчатых колес и подшипников главного привода — непрерывное циркуляционное. СОЖ пожается в зону резания с помощью насосной установки, управляемой от УЧПУ.

Станок оснащен трехкоординатным контурно-позиционным УЧПУ с линейной и круговой интерполяцией (число одновременно управляемых координат 2). УП может вводиться в УЧПУ на перфоленте или вручную (с помощью буквенно-цифровой клавиатуры на пульте), а также с помощью программного накопителя, телетайпа или от центральной ЭВМ. Дискретность задания размеров $0,002$ мм.

Техническая характеристика станка мод. ИР500МФ4

Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	700
Размеры рабочей поверхности стола (длина X ширина), мм	500 x 500
Число индексируемых позиций стола	72
Частота вращения шпинделя (число ступеней 89), об/мин	21,2 – 3000
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Н·м	700
Мощность главного привода, кВт	14
Наибольшие перемещения, мм:	
поперечное стола (ось X)	800
вертикальное шпиндельной бабки (ось Y)	500
продольное стойки (ось Z)	500
Точность позиционирования по осям X, Y, Z, мм	0,025
Подача стола, шпиндельной бабки, стойки, мм/мин	1–2000
Наибольшая сила подачи, кН	10
Скорость быстрых перемещений, м/мин	10
Число инструментов в магазине	30
Наибольший диаметр инструмента, мм:	
при загрузке магазина без пропуска гнезд	110
то же, при пропуске одного гнезда	125
Наибольший вылет инструмента от торца шпинделя, мм	300
Наибольшая масса оправки с инструментом, кг	15
Время смены инструмента, с	6
Габарит станка (длина X ширина X высота), мм	6000 x 3700 x 3100
Масса станка (без электрошкафов, УЧПУ, гидростанции и принадлежностей), кг	12500

9.5. РАБОТА НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ *

Высокая стоимость МС требует максимальной концентрации обработки на станке при минимальном числе операций и переустановок заготовки. Если возможно полностью обработать заготовку за одну операцию при одной ее установке, то базовыми могут быть необработанные (черновые) поверхности. Если базовые поверхности должны быть обработанными, то эту операцию осуществляют на обычных станках. Обработку на МС сложных заготовок выполняют следующим образом: сначала обрабатывают базовые поверхности и те поверхности, которые можно обработать при этом же закреплении заготовки, а затем — остальные поверхности.

Точность обработки на МС обеспечивается точностью инструментов, станка и точностью исполнения команд УЧПУ.

Отверстия, расположенные на одной оси в нескольких параллельных стенках, растачивают с двух сторон, для чего стол с заготовкой поворачивают на угол 180°. Перед обработкой обычными сверлами отверстия центруют короткими центровыми сверлами.

Предварительную обработку литых отверстий среднего диаметра производят расточным инструментом, а аналогичную обработку литых отверстий большого диаметра — концевыми фрезами (по контуру от-

верстия). Черновое растачивание и фрезерование по контуру, не обеспечивая высокой точности диаметра и формы отверстия, позволяют в то же время получить точное расположение отверстия. После такой обработки можно выполнять зенкерование, а затем развертывание. Черновая обработка литых отверстий с помощью зенкера (без фрезерования) нерациональна, потому что при этом неизбежен увод оси отверстия.

В каждой плоскости корпусной детали может быть расположено несколько групп одинаковых отверстий; одинаковые группы отверстий могут быть также в разных стенках детали. Обработка этих отверстий возможна по различным схемам, отличающимся последовательностью работы инструментов и трудоемкостью операций.

Фрезерование плоскостей следует производить в самом начале обработки сложной корпусной детали. Черновое фрезерование детали целесообразно производить торцевой фрезой малого диаметра путем последовательных ходов фрезы вдоль обрабатываемой плоскости в целях уменьшения сил резания и вибрации стола и, как следствие, повышения точности обработки. Использование фрез большого диаметра на МС нежелательно, поскольку такие фрезы перекрывают соседние ячейки инструментального магазина, т. е. уменьшают его вместимость. Кроме того, возникают трудности при смене инструмента больших размеров с помощью автооператора. Фрезерование несплошных плоскостей целесообразно выполнять обходом по контуру малого диаметра.

Работа оператора на МС сложнее, чем на расточных и фрезерных станках с ЧПУ, что обусловлено более сложной конструкцией МС, оснащенных УАСИ. Поэтому желательно, чтобы оператор, работающий на МС, имел опыт работы на других станках с ЧПУ.

Наладка и настройка МС включает в себя: 1) подготовку установочно-зажимных приспособлений; 2) подготовку набора режущего и вспомогательного инструмента и настройку его на размер; 3) установку заготовок; 4) ввод УП; 5) обработку заготовки.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении и типаже МС.
2. Расскажите о конструктивных особенностях МС.
3. Что вам известно о конструкции и работе МС мод. 2623П14Ф3?
4. Что вы знаете о конструкции и работе МС мод. ИР500МФ4?
5. Расскажите о правилах работы на МС.

ГЛАВА 10. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Комплексная автоматизация механической обработки резко повышает производительность труда, снижает себестоимость продукции при одновременном повышении ее качества, высвобождает значительное число рабочих, улучшает условия труда. В настоящее время машиностроение примерно на три четверти имеет среднесерийный, мелкосерийный и единичный характер производства. Автоматизация этих типов производства методами и средствами, используемыми в массовом производстве, малоэффективна. В целях комплексной автоматизации средне- и мелкосерийного, а также единичного производства используют принципиально новые методы и средства (групповая технология; станки с ЧПУ; промышленные роботы; автоматические транспортно-складские системы; автоматизированное проектирование), на основе которых создают гибкие производственные системы (ГПС) различной сложности.

ГПС — это несколько единиц технологического оборудования, снабженного средствами и системами, обеспечивающими функционирование оборудования в автоматическом режиме; при этом ГПС должна обладать свойством автоматизированной переналадки при переходе на производство новых изделий в пределах заданной номенклатуры.

По организационной структуре ГПС подразделяются на следующие уровни: 1) гибкий производственный модуль (ГПМ); 2) гибкая автоматизированная линия (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ); 3) гибкий автоматизированный цех (ГАС); 4) гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

По уровню автоматизации ГПС подразделяются на следующие ступени: 1) гибкий производственный комплекс (ГПК); 2) гибкое автоматизированное производство (ГАП).

Под ГПМ понимается единица технологического оборудования, оснащенная системой ЧПУ или каким-либо другим устройством программного управления и функционирующая как самостоятельно, так и в составе ГПС; при этом все функции, связанные с изготовлением изделия, должны осуществляться автоматически.

В общем случае средства автоматизации ГПМ могут включать в себя накопители, ПС, устройства загрузки — выгрузки деталей, устройство замены технологической оснастки, устройство удаления отходов (стружки, СОЖ и др.), устройство автоматизированного контроля (включая диагностирование), устройство переналадки и т. д. Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс (РТК) при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня.

ГАЛ — это ГПС, состоящая из ГПМ, РТК или другого технологического оборудования, объединенного АСУ.

ГАУ — это ГПС, состоящая из ГПМ, РТК или другого технологического оборудования, объединенных АСУ, в которой в отличие от

ГАЛ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, что обеспечивает оптимальную загрузку последнего и позволяет изготавливать детали в комплекте, необходимой для сборки изделия.

ГАЛ и ГАУ могут содержать отдельно функционирующие единицы технологического оборудования.

ГАЦ — это ГПС, представляющая собой совокупность ГАЛ и (или) ГАУ, предназначенных для изготовления изделий заданной номенклатуры.

ГАЗ представляет собой ГПС, состоящую из ГАЦ и обеспечивающую выпуск готовых изделий в соответствии с планом основного производства. ГАЦ может содержать также отдельные функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о достоинствах комплексной автоматизации механической обработки.
2. Что такое гибкие производственные системы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный в книге материал охватывает вопросы, связанные с конструкцией и эксплуатацией станков с ЧПУ различных типов и построенными на их основе гибкими производственными системами.

В ходе научно-технической революции будут совершенствоваться конструкции и технологические возможности оборудования с ЧПУ на основе новейших достижений науки и техники, а также повышаться эффективность его эксплуатации.

Рабочий цикл станков с ЧПУ будет полностью автоматизирован, включая загрузку заготовок и снятие готовых деталей, подачу инструмента, выбор рациональных режимов обработки. Возрастет надежность работы станков с ЧПУ за счет широкого внедрения систем диагностирования. Будут развиваться системы контроля за состоянием режущего инструмента и адаптивного управления обработкой.

Значительное распространение в промышленности получают гибкие производственные системы. В их состав войдут шлифовальные, зубообрабатывающие и другие станки с ЧПУ по мере их создания и освоения промышленностью. Будут созданы технологически замкнутые механообрабатывающие автоматизированные производства, наиболее полно охватывающие технологический цикл изготовления деталей. На основе разработки нового металлообрабатывающего оборудования (агрегатных станков с ЧПУ со сменными агрегатами, многоцелевых станков с ЧПУ со сменными шпиндельными головками, станочных модулей) будут создаваться гибкие производственные системы в виде гибких автоматических линий для использования в крупносерийном и массовом производстве.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматические станочные системы / Под. ред. В. Э. Пуша. М., 1981.
2. Белянин Н. П. Промышленные роботы. М., 1975.
3. Бабушкин А. З., Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г. Технология изготовления металлорежущих станков и автоматических линий. М., 1982.
4. Волчкевич Л. И. Комплексная автоматизация производства. М., 1983.
5. Дерябин А. Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. М., 1984.
6. Завгороднев П. И. Работа оператора на станках с программным управлением. М., 1981.
7. Зазерский Е. И., Жолнерчик С. И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. Л., 1983.
8. Колка И. А., Кувшинский В. В. Многооперационные станки. М., 1983.
9. Корсаков В. С. Автоматизация производственных процессов. М., 1978.
10. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ. М., 1983.
11. Локтева С. Е. Станки с программным управлением. М., 1986.
12. Маталин А. А., Дашевский Т. Б., Княжицкий И. И. Многооперационные станки. М., 1974.
13. Марголит Р. Б. Наладка станков с программным управлением. М., 1976.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М., 1974.
15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением. Центральное бюро нормативов по труду при НИИтруда. М., 1980.
16. Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на станках с числовым программным управлением. Л., 1984.
17. Ратмиров В. А. Основы программного управления станками. М., 1978.
18. Станки с программным управлением. М., 1975.
19. Тимченко А. И. Инструкция по программированию для токарного станка с ЧПУ мод. 16K20T-1 с микропроцессором. Электроника НЦ-31. М., 1985.
20. Шарин Ю. С. Подготовка программ для станков с ЧПУ. М., 1980.
21. Шарин Ю. С. Обработка деталей на станках с ЧПУ. М., 1983.
22. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. М., 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Классификация металлорежущих станков	5
1.1. Классификация и условные обозначения	5
1.2. Основные и вспомогательные движения в станках с ЧПУ	8
Глава 2. Основные понятия о программном управлении станками	10
2.1. Типы систем программного управления станками	10
2.2. Цикловое программное управление станками	14
2.3. Числовое программное управление станками и системы ЧПУ ..	19
2.4. Классификация систем числового программного управле- ния	24
Глава 3. Классификация станков с ЧПУ	27
3.1. Конструктивные особенности станков с ЧПУ	27
3.2. Классификация станков с ЧПУ	27
3.3. Система координат и направления движений исполнитель- ных органов станков с ЧПУ	30
3.4. Способы и начало отсчета координат	31
3.5. Число программируемых координат	32
Глава 4. Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ	33
4.1. Подготовка информации для управляющих программ	33
4.2. Методы подготовки управляющих программ	33
4.3. Операционные технологические процессы	35
4.4. Выбор режима резания для станков с ЧПУ	37
4.5. Разработка траекторий движения режущих инструментов ..	37
4.6. Составление расчетно-технологической карты и карты на- ладки станка с ЧПУ	43

4.7. Кодирование и нанесение информации на программноноситель	44
4.8. Устройства подготовки управляющих программ	56
4.9. Контроль и исправление управляющих программ	56
4.10. Автоматизация подготовки управляющих программ	58
Глава 5. Узлы, приводы и элементы станков и устройств ЧПУ	61
5.1. Основные узлы и механизмы станков с ЧПУ	61
5.2. Базовые детали и направляющие	61
5.3. Привод главного движения	64
5.4. Привод подач и позиционирования станков с ЧПУ	68
5.5. Системы предохранительных устройств станков с ЧПУ	73
5.6. Датчики обратной связи в системах контроля станков с ЧПУ	75
5.7. Основные блоки и узлы УЧПУ	80
5.8. Вспомогательные механизмы станков с ЧПУ	83
Глава 6. Токарные станки с ЧПУ	84
6.1. Типаж и конструкции станков	84
6.2. Токарный станок мод. 16К20Ф3	84
6.3. Токарный станок мод. 16К20Т1	88
6.4. Токарный станок мод. 16К20Ф3С5	94
6.5. Режущий инструмент и приспособления	101
Глава 7. Фрезерные станки с ЧПУ	113
7.1. Назначение, типаж и конструктивные особенности станков	113
7.2. Консольный вертикально-фрезерный станок мод. 6Р13Ф3 с ЧПУ	113
7.3. Ввод коррекции положения режущего инструмента	118
7.4. Режущий инструмент	119
7.5. Режимы резания	121
7.6. Приспособления для фрезерных станков с ЧПУ	121
7.7. Приемы обеспечения качества обработки	126
7.8. Правила обслуживания и настройки фрезерных станков с ЧПУ	127
Глава 8. Сверлильные и расточные станки с ЧПУ	129
8.1. Назначение, типаж и конструктивные особенности сверлильно-расточных станков с ЧПУ	129
8.2. Сверлильные станки мод. 2Р118Ф2 и 2Р135Ф2	130
8.3. Горизонтально-расточный станок мод. 2А622Ф2-1	137
8.4. Режущий инструмент для сверлильных и расточных станков с ЧПУ	143
8.5. Вспомогательный инструмент	145

8.6. Настройка инструментов на размер	147
8.7. Приспособления для сверлильных и расточных станков с ЧПУ	148
8.8. Приемы работы на сверлильных и расточных станках с ЧПУ	150
Глава 9. Многоцелевые станки	152
9.1. Назначение, типаж станков	152
9.2. Конструктивные особенности многоцелевых станков	155
9.3. Многоцелевой станок мод. 2623ПМФ3	161
9.4. Многоцелевой станок мод. ИР500МФ4	164
9.5. Работа на многоцелевых станках	167
Глава 10. Основные сведения о гибких производственных системах	169
Заключение	171
Список рекомендуемой литературы	172

Учебное издание

СХИРТЛАДЗЕ АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ

РАБОТА ОПЕРАТОРА НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Научный редактор *И.А. Новосельский*

Редактор *В.А. Козлов*

Оформление: *В.И. Феногенов*

Младшие редакторы *О.В. Каткова, А.С. Шахбанова*

Художник *Ю.Д. Федичкин*

Художественный редактор *Т.М. Скворцова*

Технический редактор *Е.В. Цыганок*

Корректор *Г.А. Четкина*

Изд. № ОТМ-8. Подписано в печать 17.12.97. Формат 60х88 $\frac{1}{16}$. Бумага офс. № 1
Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Объем: 10,78 усл. печ. л., 11,28 усл. кр.-отт.
11,25 уч.-изд. л. Тираж 4000 экз. Заказ № 213

Лицензия ЛР № 010146 от 25.12.96. Издательство «Высшая школа», 101430
Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14

Лицензия ЛР № 071190 от 11.07.95. Издательский центр «Академия», 129336
Москва, ул. Норильская, 36. Тел.: 474-94-54, 475-28-10

Отпечатано в ГУП Издательско-полиграфический комплекс
«Ульяновский Дом печати»
432601, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

Долгопрудненский авиационный техникум

Электронная библиотека

Заказчик: А.Ю.Козловский
Исполнитель Н.И.Бородай



141702 Россия, Московская обл.,
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone:
Email:
Site:

+7 495 408 31 09
dat.ak@mail.ru
gosdat.ru

**РАБОТА
ОПЕРАТОРА
НА СТАНКАХ
С ПРОГРАММНЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ**

Издательство
"Высшая школа"

Москва,
ул. Неглинная, 29/14
тел. 200-07-69,
факс 200-03-01

СПЕШИТЕ ЗАКАЗАТЬ:

Маханько А.Н.
"Контроль станочных
и слесарных работ".

Учебник

ISBN 5-7695-0210-X



9 785769 502101