

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А.Г.Схиртладзе В.Ю.Новиков

Технологическое
оборудование
машиностроительных
производств



ВЫСШАЯ ШКОЛА

А.Г.Схиртладзе В.Ю.Новиков

Технологическое оборудование машиностроительных производств

Под редакцией
члена-корреспондента РАН
Ю.М.Соломенцева

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

*Допущено Министерством образования
Российской Федерации
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
«Технология, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств» и специальностям:
«Технология машиностроения»
и «Металлообрабатывающие станки и комплексы»*



Москва
«Высшая школа» 2002

УДК 621
ББК 34.5-4
С 92

Рецензент — кафедра «Технология машиностроения» Челябинского государственного технического университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. С.Н. Корчак)

Схиртладзе, А.Г.

С 92 Технологическое оборудование машиностроительных производств: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов/ А.Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков; Под ред. Ю.М. Соломенцева.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 2001 — 407 с: ил.

ISBN 5-06-003667-7

Рассмотрены основные понятия и определения, управление, электроприводы, гидрооборудование металлообрабатывающих станков, универсальные, токарные, фрезерные, резьбообрабатывающие станки, станки сверлильно-расточной группы; рассмотрены устройство, кинематика, наладка, основные положения и принципы конструирования металлорежущих станков строгально-протяжной, шлифовальной, зубообрабатывающей групп, агрегатных, многоцелевых, станков для электрохимической и электрофизической обработки, а также вопросы приемки, эксплуатации и обслуживания.

Первое издание вышло в 1997 г.

Для студентов машиностроительных специальностей вузов. Может быть использовано студентами техникумов и колледжей, а также инженерно-техническими работниками машиностроительных предприятий.

УДК 621
ББК 34.5-4

ISBN 5-06-003667-7

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2002

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Основные понятия о металлообрабатывающих станках	7
1.1. Общие сведения о металлообрабатывающих станках	7
1.2. Типовые механизмы металлообрабатывающего оборудования	30
1.3. Общая методика наладки металлообрабатывающих станков	63
1.4. Электроприводы металлообрабатывающих станков	67
1.5. Гидрооборудование металлообрабатывающих станков	84
Глава 2. Общие сведения о станках с программным управлением (ПУ)	101
2.1. Назначение станков с программным управлением	101
2.2. Типы систем программного управления станками	103
2.3. Общие сведения о цикловом программном управлении станками	107
2.4. Общие сведения о числовом программном управлении станками	113
2.5. Классификация систем числового программного управления	120
2.6. Классификация и конструктивные особенности станков с ЧПУ	122
2.7. Основные блоки и узлы УЧПУ	128
Глава 3. Металлообрабатывающие станки: устройство, кинематика, наладка	132
3.1. Станки токарной группы	132
3.2. Токарные автоматы и полуавтоматы	154
3.3. Токарные станки с ПУ	166
3.4. Станки сверлильно-расточной группы	181
3.5. Станки сверлильно-расточной группы с ЧПУ	193
3.6. Фрезерные станки	205
3.7. Фрезерные станки с ЧПУ	225
3.8. Резьбообрабатывающие станки	232
3.9. Станки строгально-протяжной группы	241
3.10. Шлифовальные станки	251
3.11. Шлифовальные станки с ЧПУ	267
3.12. Зубообрабатывающие станки	279
3.13. Зубообрабатывающие станки с ЧПУ	296
3.14. Агрегатные станки	302
3.15. Агрегатные станки с ЧПУ	312
3.16. Многоцелевые станки с ЧПУ	319
3.17. Станки с ЧПУ для электрохимических и электрофизических методов обработки	333
Глава 4. Технологическое оборудование автоматизированного производства	344
4.1. Назначение и классификация автоматизированных станочных систем механообработки	344

4.2. Автоматические линии	348
4.3. Промышленные роботы (ПР)	363
4.4. Гибкие производственные модули (ГПМ)	374
4.5. Гибкие производственные системы (ГПС)	378
4.6. Роботизированные комплексы	380
4.7. Гибкие автоматизированные участки (ГАУ)	383
Глава 5. Эксплуатация металлообрабатывающих станков	388
5.1. Транспортирование и установка станков	388
5.2. Испытания станков	392
5.3. Паспортизация станков	398
5.4. Производственная эксплуатация и обслуживание станков	399
5.5. Особенности эксплуатации станков с ЧПУ	400
5.6. Особенности эксплуатации гибких производственных систем	401
Список литературы	406

ВВЕДЕНИЕ

Развитие производства во многом определяется техническим прогрессом машиностроения. Увеличение выпуска продукции машиностроения осуществляется за счет интенсификации производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных технологий.

Металлообрабатывающие станки наряду с кузнечно-прессовым оборудованием являются основным оборудованием машиностроительных заводов. Повышение эффективности производства возможно путем его механизации и автоматизации, оснащения высокопроизводительными станками с ЧПУ, промышленными роботами (ПР), создания и внедрения гибких производственных систем. Настоящей задачей отечественной станкоинструментальной промышленности является создание высокопроизводительных конкурентоспособных станков различного технологического назначения и прогрессивных конструкций режущего инструмента, обеспечивающих высокую эффективность и точность обработки.

Развитию станкостроения в России в XVII веке и первой половине XVIII века во многом способствовали труды выдающегося станкостроителя А.К. Нартова, который создал токарно-копировальный станок. Большой вклад в отечественное станкостроение внесли российские самоучки Яков Батишев, который создал ряд сверлильных и других станков, Павел Захава, механик Тульского оружейного завода, построивший специальные сверлильные, опилочные, отрезные станки для обработки оружейных стволов, Лев Собакин, Алексей Суркин и другие.

Новые технологические процессы и реализующие их станки, предложенные российскими мастерами и техниками в XVIII веке, позволили освоить производство взаимозаменяемых деталей и узлов на 70—80 лет раньше, чем в Европе.

Большой вклад в развитие станкостроения внесли М.В. Ломоносов, который создал лобовые и сферотокарные (для обработки линз) станки, изобретатель Н.П. Кулибин, И.И. Ползунов, изготовивший инструмент и станки для токарной обработки паровых цилиндров.

В начале XIX века в России родилась новая наука — технология. В ее основу легли достигнутые в XVIII веке успехи по взаимозаменяемости узлов при изготовлении и сборке различного оружия. Положения этой науки сформулировал академик З.М. Севергин, на десятки лет опередивший западных машиностроителей.

В 1610 г. русский профессор И.А. Тиме положил начало науке обработки металлов. Он раскрыл сущность процесса резания, объяснил характер образования, строения и усадку стружки, вывел формулы для расчета действующих сил. Его соотечественник академик А.В. Гадолин, исходя из оптимальной скорости резания, предложил геометрический ряд коробок скоростей, который в настоящее время принят во всем мире.

С конца XIX века обработка резанием развивалась параллельно с совершенствованием инструментальных материалов, технологии и конструирования станков. Это привело к повышению скоростей резания и подачи, увеличению жесткости конструкции, росту мощности привода, улучшению механики станка.

Крупный вклад в развитие станкостроения внесли русские ученые К.А. Зворыкин, А.А. Брикс, Я.Г. Усачев, Н.П. Гавриленко, П.Л. Чебышев.

В XX веке электрические приводы станков вытеснили трансмиссионные от паровой машины, с 1890 по 1910 гг. скорости резания возросли почти в 10 раз.

В период индустриализации страны было реконструировано и построено 8 станкоинструментальных предприятий, в числе которых московские заводы «Красный пролетарий» и «Серго Орджоникидзе». В нашей стране впервые в мире были созданы автоматические линии, цехи и заводы. В 1939—1940 гг. на Волгоградском тракторном заводе была построена первая автоматическая линия станков. В 1950 г. в г. Ульяновске вступил в действие первый в мире завод-автомат по изготовлению автомобильных поршней.

Нашей стране принадлежит приоритет в разработке устройств адаптивного управления станками. Эта работа, выполненная под руководством профессора Б.С. Балакшина, стала основой для создания саморегулирующихся станочных комплексов, открывших путь к внедрению участков и цехов с малолюдной технологией.

Были разработаны быстроперенастраиваемые гибкие производственные системы (ГПС). Основой таких систем стали отечественные многооперационные станки с ЧПУ и автоматической сменой инструмента, управляемые от ЭВМ.

Главным направлением по ускорению научно-технического прогресса является широкая автоматизация на основе применения автоматизированных станков, машин и механизмов, унифицированных модулей оборудования, робототехнических комплексов и вычислительной техники.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКАХ

Классификация металлообрабатывающих станков. Металлообрабатывающий станок — это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации. Обработка производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом. Получили распространение станки для обработки заготовок электрофизическими методами. Станки применяют также для выравнивания поверхности детали, для обкатывания поверхности роликами. Металлообрабатывающие станки осуществляют резание неметаллических материалов, например, дерева, текстолита, капрона и других пластических масс. Специальные станки обрабатывают также керамику, стекло и другие материалы.

Металлообрабатывающие станки классифицируют по различным признакам, в зависимости от вида обработки, применяемого режущего инструмента и компоновки. Все серийно выпускаемые станки разделены на девять групп, в каждой группе предусмотрены девять типов (табл. 1).

Станки одного и того же типа могут отличаться компоновкой (например, фрезерные универсальные, горизонтальные, вертикальные), кинематикой, т. е. совокупностью звеньев, передающих движение, конструкцией, системой управления, размерами, точностью обработки и др.

Стандартами установлены основные размеры, характеризующие станки каждого типа. Для токарных и круглошлифовальных станков это наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, для фрезерных станков — длина и ширина стола, на который устанавливаются заго-

1. Классификация металлообрабатывающих станков

Станки	Группа	Типы								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		Автоматы и полуавтоматы								
Токарные	1	специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные	Револьверные	Сверлильные	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцовые	Специальные
Сверлильные и расточные	2		Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы одношпиндельные		Координатно-расточные	Специально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные
Шлифовальные доводочные	3		Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные		Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировальные
Комбинированные	4									
Зубо- и резьбообрабатывающие	5	Резьбонарезные	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Зубофрезерные для червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбошлифовальные
Фрезерные	6		Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия		Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные	Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные
Строгальные, долбежные и протяжные	7		Продольные одноточечные	Продольные двухточечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные		Протяжные вертикальные	
Отрезные	8	Отрезные работающие	Токарным резцом	Абразивным кругом	Фрикционным блоком	Правильно-отрезные	Ленточные	Круглошлифовальные	Ножовочные	
Разные	9		Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно и бесцентрово-обдирочные		Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	

товки или приспособления, для поперечно-строгальных станков — наибольший ход ползуна с резцом.

Группа однотипных станков, имеющих сходную компоновку, кинематику и конструкцию, но разные основные размеры, составляет размерный ряд. Так, по стандарту, для зубофрезерных станков общего назначения предусмотрено 12 типоразмеров с диаметром устанавливаемого изделия от 80 мм до 12,5 м.

Конструкция станка каждого типоразмера, спроектированная для заданных условий обработки, называется моделью. Каждой модели присваивается свой шифр — номер, состоящий из нескольких цифр и букв. Первая цифра означает группу станка, вторая — его тип, третья цифра или третья и четвертая цифры отражают основной размер станка. Например, модель 16К20 означает: токарно-винторезный станок с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 400 мм. Буква между второй и третьей цифрами означает определенную модернизацию основной базовой модели станка.

По степени универсальности различают следующие станки — универсальные, которые используют для изготовления деталей широкой номенклатуры с большой разницей в размерах. Такие станки приспособлены для различных технологических операций:

- специализированные, которые предназначены для изготовления однотипных деталей, например, корпусных деталей, ступенчатых валов сходных по форме, но различных по размеру;

- специальные, которые предназначены для изготовления одной определенной детали или детали одной формы с небольшой разницей в размерах.

По степени точности станки разделены на 5 классов: Н — станки нормальной точности, П — станки повышенной точности, В — станки высокой точности, А — станки особо высокой точности, С — особо точные или мастер-станки. В обозначение модели может входить буква, характеризующая точность станка: 16К20П — токарно-винторезный станок повышенной точности.

По степени автоматизации выделяют станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматом называют такой станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляется автоматически, т. е. выполняются механизмами станка без участия оператора.

Цикл работы полуавтомата выполняется также автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки.

С целью комплексной автоматизации для крупносерийного и массового производства создают автоматические линии и комплексы, объединяющие различные автоматы, а для мелкосерийного производства — гибкие производственные модули (ГПМ).

Автоматизация мелкосерийного производства деталей достигается созданием станков с программным управлением (цикловым), в обозначение моделей вводится буква Ц (или числовым буква Ф). Цифра после буквы Ф обозначает особенность системы управления; Ф1 — станок с цифровой индикацией (с показом чисел, отражающих, например, положение подвижного органа станка) и предварительным набором координат; Ф2 — станок с позиционной или прямоугольной системой; Ф3 — станок с контурной системой; Ф4 — станок с универсальной системой для позиционной и контурной обработки, например, модель 1Б732Ф3 — токарный станок с контурной системой ЧПУ.

По массе станки подразделяются на легкие — до 1 т, средние — до 10 т, тяжелые — свыше 10 т. Тяжелые станки делят на крупные — от 16 т до 30 т, собственно тяжелые — от 30 до 100 т, особо тяжелые — свыше 100 т.

Технико-экономические показатели станков. Для оценки качества станков пользуются системой технико-экономических показателей, наиболее важными из которых являются точность, производительность, надежность, экономическая эффективность, безопасность и удобство обслуживания. Имеют также значение универсальность, степень автоматизации, материалоемкость, габаритные размеры, патентоспособность и другие показатели.

Точность станка характеризуется его способностью обеспечить форму, размеры, взаимное расположение с допустимыми отклонениями, а также определенную шероховатость обработанных поверхностей изделия.

Производительность станка оценивают чаще всего числом деталей, которые можно изготовить в единицу времени при соблюдении требований к точности (штучная производительность). Помимо штучной производительности пользуются также понятием «производительность резания». Она измеряется в см³/мин. Штучная производительность зависит от производительности резания и затрат времени t_x на холостые ходы и t_n на вспомогательные операции, несомещенные во времени с обработкой, например — на загрузку заготовок или выгрузку деталей. Если t_p — время резания, то продолжительность цикла обработки одной детали $T = t_p + t_x + t_n$. Тогда $Q = I/T = I/(t_p + t_x + t_n)$.

Повышение производительности станка достигается прежде всего увеличением скорости движения, глубины резания, числа одновременно работающих инструментов, автоматизацией цикла работы.

Надежность станка является его свойством сохранять при правильной эксплуатации точность и производительность в заданных пределах, а также сохранять свои качества при правильном хранении и транспортировке. Надежность станка характеризуется рядом показателей. Экономическая эффективность определяется сравнением приведенных затрат для нового и заменяемого станка. Приведенные затраты включают в себя себестоимость продукции, изготавливаемой на станке,

и единовременные капитальные вложения (стоимость оборудования, здания и др.). Экономическая эффективность зависит в первую очередь от производительности станка. Повышение точности станка выгодно, так как благодаря этому устраняется ручная доводка, повышается долговечность или улучшаются другие эксплуатационные качества изготавливаемых деталей.

Основные движения формообразования в станках различного типа

Величины, характеризующие основные движения. При изготовлении деталей на металлорежущих станках снятие припуска с заготовки инструментом осуществляется резанием. Прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания, называется главным движением резания или просто **главным движением** (ГОСТ 25762—83). На главное движение затрачивается большая часть мощности привода станка. Главное движение может быть вращательным и поступательным. При вращательном движении оно характеризуется частотой вращения (либо шпинделя с заготовкой, либо шпинделя с режущим инструментом), при поступательном — частотой двойных ходов.

Например, у станков токарной группы главным движением является вращение заготовки (рис. 1, а — б), частота вращения которой, $n = 1000V/\pi d$ мин⁻¹, где V — скорость резания, м/мин; d — диаметр заготовки, мм.

Иногда главное движение на станках получают в результате сложения движений. Например, при сверлении отверстий малого диаметра на токарных автоматах главное движение является результатом сложения вращений детали и сверла, которые вращаются в разные стороны (рис. 1, ж). Это объясняется тем, что для получения заданной скорости резания необходима большая скорость. В данном случае скорость резания определяется суммой частот сверла $n_{св}$ и детали $n_{д}$, т. е. $V = \pi d_{св}(n_{св} + n_{д})/1000$, м/мин.

При нарезании резьб на токарных автоматах методом «обгона» плашка вращается в том же направлении, что и заготовка, но при этом $n_{пл} > n_{заг}$ (рис. 1, з). Тогда относительная частота вращения, которая определяет скорость резания резьбы, $n = n_{пл} + n_{заг}$. Главное движение может быть получено и при разнородных движениях, например, при вращении детали со скоростью резания V поступательном движении реза с подачей S , например, при нарезании наружной и внутренней резьбы резцом (рис. 1, и).

Движением подачи называют относительное движение инструмента и заготовки, обеспечивающее совместно с главным движением фор-

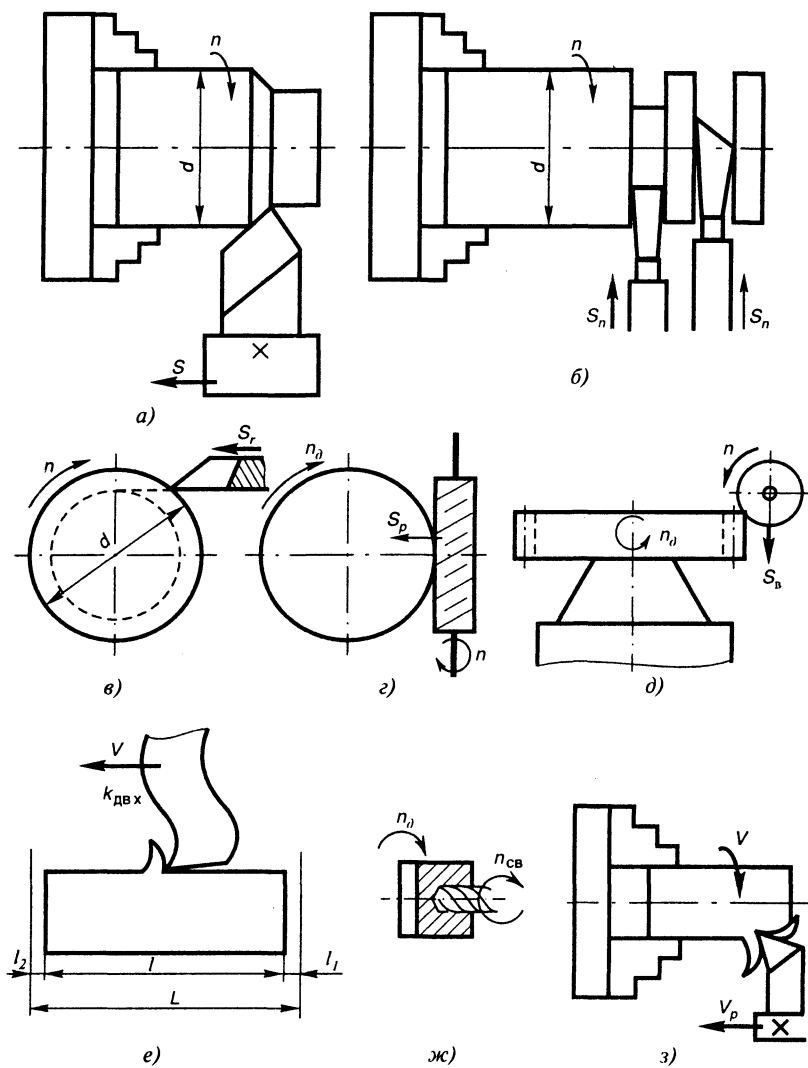


Рис. 1. Виды главного движения и подачи в металлорежущих станках

мообразование поверхности детали. Подачу определяют как величину перемещения инструмента относительно заготовки за один оборот (двойной ход) заготовки или инструмента (зависимые подачи на токарных, сверлильных и строгальных станках) или перемещение в единицу времени (независимые подачи на фрезерных и шлифовальных станках).

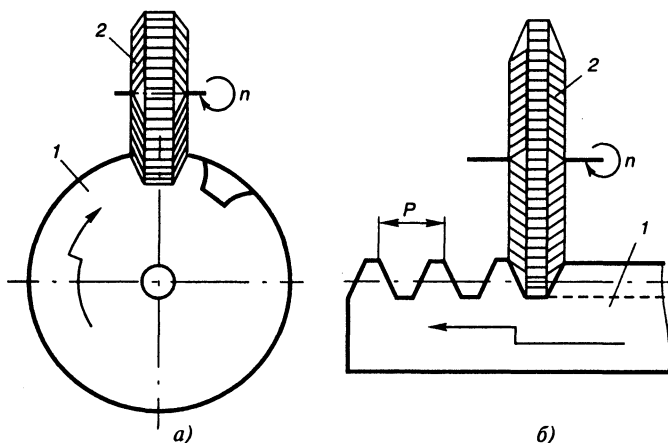


Рис. 2. Круговое (а) и линейное (б) деление

В зависимости от направления движения инструмента по отношению к детали подачи делят на продольную S (рис. 1, а), поперечную S_n (рис. 1, б), радиальную S_p (рис. 1, в), круговую S_k (рис. 1, г). Кроме того, подачи могут быть осевыми (рис. 1, ж) в сверлильных станках и вертикальными S_v в зубофрезерных станках (рис. 1, д).

Делительное движение — это движение, при котором осуществляется поворот заготовки I на требуемый угол (рис. 2, а) или линейное перемещение заготовки относительно инструмента 2 на определенную величину, например, на шаг P (рис. 2, б).

Движение обката — это согласованное движение между инструментом и заготовкой, имеющее при формообразовании необходимое последовательное положение, например, соответствующее зацеплению двух зубчатых колес (рис. 3, а). Это движение используется преимущественно при нарезании зубчатых колес методом обката на зубофрезерных или зубодолбежных станках (рис. 3, б).

Дифференциальное движение алгебраически добавляется к какому-либо движению инструмента или заготовки. Понятие дифференциального движения аналогично с математическим понятием «дифференциал», т. е. приращение. Суммировать можно только однородные движения: вращательное с вращательным, поступательное с поступательным. Для суммирования движений применяют дифференциальные механизмы. Дифференциальные движения применяются в затыловочных, зубофрезерных и других станках.

Вспомогательные движения подготавливают процесс резания, но сами в нем не участвуют. К таким движениям относят: отвод и подвод инструмента, зажим и разжим заготовки, установку и снятие инстру-

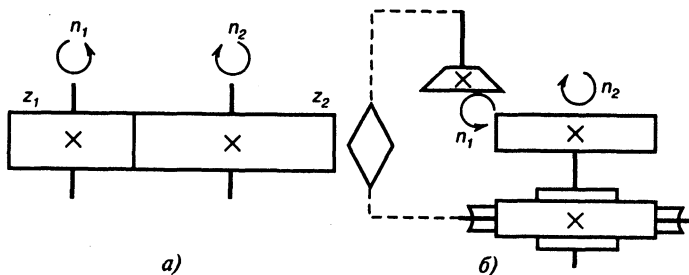


Рис. 3. Обкат двух зубчатых колес (а), инструмента и заготовки (б)

мента, переустановку упоров на станке, изменение положения детали и т. д. Вспомогательные движения осуществляются либо вручную, либо от специальных приводов. В станкостроении обязательным условием сокращения ручного труда является автоматизация вспомогательных движений.

Назначение и типы приводов.

Передачи, применяемые в приводах, и их передаточные отношения.

Условные обозначения элементов кинематических цепей

Приводом называется совокупность механизмов, передающих движение от источника энергии до элемента, выполняющего заданное движение в станке. В привод входят двигатель, механизм изменения передаточного отношения, механизмы включения, выключения и реверсирования движений. В станках применяют приводы вращательного (наиболее распространенный тип привода) и прямолинейного движения. Существуют приводы периодического движения рабочих органов на точно фиксированную величину (храповым механизмом, мальтийским крестом, шаговым электродвигателем и т. д.).

Приводы станков подразделяют на ступенчатые и бесступенчатые. Ступенчатое изменение скоростей движения обеспечивается коробками скоростей или подач, ступенчатыми шкивами либо электроприводом в виде многоскоростных асинхронных электродвигателей; бесступенчатое — электроприводом постоянного тока, гидроприводом, механическим вариатором или комбинированным приводом (сочетающим, например, регулируемый электродвигатель с коробкой скоростей или механический вариатор с многоскоростным асинхронным электродвигателем переменного тока). Современные станки с программным управлением имеют одиночные или многодвигательные приводы.

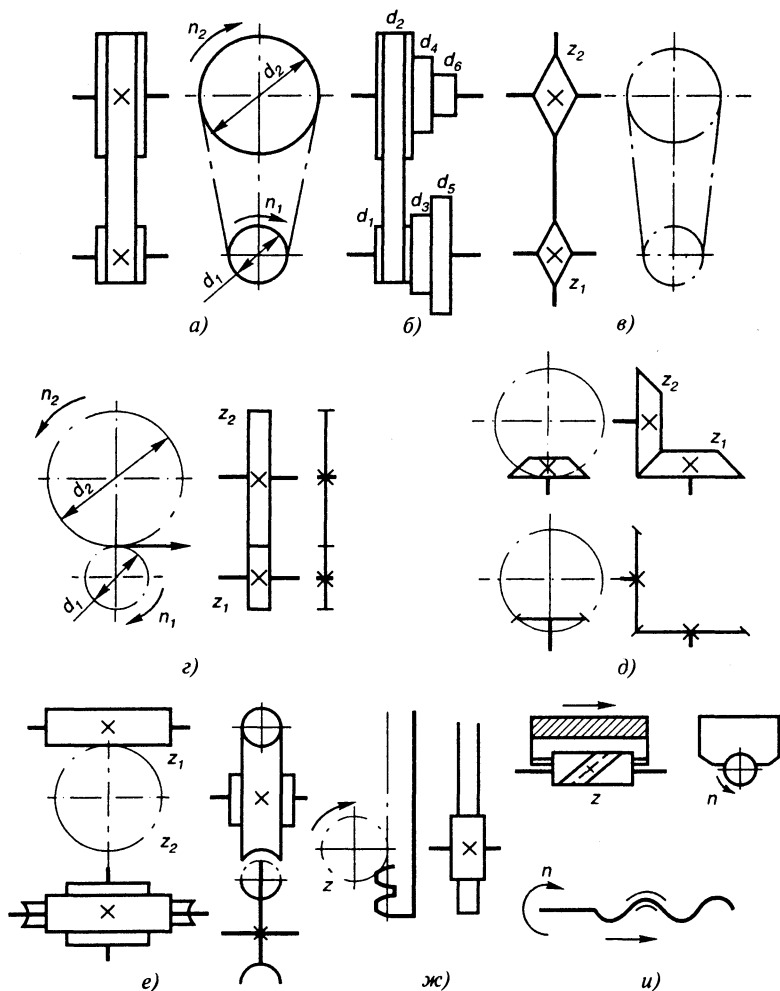


Рис. 4. Передачи:

a — плоскоременная, *б* — ременная со ступенчатыми шкивами, *в* — цепная, *г* — зубчатая, *д* — зубчатая коническая, *е* — червячная, *ж* — реечная, *з* — червячно-реечная, *и* — передача винт-гайка

Передача от двигателя на ведущий вал механизма осуществляется ременной или зубчатой передачей, а также непосредственным соединением валов электродвигателя и механической передачи (встроенные электродвигатели). В механизмах изменения скоростей движения, включения, выключения и реверсирования передача движения производится через ременные, цепные, зубчатые, винтовые, червячные,

фрикционные или гидравлические связи. В механизмах подачи — через шариковые винтовые пары или пары винт-гайка скольжения и безлюфтовые редукторы, электромеханические и гидромеханические связи.

Основной задачей при выборе параметров и характеристик привода является обеспечение технологических режимов обработки детали с допустимыми геометрическими погрешностями и шероховатостью поверхности при максимальной производительности и минимальной себестоимости обработки. Особенностью работы современных электроприводов главного движения в станках с ЧПУ является совмещение операций в технологических циклах обработки деталей, характерных как для механизмов главного движения, так и для механизмов подачи.

Условные обозначения элементов различных механических передач стандартизированы и приведены на рис. 4.

Каждая передача содержит ведущее и ведомое звенья. Ведущее звено сообщает требуемое движение ведомому звену. Основным кинематическим параметром, определяющим соотношение движений между звеньями, является передаточное число, которое для вращательных передач равно отношению частоты вращения ведущего вала n_1 к частоте вращения ведомого n_2 , $i = n_1/n_2$. Для понижающих передач $i > 1$, для повышающих $i < 1$. Так как окружные скорости, например, двух зацепляющихся зубчатых колес (рис. 4) одинаковы $V = \pi d_2 = \pi m z_1 n_1 = \pi m z_2 n_2$, то передаточное число можно записать в виде отношения диаметров для ременных и фрикционных передач (рис. 4, а) или чисел зубьев для цепных зубчатых передач (рис. 4, в — е), $i = n_1/n_2 = d_1/d_2 = Z_1/Z_2 = r_1/r_2$, где $d_1(r_1)$ и $d_2(r_2)$ — диаметры (радиусы) ведущего и ведомого колеса (для зубчатых колес диаметры делительных окружностей); Z_1 и Z_2 — числа зубьев колес.

При расчете движений в передачах пользуются передаточными отношениями i , так как чаще требуется определять частоту вращения ведомого вала, которая для ременных и фрикционных передач $n_2 = (n_1 d_1)/d_2 = (n_1 r_1)/r_2$, для зубчатых передач $n_2 = n_1 Z_1/Z_2$.

Для изменения частоты вращения ведомого вала применяют передачи, содержащие передвижные блоки зубчатых колес. В блоке чаще всего два или три колеса, реже — четыре. Блоки применяют в качестве ведущих и ведомых звеньев. На рис. 5 показана передача с двух- и трехвенцовыми блоками. Двухвенцовый блок с зубчатыми колесами Z_1 и Z_3 может перемещаться вдоль вала I и последовательно зацепляться с колесами Z_2 и Z_4 , жестко установленными на валу II . Передаточное отношение между валами I и II $i_{11} = Z_1/Z_2$ и $i_2 = Z_3/Z_4$. При этом на валу II подвижный трехвенцовый блок с зубчатыми колесами Z_5, Z_7, Z_9 может последовательно зацепляться с колесами Z_6, Z_8 и Z_{10} и обеспечивать между валами II и III передаточные отношения $i_3 = Z_5/Z_6, i_4 = Z_7/Z_8, i_5 = Z_9/Z_{10}$. Так как для каждого значения i между валами I и II можно получить два передаточных отношения, а между валами II и III три,

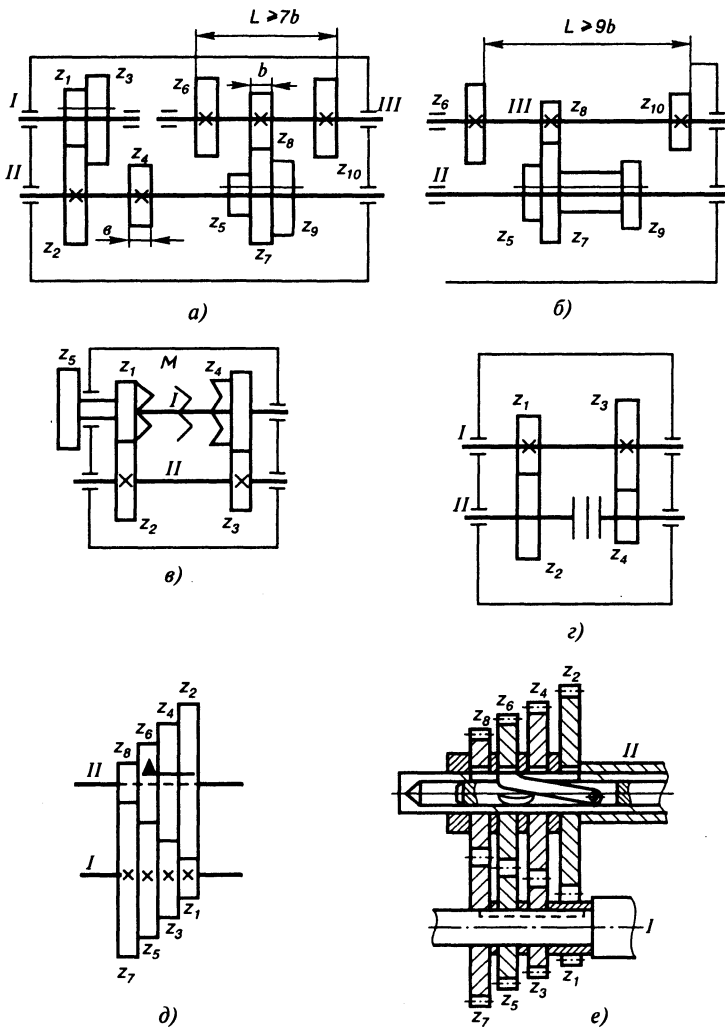


Рис. 5. Зубчатые передачи

то, следовательно, между валами *II* и *III* посредством передвижных блоков можно обеспечить шесть различных передаточных отношений или шесть частот вращения вала *III* при постоянной частоте вращения вала *I*.

Размещение колес на валах в зависимости от ширины венца *b* блоков показано на рис. 5, *a*. Для ввода в зацепление колеса *Z*₅ тройного бока с колесом *Z*₆ необходимо, чтобы блок свободно проходил мимо

колеса Z_3 , не зацепив его колесом Z_9 . Это возможно, если $Z_7 - Z_9 > 5$. В противном случае необходимо применять схему передачи, показанную на рис. 5, б. На рис. 5, в показана передача с перебором. Вал I может получать вращение от колеса Z_5 при вращении кулачковой муфты колес Z_1 и Z_4 . При включенной муфте и зацеплении колеса Z_4 с Z_3 вращение на вал I передается через зубчатые колеса Z_1/Z_2 , вал II и колеса Z_3/Z_4 .

Передачи с передвижными блоками с кулачковыми муфтами просты по конструкции, надежны в эксплуатации и удобны в управлении, но не допускают переключения при вращении и имеют большие размеры в осевом направлении. На рис. 5, г приведена передача, которая лишена этих недостатков. Колеса Z_2 и Z_4 свободно установлены на валу II и постоянно находятся в зацеплении с колесами Z_1 и Z_3 , жестко закрепленными на валу I . Передача движения валу II от вала I происходит при включении фрикционной двусторонней муфты, которая жестко соединяет с валом II колеса Z_2 и Z_4 . В этом случае частоту вращения можно менять на ходу.

Передача с двумя обратными конусами, набранными из зубчатых колес, и вытяжной шпонкой обеспечивает арифметический ряд частот вращения (рис. 5, д, е). На ведущем валу I жестко установлены зубчатые колеса Z_1, Z_3, Z_5, Z_7 , которые находятся в постоянном зацеплении с колесами Z_2, Z_4, Z_6, Z_8 , свободно установленными на валу II . Вытяжная шпонка I , установленная в пазу вала II , при движении вдоль оси вала, западает в шпоночный паз одного из зубчатых колес и соединяет его с валом. В этом случае передаточное отношение будет одной из зубчатых передач $Z_1/Z_2, Z_3/Z_4, Z_5/Z_6, Z_7/Z_8$, которая передает вращение валу II . Достоинством передачи является компактность, а недостатком — малая жесткость.

С целью изменения частоты вращения ведомого вала для понижающих или повышающих передач применяют планетарные передачи из цилиндрических и конических зубчатых колес. Планетарными зубчатыми передачами называют передачи, имеющие зубчатые колеса с движущимися осями. Зубчатые колеса, установленные на движущихся осях, называют планетарными или сателлитами. Подвижное звено, в котором установлены оси сателлитов, называют водилом. Колесо, по которому обкатывают сателлиты, называют центральным или солнечным.

На рис. 6 показана планетарная передача из цилиндрических зубчатых колес, применяемая в приводе медленных подач стола универсального заточного станка 3В642. В ней ведущим валом является маховик I , соосно расположенный с неподвижным центральным колесом $Z_1 = 19$. В корпусе маховика установлены на одной оси планетарные колеса $Z_2 = 19$ и $Z_3 = 18$. Колесо $Z_2 = 19$ зацепляется с неподвижным центральным колесом $Z_1 = 19$, а колесо $Z_3 = 18$ — с колесом $Z_4 = 20$, жестко установленным на ведомом валу 2 с ременной шестерней $Z = 14$, зацепляемой с установленной на столе рейкой 3 ($m =$

$=2,5$ мм). При вращении маховика по неподвижной центральной шестерне $Z_1 = 19$ обкатывается сателлит $Z_2 = 19$ и через зубчатые колеса $Z_3 = 18$ и $Z_4 = 20$ передается вращение на ведомый вал. Передаточное отношение планетарной передачи: $i_{пл} = 1 - [(Z_1/Z_2) \times (Z_3/Z_4)]$.

Для преобразования вращательного движения в поступательное применяют реечную, червячно-реечную передачу, передачу винт-гайка и др. Реечная передача состоит из зубчатой рейки и шестерни. Линейное перемещение рейки S за один оборот шестерни с числом зубьев Z составит $S = \pi m z = Pz = \pi d$, где P — шаг зубьев реечной передачи в мм; d — диаметр делительной окружности реечной шестерни в мм; m — модуль в мм. Червячно-реечную передачу, состоящую из червячной рейки, и передачу винт-гайка применяют для медленных и точных приводов подач (например, для перемещения стола продольно-фрезерного или строгального станков).

Стандартизованные условные обозначения элементов кинематических цепей приведены в табл. 2.

Стандартизованные условные обозначения элементов кинематических цепей приведены в табл. 2.

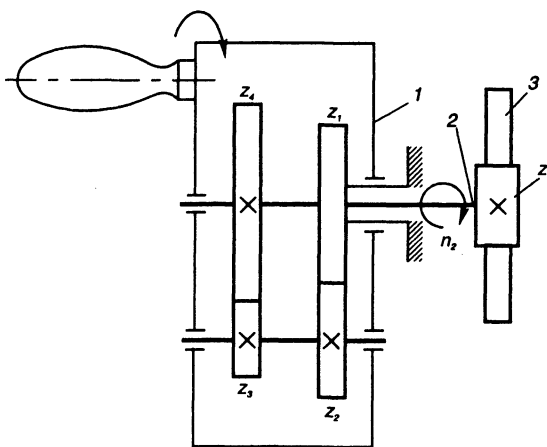



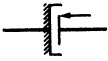
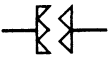





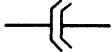
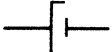


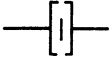
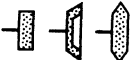
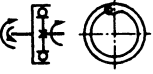
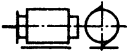
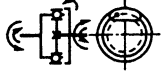
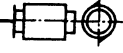





Рис. 6. Планетарная передача

2. Условные обозначения для кинематических схем

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал		Ременная передача:	
Соединение двух валов:		плоским ремнем	
глухое		плоским ремнем	
глухое с предохранением от перегрузок		плоским ремнем	
эластичное		перекрестная	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
шарнирное			
телескопическое			
плавающая муфта			
зубчатая муфта			
Соединение деталей с валом:			
свободное для вращения			
подвижное без вращения			
при помощи вытяжной шпонки			
глухое			
Подшипники скольжения:			
радиальный			
радиально-упорный односторонний			
радиально-упорный двусторонний			
Подшипники качения:			
радиальный			
радиально-упорный односторонний			
радиально-упорный двусторонний			
		клиновидным ремнем	
		Передача цепью	
		Передачи зубчатые:	
		цилиндрическими колесами	
		коническими колесами	
		винтовые	
		Передача червячная	
		Передача зубчатая ременная	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Передача ходовым винтом с гайкой:		ленточный	
неразъемной			
разъемной		дисковый	
Муфты:		Концы шпинделей станка:	
кулачковая одно-		центровых	
сторонняя		патронных	
кулачковая двусто-		прутковых	
ронняя		сверлильных	
конусная		расточных с план-	
дисковая односто-		шайбой	
ронняя		фрезерных	
дисковая двусто-		шлифовальных	
ронняя		Электродвигатели:	
обгонная односто-		на лапках	
ронняя			
обгонная двусто-			
ронняя		фланцевые	
Тормоза:		встроенные	
конусный			
колодочный			

Графическое изображение уравнений скорости резания и подачи

Для кинематических расчетов коробок скоростей и подач в металлорежущих станках применяют два метода: аналитический и графоаналитический. Оба метода позволяют находить величины передаточных отношений. Однако, как правило, используют только графоаналитический метод. Достоинством его является то, что он позволяет быстро находить возможные варианты решения, что дает большую наглядность и облегчает сравнение вариантов. При графоаналитическом методе последовательно строят структурную сетку и график частоты вращения.

Структурная сетка дает ясное представление о структуре привода станка. По структурной сетке легко проследить связи между передаточными отношениями групповых передач (групповой передачей называют совокупность передач между двумя последовательными валами коробки скоростей или подач). Однако сетка не дает конкретных значений этих величин. Она наглядно характеризует ряд структур в общей форме. Структурная сетка содержит следующие данные о приводе: число групп передач, число передач в каждой группе, относительный порядок конструктивного расположения групп вдоль цепи передач, порядок кинематического включения групп, диапазон регулирования групповых передач, число частот вращения ведущего и ведомого валов групповой передачи.

График частоты вращения позволяет определить конкретные величины передаточных отношений всех передач привода и частоты вращения всех его валов. Его строят в соответствии с кинематической схемой привода. При разработке кинематической схемы коробки скоростей или подач с вращательным главным движением должны быть известны: число ступеней частоты вращения Z шпинделя, знаменатель геометрического ряда ϕ , частоты вращения шпинделя от n_1 до n_2 и частота вращения электродвигателя $n_{эл}$.

Число ступеней частоты вращения шпинделя Z при наладке последовательно включенными групповыми передачами (в многоваловых коробках) равно произведению числа передач в каждой группе, т. е. $Z = P_a P_b P_c \dots P_k$. Например, для привода, показанного на рис. 7, $Z = P_a P_b P_c = 3 \times 2 \times 2 = 12$.

При заданном или выбранном числе ступеней ряда частоты вращения шпинделя число групп передач в каждой группе и порядок расположения групп можно выбирать различными. Этот выбор в основном и определяет конструкцию коробки скоростей и подач.

Для наиболее часто применяемых значений могут быть использованы следующие конструктивные варианты:

$$\begin{aligned}
 Z &= 4 = 2 \times 2; \\
 Z &= 6 = 2 \times 3; \\
 Z &= 8 = 2 \times 2 \times 2 = 4 \times 2 = 2 \times 4; \\
 Z &= 12 = 3 \times 2 \times 2 = 2 \times 3 \times 2 = 2 \times 2 \times 3 = 3 \times 4 = 4 \times 3; \\
 Z &= 16 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 4 \times 2 \times 2 = 2 \times 4 \times 2 = 2 \times 2 \times 4 = 4 \times 4; \\
 Z &= 18 = 2 \times 3 \times 3 = 3 \times 2 \times 3 = 3 \times 3 \times 2; \\
 Z &= 24 = 2 \times 3 \times 2 \times 2 = 2 \times 2 \times 3 \times 2 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 2 \times 3 \times 4 = \\
 &= 2 \times 4 \times 3 = 3 \times 2 \times 4 = 3 \times 4 \times 2 = 4 \times 2 \times 3 = 4 \times 3 \times 2.
 \end{aligned}$$

В станках с изменением вращения шпинделя по геометрическому ряду передаточное отношение передач в группах образуют геометрический ряд со знаменателем φ^x , где x — целое число, которое называют характеристикой группы. Характеристика группы равна числу ступеней скорости, кинематически предшествующих данной группе. Общее уравнение наладки групповых передач имеет следующий вид: $i_1 : i_2 : i_3 \dots i_p = 1 : \varphi^x : \varphi^{2x} : \varphi^{(p-1)x}$.

Для последовательного получения всех частот вращения шпинделя сначала переключают передачи одной группы, затем другой и т. д. Если в коробке скоростей, показанной на рис. 7, использовать с этой целью, прежде всего, передачи группы (А), затем группы (С) и в последнюю очередь группы (В), то соответственно этому порядку переключения группа (А) будет основной, группа (С) — первой переборной, группа (В) — второй переборной.

Для основной группы передач характеристика $X_0 = 1$; для первой переборной группы $X_1 = P_1$, для второй переборной группы $X_2 = P_1 P_2$ и т. д., где P_1 и P_2 — соответственно числа передач основной и первой переборной группы.

Для конструктивного варианта привода, показанного на рис. 7 и принятого порядка переключения скоростей, можно записать структурную формулу $Z = 3(1) \times 2(6) \times 2(3)$. В формуле цифрами в скобках обозначены характеристики групп. Основной и различными по номеру переборными группами может быть любая группа передач в приводе. Поэтому наряду с конструк-

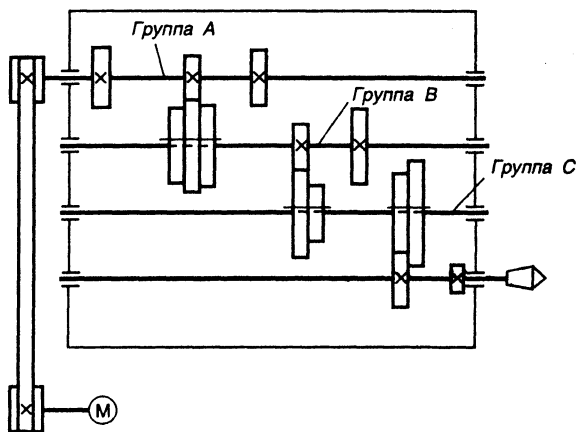


Рис. 7. Кинематическая схема коробки скоростей на 12 ступеней с последовательным включением групп передач

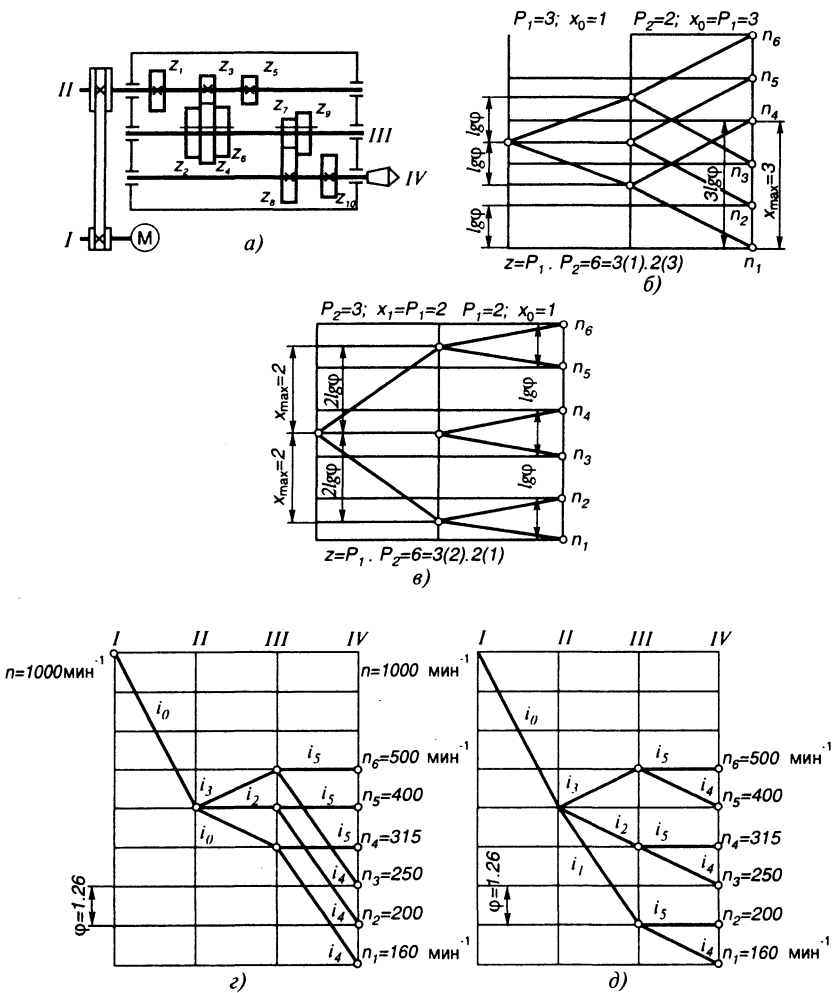


Рис. 8. Кинематическая схема, структурные сетки и графики частот вращения коробки скоростей на шесть ступеней

тивными вариантами привода возможны также различные его кинематические варианты.

Во избежание чрезвычайно больших диаметров зубчатых колес в коробках скоростей, а также для нормальной их работы установлены следующие предельные передаточные отношения между валами при прямозубом зацеплении: $2 \geq i \geq (1/4)$; отсюда наибольший диапазон регулирования групповой передачи будет $(i_{\text{max}}/i_{\text{min}})_{\text{пред}} = 2/1(1/4) = 8$.

Отношение $(i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}}$ имеет наибольшую величину для последней переборной группы привода, следовательно, для коробок скоростей, где X_{\max} — наибольший показатель для последней переборной группы, P — число передач в этой группе.

Для графического изображения частот вращения шпинделя станка обычно используют логарифмическую шкалу чисел. С этой целью геометрический ряд частот вращения $n_2 = n_1\varphi$; $n_3 = n_1\varphi^2$; $n_4 = n_1\varphi^3$; ...; $n_z = n_1\varphi^{z-1}$ логарифмируют $\lg n_2 = \lg n_1 + \lg\varphi$; $\lg n_3 = \lg n_1 + 2\lg\varphi$; $\lg n_4 = \lg n_1 + 3\lg\varphi$; ...; $\lg n_z = \lg n_1 + (Z-1)\lg\varphi$. Откуда $\lg n_3 - \lg n_2 = \lg\varphi$; $\lg n_4 - \lg n_3 = 2\lg\varphi$; ...; $\lg n_z = \lg n_z - \lg n_{z-1} = \lg\varphi = \text{const}$.

Таким образом, если откладывать на первой линии последовательные значения логарифмов частот вращения $n_1, n_2, n_3, \dots, n_z$, то интервалы между ними будут постоянными и равными $\lg\varphi$.

Рассмотрим построение структурной сетки и графика частот вращения для коробки скоростей, кинематическая схема которой показана на рис. 8, а. Для принятого конструктивного варианта привода возможны два варианта структурной формулы: $Z = 6 = 3(1)2(3)$ и $Z = 6 = 3(2)2(1)$. В первом случае основой группы будет первая в конструктивном отношении группа передач, а первой переборной — вторая группа передач; для второго случая наоборот.

На рис. 8, б показаны структурные сетки приведенных структурных формул привода. Они построены следующим образом. На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых должно быть на единицу больше, чем число групповых передач. Также проводят ряд горизонтальных параллельных прямых с интервалом, равным логарифму $\lg\varphi$ (число горизонтальных прямых равно числу Z ступеней частоты вращения шпинделя). На середине первой слева вертикальной линии наносят точку O , из которой симметрично, в соответствии с числом передач в группах, по заданной структурной формуле проводят лучи, соединяющие точки на вертикальных линиях. Расстояние между соседними лучами должны быть равными $X_i\lg\varphi$, где X_i — характеристика соответствующей группы.

Оптимальный вариант структурной сетки выбирают из следующих соображений. Выше отмечалось, что независимо от порядка переключений групповых передач диапазон регулирования последней переборной группы является наибольшим. Поэтому следует определить регулирования последовательных переборных групп для всех вариантов структурных сеток (при выбранном значении φ) и исключить из дальнейшего рассмотрения варианты, не удовлетворяющие условию

$$(i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}} = \varphi^{(n-1)X_{\max}} \leq 8.$$

Для варианта, показанного на рис. 8, б, $X_{\max} = 3$, а для варианта, показанного на рис. 8, в, $X_{\max} = 2$. Вариант, приведенный на рис. 8, б подходит для всех значений φ , так как $2/2 - 1/3 = 8$; вариант на рис.

3. Нормальные ряды чисел в станкостроении

Значение знаменателя ряда ф							Значение знаменателя ряда ф							Значение знаменателя ряда ф						
1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
1	1	1	1	1	1	1	10	10	10		10	10		100	100	100		100	100	
1,06							10,6							106						
1,12	1,12						11,2	11,2		11,2				112	112					
1,18							11,8							118						
1,25	1,25	1,25					12,5	12,5	12,5					125	125	125	125			125
1,32							13,2							132						
1,4	1,4		1,4				14	14						140	140					
15							15							150						
1,6	1,6	1,6		1,6			16	16	16	16	16		16	160	160	160		160		
1,7							17							170						
1,8	1,8				1,8		18	18				18		180	180		180		180	
1,9							19							190						
2,0	2	2	2			2	20	20	20					200	200	200				
2,12							21,2							212						
2,24	2,24						22,4	22,4		22,4				224	224					
2,36							23,6							236						
2,5	2,5	2,5		2,5			25	25	25		25			250	250	250	250	250		250
2,65							26,5							265						
2,8	2,8		2,8				28	28						280	280					
3,0							30							300						
3,15	3,15	3,15	3,15		3,15		31,5	31,5	31,5	31,5		31,5	31,5	315	315	315			315	
3,35							33,5							335						
3,55	3,55						35,5	35,5						355	355		355			
3,75							37,5							375						
4,0	4	4	4	4		4	40	40	40		40			400	400	400		400		

8, σ удовлетворяет всем значениям φ , за исключением $\varphi = 1,8$ и $\varphi = 2$, поскольку $1,78^{(3-1)2} > 8$ и $2^{(3-1)2} > 8$, на рис. 8, z , d показаны построенные для обоих вариантов структурных сеток графики частоты вращения при $\varphi = 1,26$, $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$, $n_a = 500 \text{ мин}^{-1}$ и $n_{эв} = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

Графики частоты вращения строят в следующей последовательности: на равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых равно числу валов коробки скоростей; на равном расстоянии друг от друга с интервалами $\lg\varphi$ (проводят горизонтальные линии, которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения, начиная с n_1). Луч, проведенный между вертикальными линиями, обозначает передачу между двумя валами с передаточным отношением $i = \varphi^m$, где m — число интервалов $\lg\varphi$, перекрытых лучом. При горизонтальном положении луча $i = 1$, при луче, направленном вверх, $i > 1$, а при направленном вниз $i < 1$.

Для данного примера ($\varphi = 1,26$) с учетом особенностей отдельных передач и значений предельных передаточных отношений $i_{\text{мин.пред.}} = 1/4 = 1/\varphi^0$ и $i_{\text{мин.пред.}} = 2/1 = \varphi^3$ строим для каждого варианта цепь передач для снижения частоты вращения от $n_{эд}$ до $n_1 = 160 \text{ мин}^{-1}$. Наиболее целесообразно при этом так разбить общее передаточное отношение цепи, чтобы сохранить более высокими частоты вращения промежуточных валов, в этом случае размеры коробки скоростей уменьшаются. Дальнейшее построение ведем, используя принятые варианты структурных сеток. Построенный график частоты вращения позволяет определить передаточные отношения всех передач коробки.

По найденным передаточным отношениям определяют числа зубьев зубчатых колес, следует иметь в виду, что в станкостроении межосевые расстояния, суммы чисел зубьев сопряженных колес, числа зубьев червячных колес и модули нормализованы. При постоянном расстоянии между осями ведущего и ведомого валов, при одинаковом модуле группы передач сумма чисел зубьев каждой пары зубчатых колес является постоянной величиной, т. е. $\Sigma Z = Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 = \dots = \text{const}$.

Передаточное отношение пар зубчатых колес, находящихся в зацеплении, $i_1 = Z_1/Z_2$, $i_2 = Z_3/Z_4$, $i_3 = Z_5/Z_6$ и т. д.; из уравнений $Z_1 + Z_2 = \Sigma Z$ и $i = Z_1/Z_2$ следует, что $Z_1 = (1/i_1 + 1)/\Sigma Z$ и $Z_2 = (1/i_2 + 1)/\Sigma Z$. По этим формулам находят числа зубьев колес группы по заданной ΣZ . Передаточное отношение i_1 , i_2 и т. д. определяют по графику частоты вращения. По этим формулам находят числа зубьев колес группы по заданной ΣZ . Передаточное отношение i_1 , i_2 и т. д. определяют по графику частоты вращения.

Ряды частот вращения шпинделей, двойных ходов и ряды подач в станках. Для станков с вращательным главным движением окружная скорость резания зависит от числа оборотов шпинделя и диаметра обрабатываемой заготовки: $V = ndn$, где V — скорость резания в м/мин;

d — диаметр обрабатываемой заготовки в м; n — частота вращения заготовки в минуту.

При работе в различных условиях, особенно на специализированных и универсальных станках, возникает необходимость изменять скорость вращения шпинделя. Для получения оптимальных режимов обработки существует бесступенчатое регулирование числа оборотов. В первом случае в определенном интервале можно получить любое заданное значение. При ступенчатом регулировании частоту вращения шпинделя устанавливают в виде определенного ряда чисел оборотов. Механизмы, осуществляющие ступенчатое регулирование, проще по конструкции и надежны в эксплуатации, в следствие чего имеют наибольшее распространение.

Ряды чисел оборотов шпинделей чаще всего строят по закону геометрической прогрессии. Этот ряд удобен для осуществления экономических режимов резания. Достоинство его и в том, что он позволяет создавать сложные приводы из элементарных двухваловых механизмов, построенных тоже на основе геометрического ряда.

Допустим, что $n_1, n_2, n_3, \dots, n_z$ — ряд чисел оборотов шпинделя. Если члены ряда расположить по возрастающей степени, то $n_1 = n_{\min}$, а $n_z = n_{\max}$; n_1 и n_z называют пределами регулирования: n_1 — нижним, n_z — верхним, где z — число ступеней скорости вращения.

Если φ — знаменатель геометрической прогрессии ряда, то $n_z = n_{z-1}\varphi = n_1\varphi^{z-1}$. Решая это уравнение относительно φ , получим $\varphi^{z-1} = \frac{n_z}{n_1} = \sqrt[z-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[z-1]{D}$ величина $D = n_{\max}/n_{\min}$. Изменение скорости резания при переходе от одного числа оборотов шпинделя на другое — соединение по ряду при неизменном диаметре обработки называют перепадом скорости.

Его относительная величина для геометрического ряда $(V_x - V_{x+1}) / (V_x) = (n_x - n_{x-1}) / n_x = (\varphi - 1) / \varphi = \text{const}$. Значения применяемых в практике станкостроения знаменателей ряда и чисел оборотов шпинделей регламентированы. В основу нормализации положены, в частности, следующие принципы:

а) возможность получения рядов с различными знаменателями из основного ряда, имеющего наименьший знаменатель, путем отбрасывания отдельных членов ряда и сохранения основного ряда через 1, 3, 5 и т. д.;

б) десятичное повторение через «а» членов: $n_1, n_2, n_3, \dots, 10n_1, 10n_2, 10n_3, \dots, 100n_1, 100n_2, 100n_3, \dots$ для этого необходимо, чтобы $n_{a+1} = n_1\varphi^a = 10n_1$ и $\varphi = \sqrt[a]{10}$.

Использование данного принципа позволяет иметь дело с меньшим количеством цифровых значений и строить таблицы чисел оборотов в пределах одного десятка;

в) удвоение через «б» членов: $n_1, n_2, n_3, \dots, 2n_1, 2n_2, 2n_3, \dots, 4n_1, 4n_2, 4n_3, \dots$, и т. д.; $n_{b+1} = n_1\varphi^b = 2n_1$ и $\varphi = \sqrt[b]{2}$.

Удвоение позволяет использовать в качестве привода двухскоростные двигатели переменного тока. Для того чтобы ряды одновременно соответствовали принципам *б* и *в*, необходимо, чтобы: $\varphi = \sqrt[4]{10} = \sqrt[4]{2}$. Логарифмируя, получим $\lg \varphi = 1/a \cdot \lg 10 = 1/b \cdot \lg 2$ и, следовательно, $b = 0,3 a$. Для основного ряда принято значение $\varphi_{\min} = 10^b = \sqrt[40]{10} = \sqrt[12]{2}$.

Нормальные ряды чисел в станкостроении приведены в табл. 3. Их значения принимают в качестве чисел оборотов шпинделей, подач, мощностей и т. д. Стандартные значения, полученные на основе указанных принципов, представлены в табл. 4.

4. Стандартные значения чисел

lg	a · c	b · d	lg	a · c	b · d
0,41814	35 · 90	75 · 110	0,42036	45 · 65	70 · 110
0,41814	35 · 90	65 · 127	0,42063	45 · 75	70 · 127
0,41860	35 · 85	65 · 120	0,42083	25 · 85	70 · 80
0,41877	30 · 95	65 · 115	0,42473	20 · 55	45 · 65
0,41908	30 · 127	105 · 100	0,42477	35 · 65	55 · 110
0,41913	40	105	0,42486	35 · 105	85 · 115
0,41934	25 · 80	50 · 105	0,42488	25 · 100	70 · 95
0,41951	45 · 55	65 · 100	0,42502	25 · 115	85 · 90
0,41972	25 · 105	60 · 115	0,42504	25 · 105	55 · 127
0,42003	20 · 115	55 · 110	0,42507	55 · 55	70 · 115
0,42010	25 · 65	45 · 95	0,42540	25 · 95	55 · 115
0,42011	35 · 60	65 · 85	0,42559	55 · 65	75 · 127
0,42022	20 · 95	50 · 100			

1.2. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Несущие системы металлорежущих станков. Несущие или базовые детали металлорежущих станков служат для создания требуемого пространственного размещения узлов, несущих инструмент или обрабатываемую заготовку, и обеспечивают точность их взаимного расположения под нагрузкой. Совокупность базовых деталей между инструментом и заготовкой образуют несущую систему станка.

К базовым деталям относят станины, основания, колонны, стойки, поперечины, ползуны, траверсы, столы, каретки, суппорты, планшайбы, корпуса шпиндельных бабок и т. п.

По форме базовые детали металлорежущих станков могут быть условно разделены на три группы: брусья-детали, у которых один габаритный размер больше двух других; пластины — у которых один

размер значительно меньше двух других; коробки — габаритные размеры одного порядка.

Направляющие обеспечивают правильность траектории движения заготовки или инструмента и точность узлов станка. Во многих случаях направляющие выполняют как одно целое с базовыми деталями. Базовые детали и направляющие должны иметь:

- высокую первоначальную точность изготовления всех ответственных поверхностей для обеспечения требуемой геометрической точности станка;

- высокие демпфирующие свойства, т. е. способность гасить колебания между инструментом и заготовкой от действия различных источников вибраций;

- высокую жесткость, определяемую конкретными деформациями подвижных и неподвижных стыков, местными деформациями и деформациями самих базовых деталей;

- долговечность, которая выражается в стабильности формы базовых деталей и, способности направляющих сохранять первоначальную точность в течение заданного срока эксплуатации.

Кроме того, базовые детали должны иметь малые температурные деформации, из-за которых могут происходить относительные смещения заготовки и инструмента, а направляющие должны обладать малой величиной и постоянством сил трения, так как от этого зависит точность позиционирования узлов станка. Перечисленные основные требования, предъявляемые к базовым деталям и направляющим станков, могут быть удовлетворены правильным выбором материала, а также конструктивными принципами, которые являются общими, несмотря на многообразие форм базовых деталей.

Конструирование базовых деталей — это поиск компромиссного решения между противоречивыми требованиями: создание конструкций жестких, но имеющих малую массу; простых по конфигурации, но обеспечивающих высокую точность и дающих экономию материала, учитывающих при проектировании литых конструкций возможности технологии сварных конструкций.

Для определения точности изготовления базовых деталей и, в частности, коробки скоростей, задней бабки, станины, суппортной группы (для токарно-винторезного станка) необходимо в первую очередь знать заданную точность обработки поверхностей деталей. На рис. 9 приведена конструкторская размерная цепь, позволяющая определить точность изготовления базовых деталей токарного станка в зависимости от требуемой точности обработки поверхностей детали. Размерная цепь состоит из следующих звеньев: A_1 — расстояние от основания задней бабки до оси центра задней бабки (приведена укрупненная схема размерной цепи токарного станка), A_2 — толщина основания задней бабки; звено A_3 — расстояние от основания коробки скоростей станка до оси центра передней бабки, A — величина несов-

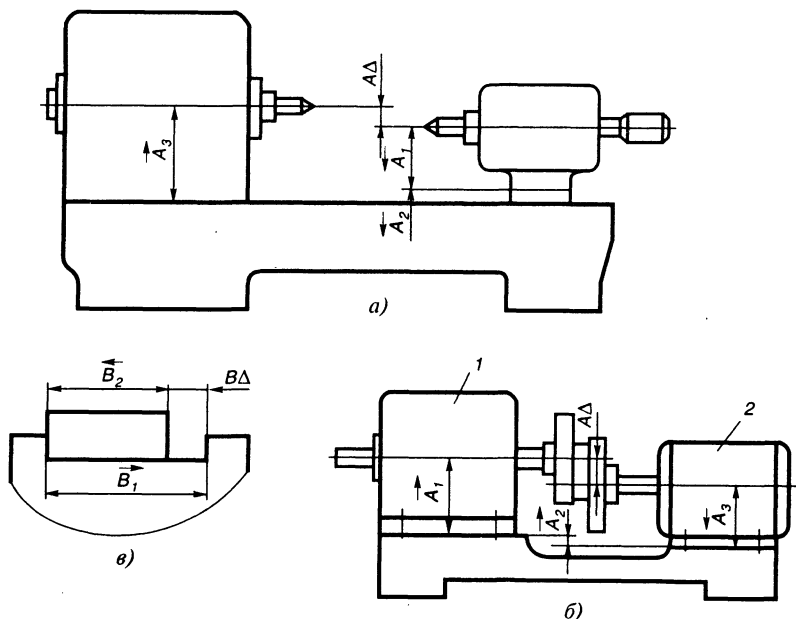


Рис. 9. Схемы размерных связей поверхностей

падения центров передней и задней бабок. От величины $A\Delta$ и будет зависеть точность обработки на стенке. По техническим требованиям для токарных станков нормальной точности величина несоосности центров не должна превышать 0,02 мм. Отсюда, зная величину $A\Delta$ (0,02 мм), можно определить допуски на изготовление базовых деталей токарного станка, используя при сборке станка один из пяти методов достижения точности: полной взаимозаменяемости, неполной или частичной взаимозаменяемости, групповой взаимозаменяемости, пригонки или регулировки.

Станины и направляющие станин. Основными базовыми деталями станков являются станины. В зависимости от положения оси шпинделя станка и направления перемещения подвижных частей они делятся на горизонтальные (станины) и вертикальные (стойки) (рис. 10).

Станина является основанием станка, от прочности, жесткости и износостойкости которой зависит качество его работы. Станина должна обеспечивать правильное взаимное положение узлов и частей станка на его базирующих поверхностях. Последние несут на себе неподвижные и подвижные узлы. Поверхности, несущие подвижные части станка, называются направляющими. Форма и конструкция станка зависят от расположения направляющих (горизонтальные, вер-

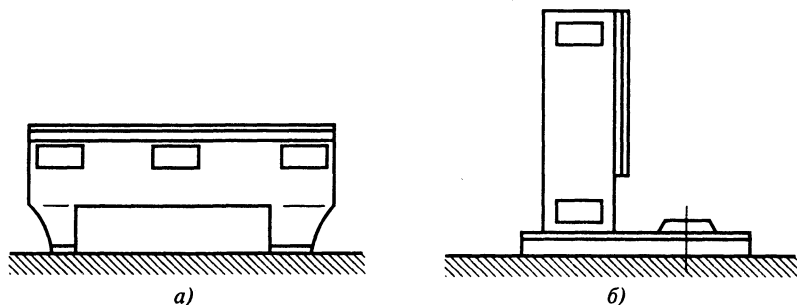


Рис. 10. Станины станков:
а — горизонтальная, *б* — вертикальная

тикальные, наклонные), от веса, размеров и длины ходов основных частей и узлов станка, необходимости размещения внутри станины различных механизмов и агрегатов.

Станины большинства станков получают литьем из серого чугуна различных марок (СЧ-32; СЧ-21; СЧ-15). Получает распространение также модифицированный чугун МСЧ-38 и МСЧ-28, более износостойкий, допускающий меньший отбел, что дает возможность отливать детали с наибольшей толщиной стенок 5—7 мм. Применяют также сварные стальные конструкции станин (в единичном производстве). При равной жесткости с чугунными литыми станинами они имеют меньший вес (до 2 раз), большую износостойкость. Сварные станины дешевле литых. Для сварных станин применяются стали марок Ст 3, Ст 4. Для снятия внутренних напряжений станины перед механической обработкой подвергаются естественному или искусственному старению.

Направляющие являются наиболее ответственной частью станины и служат для обеспечения прямолинейного или кругового перемещения подвижных элементов станка. Различают направляющие скольжения и качения. Основные конструктивные формы направляющих скольжения приведены на рис. 11. Они делятся на охватываемые и охватывающие. Охватываемые направляющие имеют выпуклый профиль, на котором плохо удерживается смазка, но они просты в изготовлении и на них не задерживается стружка. Поэтому их применяют для перемещения со скоростью подачи суппортов, столов, бабок в токарных, фрезерных, сверлильных и других станках. Охватывающие направляющие имеют вогнутый профиль, который хорошо удерживает смазку, но требует хорошей и надежной защиты от попадания стружки и загрязнений. Их применяют при высоких скоростях скольжения в шлифовальных, карусельных, продольно-строгальных и других станках. По профилю направляющие делятся на прямоугольные, призматические, типа «ласточкин хвост» и круглые. В станках часто

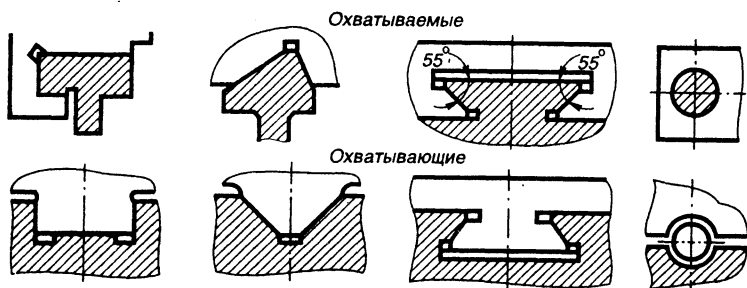


Рис. 11. Направляющие скольжения

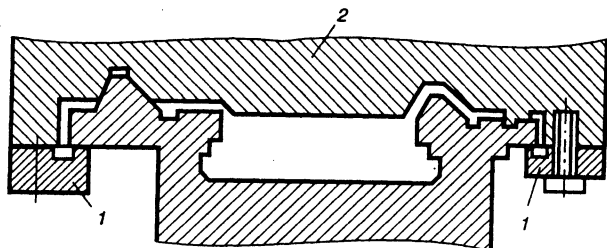


Рис. 12. Направляющие скольжения комбинированные

используют комбинированные направляющие (рис. 12), одна из которых выполнена плоской, а другая призматической, при этом для восприятия опрокидывающих моментов они снабжены прижимными планками 1, которые крепятся к каретке 2.

Все большее распространение находят направляющие качения в средних и легких станках с ЧПУ, в координатно-расточных станках, в шлифовальных, копировальных и др. Основным преимуществом направляющих является малая сила сопротивления движению, в 15—20 раз меньше, чем в направляющих скольжения, отсутствие скачков при скоростях движения менее 12 мм/мин, высокая точность установочных перемещений, беззазорность и долговечность. Однако при изготовлении они требуют значительных затрат, качественной и точной обработки рабочих поверхностей и надежной их защиты.

Направляющие качения в зависимости от вида тел качения делятся на шариковые (рис. 13, а) и роликовые (рис. 13, б, в, д, е); от расположения тел качения — на незамкнутые (рис. 13, а, б, в) и замкнутые (рис. 13, г, д, е). В незамкнутых направляющих разъединению основных сопрягаемых поверхностей препятствует, в основном, сила тяжести подвижного узла, роликовые направляющие имеют же-

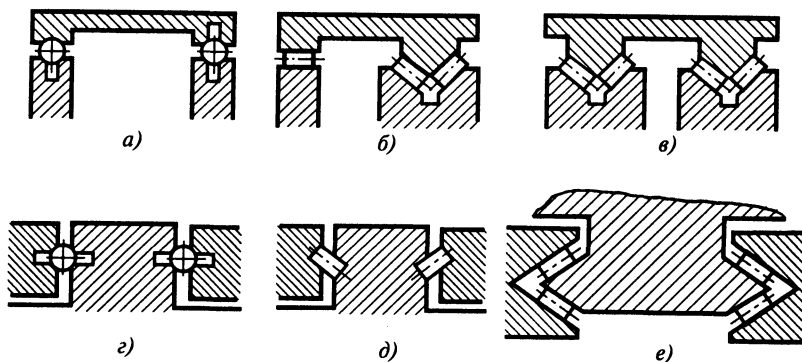


Рис. 13. Направляющие качения

сткость в 2,5—3,5 раза и несущую способность в 20—30 раз больше шариковых при тех же размерах.

Наибольшее распространение получили закаленные направляющие из цементуемой стали 20Х и хромистых шарикоподшипниковых сталей ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ, с твердостью 60—62 HRC и из чугуна СЧ21 с твердостью 200—250 НВ.

Для защиты направляющих от механических повреждений и попадания на рабочую поверхность загрязнений применяют защитные устройства, выполненные в виде щитков, стальных лент, гофр.

Направляющие, у которых к сопряженным поверхностям в специальной проточке подается масло или воздух под давлением с целью создания постоянного масляного или воздушного слоя по площади контакта, называют гидро- или аэростатическими направляющими.

Гидростатические направляющие преимущественно применяют в тяжелых станках. Для улучшения качества металлорежущих станков необходимы элементы, имеющие высокую жесткость и нагрузочную способность, высокий КПД, минимальный износ при отсутствии зазоров, высокую плавность перемещений и точность позиционирования, а также способность длительного сохранения первоначальной точности. Перечисленным требованиям в наибольшей степени отвечают направляющие передачи с гидростатической смазкой, т. е. гидростатические направляющие. Гидростатические направляющие создают масляную подушку по всей площади контакта направляющих. Точность движения узла по гидростатическим направляющим достигается поддержанием относительного постоянства толщины масляного слоя при изменяющейся нагрузке и изготовлением направляющих с высокой точностью.

Применение самоустанавливающихся плавающих опор позволяет преодолеть технологические трудности при изготовлении точных на-

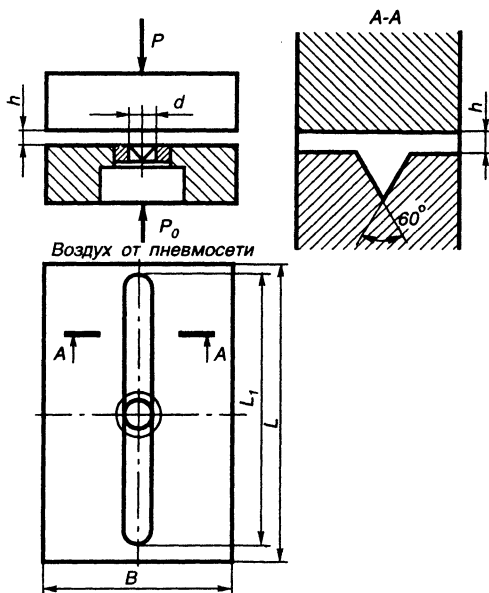


Рис. 14. Аэростатическая опора:

P — нагрузка на направляющую, d — диаметр отверстия, h — зазор между направляющими, L , B — размеры направляющей, L_1 — длина кармана

правляющих прямолинейного движения, имеющих две параллельные поверхности большой протяженности, а также избежать опасности их повреждения вследствие задиrow и больших тепловых и силовых деформаций.

Разделения трущихся поверхностей в аэростатических направляющих добиваются подачей в карманы воздуха под давлением. В результате между сопряженными поверхностями направляющих образуется воздушная подушка. По конструкции аэростатические направляющие напоминают гидростатические. Рабочую поверхность направляющих делят на несколько секций, в которых располагаются карманы (рис. 14). Подвод и распределение воздуха к каждой секции независимые. Недостатки аэростатических опор и направляющих по сравнению с гидростатическими заключаются в малой нагрузочной способности, невысоком демпфировании колебаний, так как вязкость воздуха на четыре порядка меньше вязкости масла, а также в низких динамических характеристиках, склонности к отказам из-за засорения магистрали и рабочего зазора.

Преимущества аэростатических направляющих состоят в том, что они при движении обеспечивают низкий коэффициент трения, а при отключении подачи воздуха очень быстро создается контакт поверхностей с большим трением, обеспечивающий достаточную жесткость фиксации узла станка в заданной позиции. Отпадает необходимость в фиксирующих устройствах, в которых нуждаются гидростатические направляющие.

В аэростатических направляющих воздух подводят под избыточным давлением 0,2—0,4 МПа. Аэростатические направляющие используют в прецизионных станках, в которых малы силы резания и необходимо точное позиционирование.

Коробки скоростей. Коробкой скоростей называют механизм, предназначенный для ступенчатого изменения частоты (скорости) вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего путем

изменения передаточного числа. Это изменение достигается вращением различных зубчатых кинематических пар между валами. Коробки скоростей должны обеспечивать стандартный ряд частот вращения шпинделя.

Коробки скоростей компактны, удобны в управлении и надежны в работе. К недостаткам коробок скоростей относятся трудность или невозможность бесступенчатого регулирования частот вращения, возникновения вибраций и шума на некоторых частотах. Существует большое число различных конструкций коробок скоростей, однако все они представляют собой сочетание отдельных типов механизмов.

По компоновке коробки скоростей разделяются на коробки с зубчатыми колесами, встроенными в шпиндельную бабку, и коробки скоростей с раздельным приводом, когда шпиндельная бабка и коробка скоростей выполняются в виде отдельных узлов, соединенных ременной передачей.

По способу переключения коробки скоростей бывают со сменными зубчатыми колесами между валами и неизменным межосевым расстоянием, с передвижными колесами или блоками колес, с передвигаемыми вдоль валов колесами и кулачковыми муфтами, с фрикционными муфтами, с электромагнитными муфтами и с комбинированным переключением. Коробки скоростей выполняются в закрытом корпусе, зубчатые колеса работают в масляной ванне. Такая конструкция предохраняет механизмы от загрязнения, обеспечивает обильное смазывание и хорошее охлаждение механизмов, повышает КПД коробки скоростей.

Коробки скоростей со сменными зубчатыми колесами применяют для ступенчатого регулирования частот вращения выходного вала. На рис. 15 показаны основные схемы коробок скоростей.

Схема двухвальной коробки со скользящим блоком зубчатых колес Z_1 и Z_3 , расположенных на валу I со шлицами, показана на рис. 15, а. Зубчатые колеса Z_2 и Z_4 установлены на валу II неподвижно. Расстояние между колесами Z_2 и Z_4 должно быть немного больше длины I подвижного блока колес, при этом зубчатые колеса Z_1 и Z_2 и колеса Z_3 и Z_4 выведены из зацепления. При переключении зубчатых колес неизменным условием является их остановка. Схема на три частоты вращения изображена на рис. 15, б. Схема на четыре частоты вращения показана на рис. 15, в. На валу I расположены два подвижных блока, состоящие соответственно из колес Z_1 и Z_3 ; Z_5 и Z_7 , на валу II — неподвижные зубчатые колеса Z_2 , Z_4 , Z_6 , Z_8 . Передвижение блоков обеспечивает зацепление зубчатых колес Z_1 с Z_2 , Z_3 с Z_4 , Z_5 с Z_6 , Z_7 с Z_8 . Особенностью этой схемы является необходимость предусмотреть блокировку, которая исключит возможность одновременного включения двух пар колес. Блокировочное устройство может быть конструктивно выполнено как механически, так и с применением гидравлики.

Варианты трехвальных коробок скоростей на четыре частоты вра-

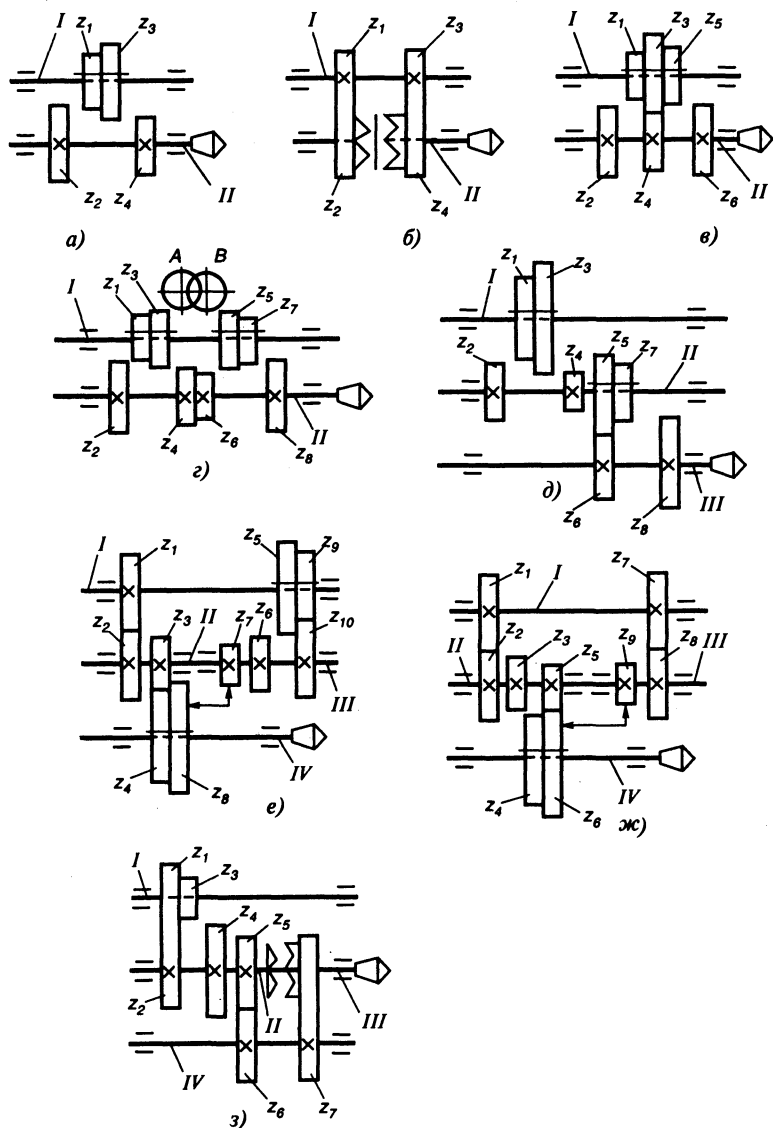


Рис. 15. Основные схемы коробки скоростей

шения (рис. 15, г — з) состоит из двух последовательно расположенных элементарных коробок скоростей на две частоты вращения. Для осуществления непрерывного процесса резания с постоянной мощностью

и скоростью при изменении частоты вращения шпинделя во всех диапазонах применяют коробки скоростей с автоматическим переключением ступеней (АКС), электромагнитными или гидравлическими муфтами. Коробки АКС выпускаются нескольких типоразмеров и используются в ряде станков с ЧПУ.

Коробки скоростей характеризуются следующими основными характеристиками: диапазоном регулирования, числом ступеней и знаменателем геометрического ряда.

Передачи в коробках скоростей обычно проектируют в виде ряда двухваловых механизмов с переключаемыми муфтами и с блоками из двух или трех зубчатых колес. Поэтому число ступеней коробки равно произведению множителей 2 и 3, что позволит составить структурную формулу частот передач $S = 2^{E_1} \cdot 2^{E_2}$, где E_1 — число переключаемых муфт и двойных блоков, E_2 — число тройных блоков. По этой формуле можно получить следующие значения частот вращения шпинделя $n = 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32$ и т. д.

Диапазоном D регулирования коробки скоростей называется отношение максимальной частоты вращения ведомого вала к минимальной частоте вращения ведомого звена: $D = n_{\max}/n_{\min}$. Величины знаменателей геометрического ряда частот вращения шпинделя коробки скоростей приведены в табл. 3.

Шпиндельные механизмы. Шпиндель — вал металлорежущего станка, передающий вращение режущему инструменту, закрепленному в нем или обрабатываемой заготовке. Средненагруженные шпиндели изготавливают обычно из стали 45 с улучшением (закалка и высокий отпуск). При повышенных силовых нагрузках применяют сталь 45 с низким отпуском. Для шпинделей, требующих высокой поверхностной твердости и вязкой сердцевины, применяют сталь 45 с закалкой ТВЧ и низким отпуском.

Конструктивная форма шпинделей зависит от способа установки на нем зажимных приспособлений, для крепления режущего инструмента или обрабатываемой заготовки, посадок элементов привода и типов применяемых опор. Шпиндели, как правило, изготавливают со сквозным отверстием для прохода прутка. Передние концы шпинделей станков общего назначения стандартизированы.

В качестве опор шпинделей станков применяют подшипники качения и скольжения. Шпиндельные узлы должны обладать высоким качеством. Поэтому подшипники качения, используемые в опорах шпинделей, должны быть высоких классов точности. Выбор класса точности подшипника определяется допуском на биение исполнительных поверхностей шпинделя (коническое отверстие и базирующие поверхности) для установки патронов, для крепления инструмента и заготовки, который зависит от требуемой точности обработки. Обычно в передней опоре используют более точные подшипники, чем в задней.

Конструктивное оформление шпиндельных узлов разнообразно. На

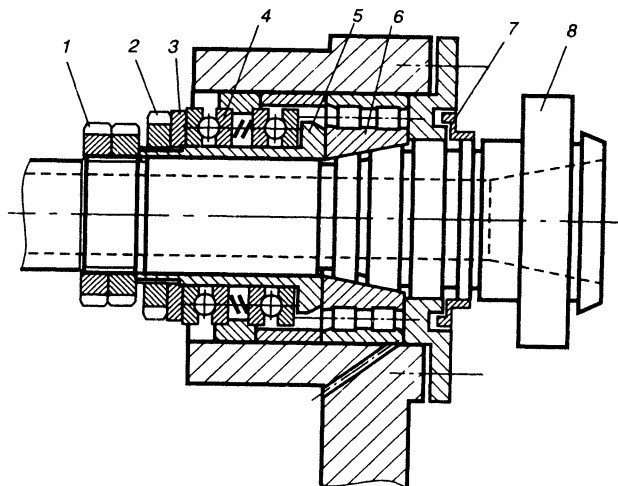


Рис. 16. Устройство передней опоры шпинделя токарного станка:

1, 2 — гайка, 3 — устройство предварительного натяга упорных подшипников, 4 — упорный подшипник, 5 — втулка, 6 — внутреннее кольцо подшипника, 7 — лабиринтные уплотнения, 8 — шпиндель

рис. 16 показан шпиндельный узел токарно-винторезного станка. В передней опоре шпинделя предусмотрен механизм предварительного натяга, который позволяет компенсировать износ деталей шпиндельного узла.

Предварительный натяг осуществляется различными способами, в радиально-упорных шарикоподшипниках и конических роликовых подшипниках при парной установке предварительный натяг получают регулировкой во время сборки, а в радиальных шарикоподшипниках — смещением внутренних колец относительно наружных. На рис. 17 представлены конструктивные способы создания предварительного натяга шарикоподшипников вследствие сошлифовывания торцов внутренних колец (рис. 17, а), установки распорных втулок между кольцами (рис. 17, б), применения пружин, обеспечивающих постоянно предварительного натяга (рис. 17, в). На рис. 17, г показан способ создания предварительного натяга вследствие деформации внутреннего кольца при установке его на конической шейке шпинделя в роликоподшипниках с цилиндрическими роликами.

Подшипники скольжения, применяемые в качестве опор шпинделей, бывают нерегулируемые (применяют их редко), с радиальным, осевым регулированием зазора, гидростатические (в них предусматривают подвод масла под давлением в несколько карманов, из которых оно вытесняется через зазор между шейкой шпинделя и подшипником), гидродинамические и с газовой смазкой.

В прецизионных станках используют гидростатические подшипники, которые создают высокую точность вращения шпинделя. Их несущая способность, жесткость и точность зависят от величины зазоров, давления, схемы опоры. На рис. 18, а показана конструкция гидростатической опоры. Масло под давлением подводится в карманы

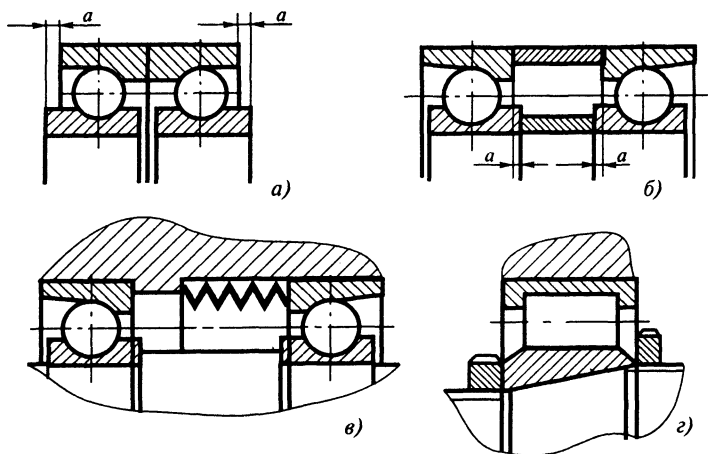


Рис. 17. Способы создания предварительного натяга подшипников качения

1 через отверстие 2. При вращении шпинделя масло вытесняется из этих карманов через зазор между шейкой и подшипником и из отверстия 3 в резервуар. При увеличении внешней силы, стремящейся уменьшить зазор, возрастает давление масла в резервуаре и зазор восстанавливается. Гидростатические подшипники стабилизируют режим трения со смазочным материалом при самых малых скоростях вращения.

Самоустанавливающийся гидродинамический подшипник скольжения, применяемый в шлифовальных станках, показан на рис. 18, б. В обойме 4 расположены пять самоустанавливающихся вкладышей. Каждый вкладыш 5 имеет одну сферическую опору в виде штыря 3. Штыри закрепляют в обойме 2 винтами 8 с шайбами 1, проходящими через крышку 7. Между крышкой и обоймой предусмотрены уплотнительные кольца 6. Вкладыши самоустанавливаются сферическими опорами в направлении вращения шпинделя и в направлении его оси. Это создает надежные условия трения со смазочным материалом в опоре и устойчивые масляные клинья, а также позволяет избежать кромочных давлений, вызываемых несоосностью рабочих поверхностей, упругими или тепловыми деформациями шпинделя. Конструкция подшипников обеспечивает высокую точность вращения шпинделя вследствие центрирования его гидродинамическими давлениями, которые возникают в нескольких зонах по окружности.

Коробки подачи. Коробки подачи предназначены для сообщения вращения ходовому валу и ходовому винту токарного станка, фрезерного станка и др.

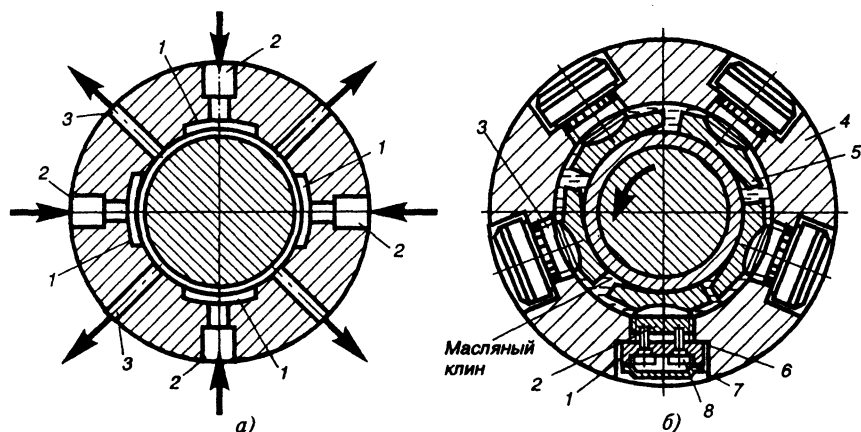


Рис. 18. Гидростатические опоры:

а — схема гидростатической опоры, *б* — схема самоустанавливающегося гидродинамического подпшпника скольжения

Коробка подач в большинстве случаев получает движение от шпинделя станка или от отдельного электродвигателя. Значения подач должны обеспечить требуемые параметры шероховатости обрабатываемой поверхности, а также высокую стойкость инструмента и производительности станка.

Коробки подач бывают с зубчатыми передачами; со сменными колесами при постоянном расстоянии между осями валов; с передвижными колесами и блоками колес; со встроенными ступенчатыми конусами (наборами) колес и втяжными шпонками; с накладным колесом; с гитарами сменных колес; с механизмами типа «меандр».

Коробки подач со встроенными конусами колес и вытяжными шпонками (рис. 19, *а*) компактны, дают возможность расположить в одной группе до 10 передач, в том числе и с косозубыми колесами. Коробки подач с вытяжными шпонками применяют в небольших по габаритам станках.

Коробки подач с накидным колесом (рис. 19, *б*) широко применяют в коробках подач станков высокой точности. Недостатки таких коробок — низкая жесткость и точность сопряжения включенных колес, возможность засорения передачи при наличии выреза в корпусе коробки. Механизмы типа «меандр» (рис. 19, *в*) состоят из ряда одинаковых блоков по два зубчатых колеса и передвижной каретки с накидным колесом на третьем валу. Преимущество такого механизма — большой диапазон регулирования; недостаток — вращение всех блоков колес, в том числе и колес, не участвующих в передаче движения.

Находят применение также коробки подач в виде гитар сменных зубчатых колес. Гитара — узел станка, предназначенный для измене-

ния скорости подачи. Гитары сменных колес дают возможность настраивать подачу с любой степенью точности. Они позволяют изменять передаточные отношения до $i_{\min} = 1/8$. Гитары бывают двухпарные и трехпарные. Каждую гитару снабжают определенным комплектом сменных зубчатых колес. Например, для токарно-винторезных станков рекомендуется комплект сменных зубчатых колес из $Z = 20, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 44, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 68, 70, 71, 72, 75, 76, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 113, 120, 127$.

Характерным для редукторов в приводе подач станков с ЧПУ является отсутствие зазоров в зубчатых передачах. Это достигается радиальным сближением прямозубых зубчатых колес, сидящих на двух валах или осевым сближением двух косозубых колес, сидящих на одном валу и сцепляющихся с широким колесом другого вала или разворотом двух колес одного вала.

Бесступенчатые приводы. Бесступенчатые приводы применяют для плавного и непрерывного регулирования частоты вращения шпинделя или подачи. Они позволяют получить наиболее выгодные скорости резания и подачи при обработке различных деталей. Кроме того, они дают возможность изменять скорости главного движения или подач во время работы станка без его остановки. В станках применяют следующие способы бесступенчатого регулирования скоростей главного движения и движения подачи.

Электрическое регулирование производится изменением частоты вращения электродвигателя, который приводит в движение соответствующую цепь станка. В частности, частота вращения ротора асинхронного короткозамкнутого электродвигателя $n = [f \cdot 60 \cdot (1 - S)]/P$, где f — частота переменного тока, Гц; P — число пар полюсов статора электродвигателя; S — скольжение ротора. В металлорежущих станках ши-

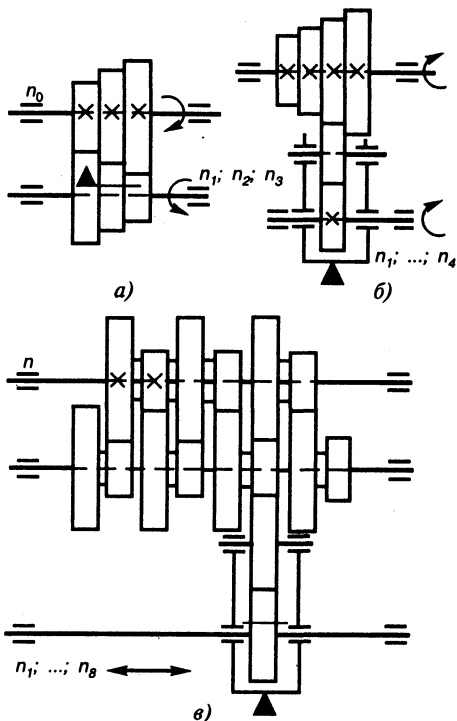


Рис. 19. Схемы коробок подач:

а — со встроенными конусами колес и вытяжными шпонками, б — с накидным колесом, в — типа мекандр

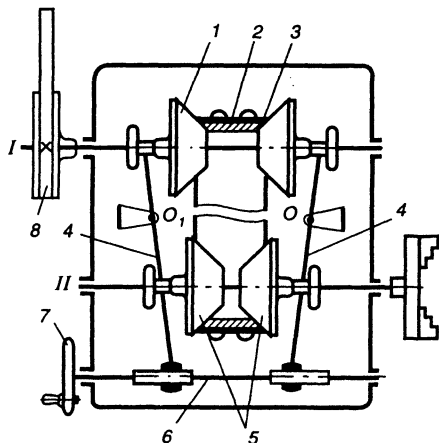


Рис. 20. Привод с раздвижными конусами

роко применяют способ регулирования частоты вращения путем изменения числа пар полюсов.

Частоту вращения ротора электродвигателя постоянного тока регулируют тремя способами: изменением сопротивления цепи якоря, изменением подводимого к электродвигателю напряжения, изменением магнитного потока. Частота вращения ротора электродвигателя может изменяться также с помощью системы генератор-двигатель.

Гидравлическое регулирование применяют главным образом для регулирования скоростей прямолинейных движений (в

строгальных, долбежных, протяжных станках), реже — для регулирования вращательного движения с помощью гидромоторов при изменении расхода жидкости (гидравлическое регулирование скоростей и подач изложено ниже).

Бесступенчатое регулирование скоростей или подач может осуществляться с помощью механических вариаторов. Большинство механических вариаторов, применяемых в станках, — фрикционные.

Привод с раздвижными конусами (рис. 20) работает следующим образом. От шкива 8 на валу I вращается два ведущих конуса 1, на валу II находятся два таких же ведомых конуса 5. Передача между валами осуществляется клиновидным ремнем 2 с деревянными накладками 3 с наружной стороны или широким ремнем соответствующего профиля. Для изменения частоты вращения вала II рычагами 4, проворачиваемыми вокруг осей O и O₁, сближаются или раздвигаются конусы на валу I и соответственно раздвигаются или сближаются конусы на валу II. Поворачивая маховик 7 через винт 6 с правой и левой резьбой, поворачивают рычаги 4.

У торцового вариатора (рис. 21) передаточное отношение зависит от наклона роликов, при повороте которых изменяются радиусы контакта роликов с ведущей и ведомой фрикционными шайбами. Передаточное отношение такого вариатора определяется $i = d_1/d_2$, а частота вращения ведомого вала определяется выражением $n_2 = n_1 d_1/d_2$.

Механизмы управления станками. В процессе работы на металлорежущих станках необходимы движения, осуществляющие функции управления. К ним следует отнести включение и выключение привода главного движения и подачи, подвод и отвод инструмента, установку

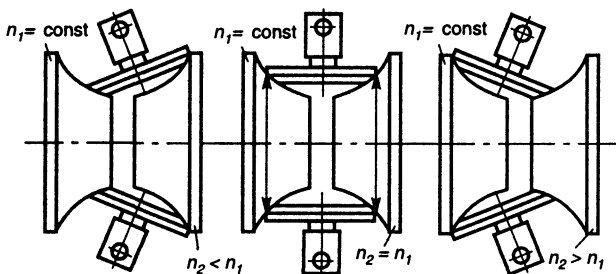


Рис. 21. Торцовый вариатор

режущего инструмента в положение, обеспечивающее получение заданного размера детали.

Кроме того, при работе приходится совершать движения, связанные с установкой и закреплением заготовок, контролем размеров изготавливаемой детали, периодическим поворотом столов, револьверных головок, реверсированием исполнительных узлов станков и др. В подавляющем большинстве случаев это сводится к перемещению подвижных элементов: зубчатых колес, муфт, гидравлических, пневматических и электрических устройств, органов зажима и др.

Системы управления станками (СУ) разнообразны. Они состоят из трех частей:

1. Управляющего органа (датчика), получающего команду на заданное движение.
2. Исполнительного органа (приемника), осуществляющего это движение согласно команде.
3. Промежуточного устройства, передающего команду от управляющего органа к исполнительному.

По принципу действия СУ можно разделить на ручные и автоматические.

В качестве исполнительного механизма чаще всего применяют винтовые и реечные пары, рычаги и другие элементы. На рис. 22 показаны некоторые устройства, предназначенные для перемещения зубчатых колес. В рычаге 2 (рис. 22, а), на цапфе 5 смонтирован сухарь 4, который заходит в выточку на ступице колеса 1. При повороте вала 3 рычаг перемещает колесо вдоль его оси.

Ползун 4 (рис. 22, б) движется по направляющим 1 и с помощью рычага 3 перемещает колесо 2. В данном случае ползун перемещается с помощью зубчатого сектора 5 и рейки, связанной с ползуном. Контакт ползуна 1 с подвижным элементом может быть выполнен и иначе (рис. 22, в).

Привод исполнительных механизмов может быть ручным и механизированным. В первом случае движение рычагов ползунков и других

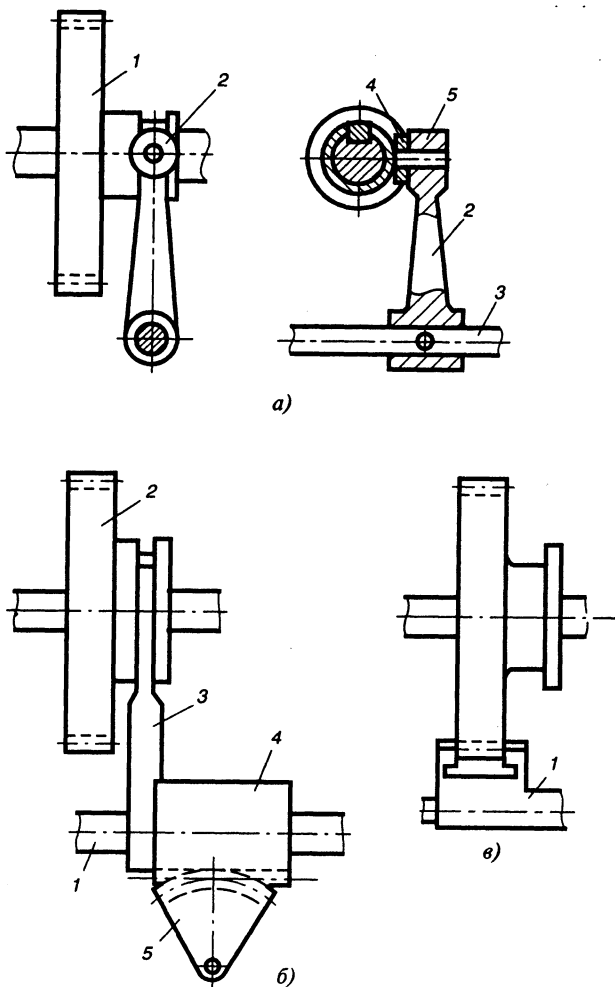


Рис. 22. Устройства для перемещения зубчатых колес

элементов осуществляют рукоятками (рис. 23, а, б), во втором — с помощью электропривода, гидропривода, воздействием вручную на кнопки или органы управления привода. На рис. 24, а показано перемещение исполнительного органа при помощи электропривода. При включении электродвигателя 2 движение передается ползуну 1. Ограничение хода достигают установкой ограничителя 3 на диске 4, который отключает электродвигатель. На рис. 24, б показано переме-

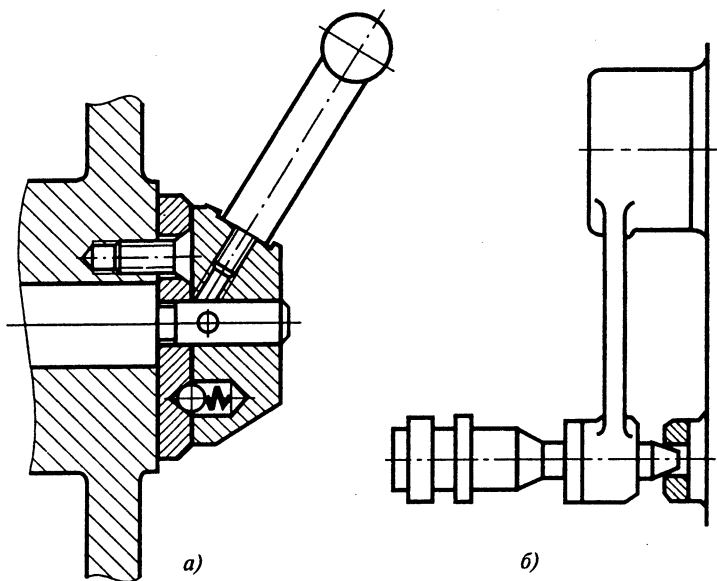


Рис. 23. Фиксирующие устройства:
а — с шариком, *б* — со штифтом

шение исполнительного органа с помощью электромагнита, а на рис. 24, *в* — гидро- и пневмоцилиндра.

Для удержания подвижных элементов в заданном положении применяют различные фиксирующие устройства. Если по условиям работы для этого не требуется больших усилий, то фиксируют положение рукояток с помощью шариковых (рис. 23, *а*), штифтовых (рис. 23, *б*) или других фиксаторов. При необходимости большого усилия для удержания в нужном положении подвижного элемента применяют дополнительные запирающие устройства.

На рис. 25 показана одна из таких схем. При перемещении втулки 3 влево конусная поверхность ее поворачивает рычаг 2, а последний, воздействуя своим концом на подвижную деталь 1, перемещает ее влево. Когда правая опорная поверхность рычага 2 выйдет на цилиндрическую поверхность втулки, механизм окажется запертым. Какие бы силы не действовали на деталь 1 слева, рычаг не повернется. Другая конструкция показана на рис. 25, *б*. Если муфту 3 перемещать вправо, она через шарики 2 заставит перемещаться деталь 1. При этом шарики будут постепенно утопать и наступит момент, когда они окажутся под цилиндрической расточкой «а» и запрут механизм.

Количество элементов, которым необходимо сообщать движение при осуществлении какой-либо функции управления, различно. На-

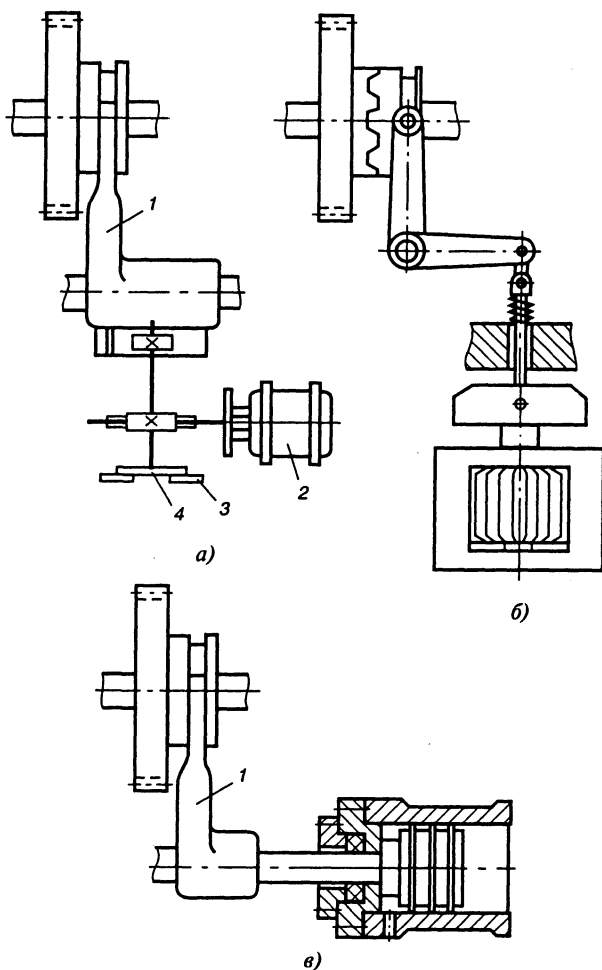


Рис. 24. Перемещение исполнительного органа:

а — с помощью электродвигателя, *б* — с помощью электромагнита, *в* — с помощью гидро- и пневмоцилиндра

пример, при переключении коробки скоростей или подач может потребоваться три-четыре положения. Если эти перемещения осуществлять последовательно, то могут увеличиться временные затраты. Чтобы сократить потери времени, а также упростить обслуживание станка, применяют более сложные системы управления.

На рис. 26 показана схема устройства с однорукоточным управлением. Перемещение блока 4 и ему подобных осуществляется кулачками 1, 2 и 3 через промежуточный ползун 5. Профили кулачков

выполнены таким образом, чтобы при повороте кулачкового вала на 360° блоки последовательно занимали все необходимые положения, соответствующие различным ступеням скорости коробки.

Другая система с предварительным набором скорости показана на рис. 27. Представленный механизм позволяет в процессе работы станка набрать следующую потребную скорость и в тот момент, когда ее необходимо осуществить, переключить коробку одним движением рычага. Делается это следующим образом: на шлицевой вал *I* насажены диски *3* и *7*, распираемые пружиной *6*. Каждому рабочему положению штурвала *4* соответствует скорость вращения вала *II* и положение дисков. Причем выступы одного диска устанавливают против впадин другого, вследствие чего диски можно свести. Между ними располагаются концы рычагов управления *2*. Если в процессе работы диски установить в заданное положение, а затем поворотом рукоятки *5* свести их, то выступ диска *3* повернет рычаг *2* в положение, показанное пунктиром, и переключит муфту *1*.

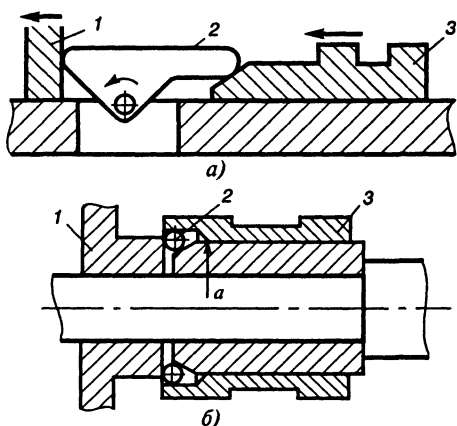


Рис. 25. Схема запирающих устройств

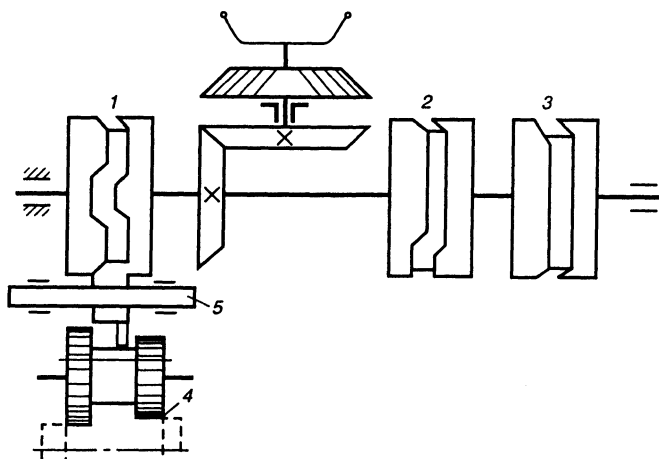


Рис. 26. Схема устройства с однорукояточным управлением для перемещения зубчатых колес

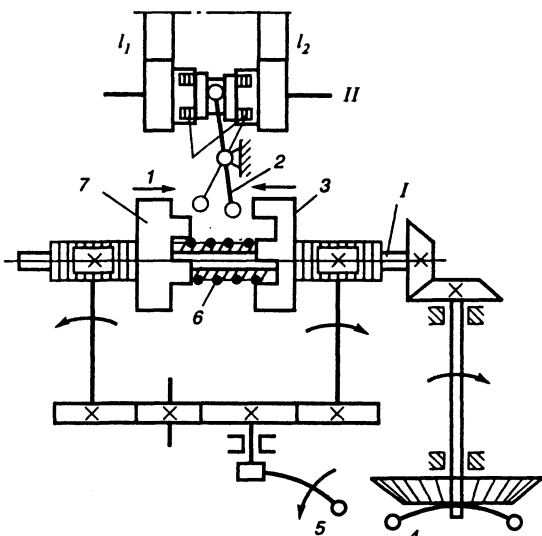


Рис. 27. Преселективная система управления

Муфты. Муфты служат для постоянного или периодического соединения двух соосных валов и для передачи при этом вращения от одного вала к другому. Различают муфты постоянные, служащие для постоянного соединения валов; сцепные, соединяющие и разъединяющие валы во время работы; предохранительные, предотвращающие аварии при внезапном увеличении нагрузок; обгона, передающие вращения только в одном направлении.

Постоянные муфты применяют в тех случаях, когда необходимо соеди-

нить два вала, которые в процессе работы механизма не разъединяются. При этом валы могут быть соединены жестко или с помощью упругих элементов (рис. 28, а — с).

Сцепные муфты применяют для периодического соединения валов, например, в приводе главного движения или приводе подач станков. В станках часто применяют сцепные кулачковые муфты в виде дисков с торцовыми зубьями-кулачками (рис. 28, д) и зубчатые муфты (рис. 28, е). Недостатком сцепных муфт является то, что при больших разностях скоростей вращения ведомого и ведущего элементов муфты нельзя включить.

Фрикционные сцепные муфты имеют то же назначение, что и кулачковые, но свободны от недостатков, присущих кулачковым муфтам, т. е. фрикционные муфты можно включать при любых разностях скоростей вращения ее элементов. У фрикционных муфт при перегрузках ведомое звено может проскальзывать и тем самым предотвращать аварии. Наличие нескольких поверхностей трения дает возможность передавать крутящие моменты при относительно малых величинах давления на поверхности трения дисков.

Фрикционные муфты бывают конусные и дисковые. На рис. 28, ж показана фрикционная многодисковая муфта, которую применяют в приводах главного движения и подач металлорежущих станков. При перемещении гильзы 1 влево шарики б, находящиеся между кониче-

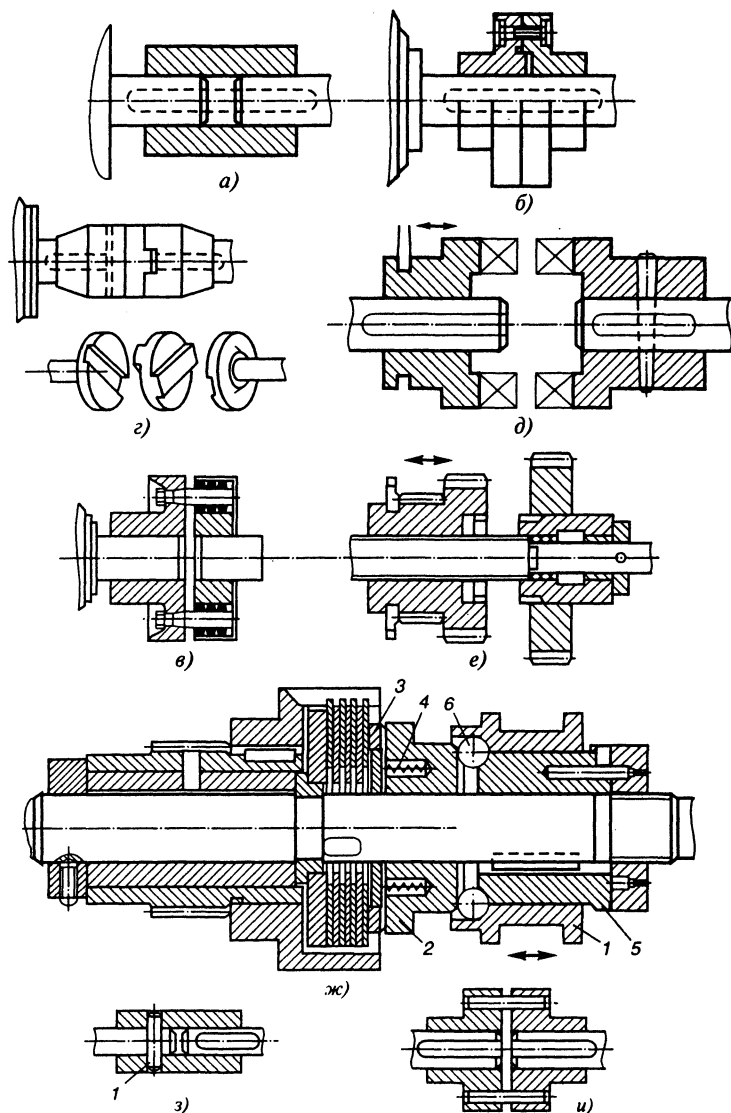


Рис. 28. Муфты

скими поверхностями гильзы 1 и неподвижной втулкой 5, давят на диск 2, который, в свою очередь, через упругую шайбу 3 сцепляет подвижные ведущие диски с ведомыми. Для выключения муфты гильзу 1 отводят вправо и пружины 4 отжимают диск 2 в исходное положение.

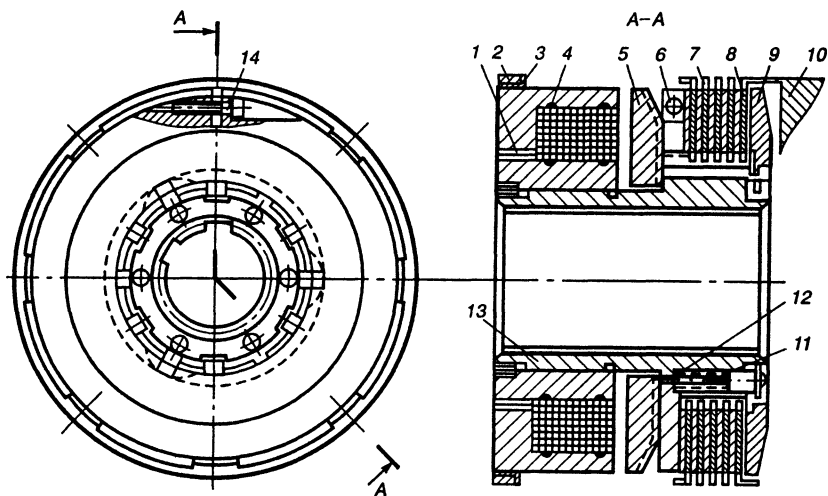


Рис. 29. Фрикционная многодисковая электромагнитная контактная муфта

На рис. 28, з показана втулочная муфта со штифтом 1, а на рис. 28, и — фланцевая соединительная муфта.

Общий вид фрикционной многодисковой контактной магнитной муфты показан на рис. 29. Муфта имеет катушку 4 электромагнита, в которую подается постоянный электрический ток через контактные щетки, прижимаемые щеткодержателями к токоведящим кольцам 2, расположенным во втулке 3. Если кольцо одно, то один вывод катушки припаивают к нему, а второй — к корпусу 1 муфты. В этом случае ток замыкается через детали муфты и механизмы станка.

При наличии двух колец оба вывода катушки припаивают к кольцам. Когда в катушку 4 подается электрический ток, якорь 5 перемещается влево, притягивается к корпусу 1 и с помощью тяг, проходящих через наружные пазы втулки 13, перемещает влево нажимной диск 9. Диск 9 сжимает пакет фрикционных дисков 8 и 7 и прижимает их к регулировочной гайке 6, которая застопорена винтом 14. Внутренние диски на обоих торцах имеют фрикционные накладки из порошкового материала, а также спиральные канавки одного направления для циркуляции масла. Диски посажены на шлицевую втулку 13 и свободно вращаются относительно поводка 10. Наружные диски сцепляются с поводком 10, цилиндрический обод которого имеет пазы и находится в свободном положении относительно наружной поверхности шлицев втулки 13. Подвижные штифты 12 с пружинами 11 служат для отвода вправо нажимного диска 9 и якоря 5 при отключении муфты.

Предохранительные муфты предназначены для предохранения ме-

ханизмов станков от аварий при перегрузках. У муфт, показанных на рис. 28, з, и, предохраняющим звеном является штифт, сечение которого рассчитывается в зависимости от передаваемого крутящего момента. При перегрузках этот штифт срезается, происходит разрыв соответствующей кинематической цепи станка и тем самым предотвращается повреждение деталей станка.

Муфты обгона предназначены для передачи крутящего момента при вращении звеньев кинематической цепи в заданном направлении, для разъединения звеньев при вращении в обратном направлении, а также для сообщения валу двух различных движений (медленного — рабочего и быстрого — вспомогательного), которые осуществляются по двум отдельным кинематическим цепям.

Муфта обгона позволяет включить цепь быстрого хода, не включая цепь рабочего движения. В качестве муфт обгона можно использовать храповые механизмы, а также механизмы с использованием роликов (рис. 30). Муфта обгона роликового типа состоит из закрепленного на валу корпуса (звездочки) 1, наружного кольца или втулки 2, связанной или составляющей одно целое с зубчатым или червячным колесом, шкивом и т. п., а также нескольких роликов 3, помещенных в вырезах корпуса 1. Каждый ролик отжимается одним — тремя, в зависимости от длины ролика, штифтами 4 с пружинами 5 в направлении к узкой части выемки между деталями 1 и 2. Если, например, ведущей частью является втулка 2, то при вращении ее в сторону, указанную на рисунке стрелкой, ролики увлекаются трением в узкую часть выемки и заклиниваются втулкой и корпусом муфты. В этом случае корпус 1 и связанный с ним вал будут вращаться с угловой скоростью втулки 2. Если при продолжающемся движении втулки 2 против часовой стрелки валу и корпусу 1 сообщить движение по другой кинематической цепи, направленное в ту же сторону, но имеющее скорость большую по величине, чем скорость втулки 2, то ролики переместятся в широкую часть выемки и муфта окажется расцепленной. При этом детали 1 и 2 будут вращаться каждая со своей скоростью. Ведущим элементом может быть любая из деталей 1 и 2. Если ведущим является корпус, то муфта сцепляется при его вращении по часовой стрелке или когда корпус, вращаясь в этом направлении, опережает втулку.

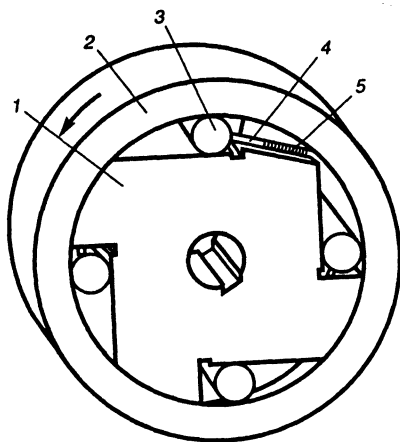


Рис. 30. Муфта обгона роликового типа

Тормозные устройства. При отключении двигателя движение различных частей станка продолжается по инерции в течение некоторого времени. Это время в динамике машин называют выбегом. При частом включении и выключении станка оно может составлять значительную долю общего времени работы станка. Чтобы уменьшить такие потери, станки оснащают устройством для быстрого торможения. В современных станках наибольшее распространение получили механические тормоза, электрические схемы торможения, а также гидравлические тормоза. В качестве тормоза можно использовать любую фрикционную муфту, лишив ее ведомую часть возможности вращаться. Поэтому по своей конструкции механические тормоза принципиально не отличаются от фрикционных муфт. Они могут включаться вручную или автоматически; помещать их целесообразно на самых быстроходных валах. К фрикционным элементам тормозных устройств предъявляют следующие требования: они должны обладать способностью выдерживать высокие температуры; быть износостойкими в пределах рабочих температур, давлений и скоростей скольжения; обеспечивать постоянство коэффициента трения при повышении температуры до 250—400° С и при изменении рабочих давлений. В тормозах станков чаще всего применяют такие сочетания материалов фрикционных элементов, как чугун, прессованный асбест, чугун-прессованные медноасбестовые прокладки, фибра по чугуну и др.

В станках находят применение фрикционные тормоза: конусные, дисковые, с разжимным упругим кольцом или внутренними сегментами, колодочные, ленточные. Каждый из этих тормозов может быть снабжен гидравлическим или соленоидным управлением. Тормоза первых трех типов сходны по конструкции с соответствующими фрикционными муфтами. Колодочные тормоза по конструкции несложны и недороги, но из-за малой тормозной поверхности позволяют создавать тормозной момент меньшей, чем у других тормозов при тех же габаритах. Ленточные тормоза вследствие большого угла обхвата тормозного барабана лентой позволяют легко создать большой тормозной момент. Недостатком ленточного тормоза, как и всех одноколодочных тормозов, является одностороннее давление на тормозной вал, в результате чего в его материале возникают напряжения изгиба. Повышается также износ опор этого вала.

Реверсивные механизмы. Направление движения в механизмах станков можно изменять с помощью различных механических, электрических и гидравлических устройств. Наиболее часто применяют реверсивные механизмы с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами. На рис. 31, *а*, *б*, *в* показаны схемы реверсивных механизмов с передвижными зубчатыми колесами, а на рис. 31, *г*, *д*, *е* — с неподвижными колесами и муфтами. В механизме с коническими зубчатыми колесами (рис. 31, *ж*) реверсирование производится дву-

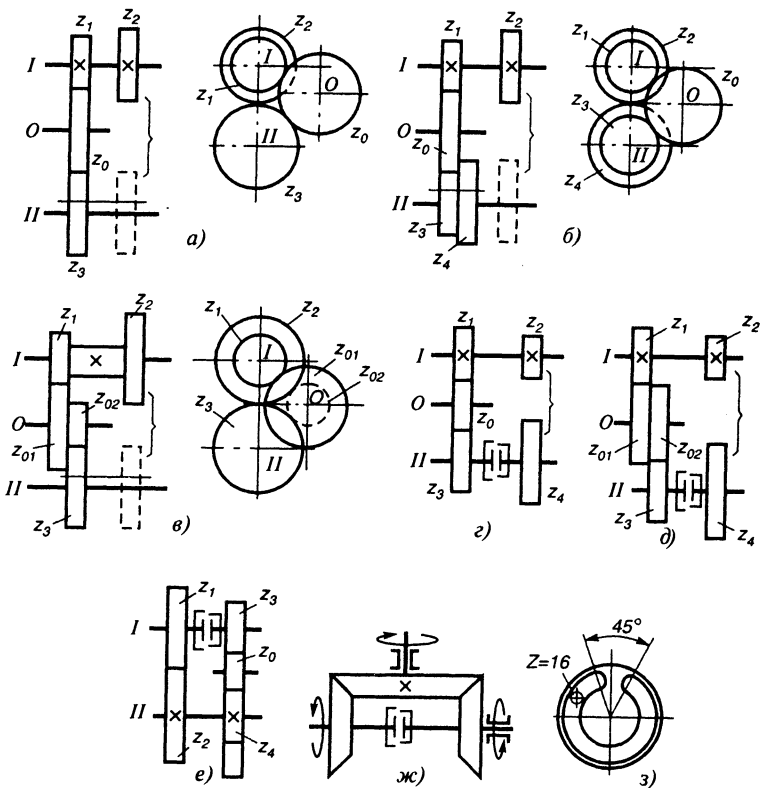


Рис. 31. Схемы реверсивных механизмов

сторонней кулачковой муфтой. Направления вращения показаны на рисунке стрелками.

В некоторых моделях зубообрабатывающих станков применяют реверсивные механизмы, показанные на рис. 31, з. При неизменном направлении вращения зубчатого колеса составное колесо получает возвратно-вращательное движение.

Гидравлическое реверсирование осуществляется изменением направления потока масла в рабочий цилиндр, чаще всего с помощью направляющих гидрораспределителей; электрическое реверсирование — путем изменения направления вращения ротора электродвигателя привода станка.

Блокировочные устройства. Блокировочные устройства предотвращают ошибочное включение в работу каких-либо механизмов, если такое включение представляет угрозу работоспособности станка, на-

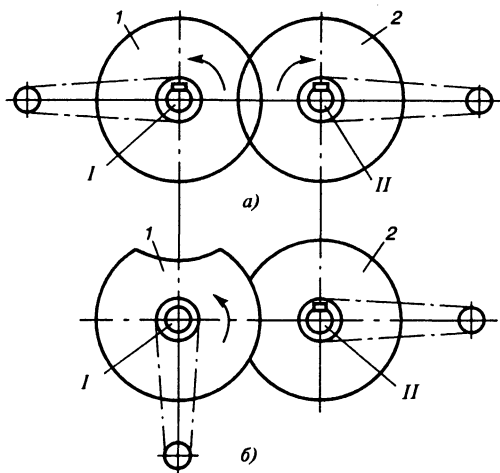


Рис. 32. Блокировка рукояток, закрепленных на взаимно-параллельных валах

пример, включение одновременно продольной автоматической подачи и маточной гайки токарно-винторезного станка или включение подачи стола фрезерного станка при неподвижном шпинделе.

Чтобы исключить последствия неправильных включений, в механизмы вводят блокировочные устройства, которые, блокируя два (иногда и больше) органа управления, не допускают включения одного из них, если другой уже включен. Данная задача может быть решена с помощью механических, гидравлических и электрических устройств.

Рассмотрим конструкцию ряда механических блокировочных устройств.

На рис. 32 показана блокировка рукояток, закрепленных на параллельных валах *I* и *II*. Блокирующими деталями являются диски *1* и *2* с вырезами. Положение дисков (рис. 32, *a*) является нейтральным. В этом случае возможен поворот любой рукоятки. Если повернуть, например, левую рукоятку (рис. 32, *b*), то диск *2* окажется запертым и повернуть его не представляется возможным до возвращения диска *1* в первоначальное положение.

С помощью аналогичных устройств могут быть заблокированы также взаимно перпендикулярные валы. На рис. 33 показано положение, при котором заблокирован вал *II*. Для его поворота необходимо предварительно вал *I* повернуть по стрелке на угол α в нейтральное положение.

Механизмы суммирования движения. Для суммирования движений на одном звене в кинематической цепи некоторых станков вводят специальные механизмы. В качестве таких механизмов используют винтовые пары, реечные и червячные передачи, дифференциалы с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами.

На рис. 34, *a*, *b* показаны две схемы дифференциальных механизмов, составленных из цилиндрических колес. На валах *I* и *III* (рис. 34, *a*) жестко установлены зубчатые колеса *1* и *4* в зацеплении. Движение от валов *I* и *II* суммируется на валу *III*. Вращение ведомого вала *III* можно себе представить состоящим из двух движений: первое он

получает от вала *I* при неподвижном валу *II* и второе — от вращения вала *II* при неподвижном валу *I*. Вал *I* передает вращение по цепи зубчатых колес *1—2, 3—4*. При вращении вала *II* вместе с водилом сателлитное колесо *2*, обкатываясь вокруг неподвижного колеса *1*, получает вращение вокруг своей оси, которое передается валу *III* при помощи передачи *3—4*. Передаточное отношение

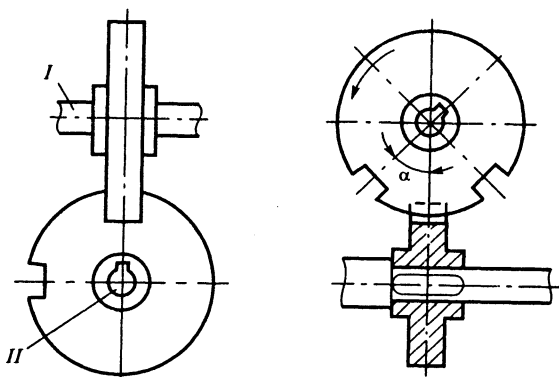


Рис. 33. Блокировка рукояток, закрепленных на взаимно-перпендикулярных валах

от ведущих звеньев *I* и *II* к ведомому звену *III* $i_{I-III} = (Z_1/Z_2) \cdot (Z_3/Z_4)$; $i_{II-III} = 1 + [(Z_1/Z_2) \cdot (Z_3/Z_4)]$.

Другой механизм (рис. 34, б) отличается от предыдущего формой водила *5*. Вместо блока сателлитных колес *2* и *3* здесь установлено одно удлиненное колесо *3* на оси *б* и промежуточное колесо *2*. Передаточное отношение механизма от звеньев *I* и *II* к звену *III* $i_{I-III} = Z_1/Z_4$; $i_{II-III} = 1 + (Z_1/Z_4)$.

Большое распространение получил конический дифференциал (рис. 34, в). На валу *I* жестко установлено коническое зубчатое колесо *1*. Вал *II* полый связан с коническим колесом *3*. Вал *III* имеет поперечную ось с двумя колесами *2*. Числа зубьев всех колес одинаковы, поэтому передаточное отношение от вала *I* или *II* к валу *III* $i_{I-III} = i_{II-III} = 1/2$.

В коническом дифференциале (рис. 34, г) поперечная ось с сателлитными колесами *2* смонтирована в водиле *4*, связанном с валом *II*. Передаточное отношение от звеньев *I* и *II* к звену *III* $i_{I-III} = 1$; $i_{II-III} = 2$.

Механизмы прямолинейного движения. В металлообрабатывающих станках для осуществления прямолинейных движений преимущественно используют следующие механизмы: зубчатое колесо-рейка, червяк-рейка, ходовой винт-гайка, кулачковые механизмы, гидравлические устройства, а также электромагнитные устройства типа соленоидов.

Механизм зубчатое колесо-рейка применяют в приводе главного движения и подачи, а также в приводе различных вспомогательных перемещений. Передача зубчатое колесо *1* — рейка *2* (рис. 35) обладает большим передаточным отношением и высоким КПД. Рейка *2* может

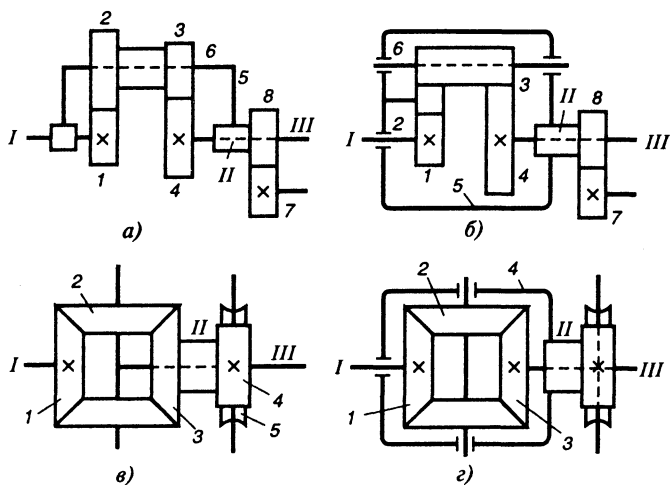


Рис. 34. Суммирующие механизмы

быть связана либо с подвижным рабочим органом 3, либо с неподвижной станиной.

Передача червяк 1 — червячная рейка 2 (рис. 36) обеспечивает большую плавность движения рабочих органов, высокую степень редукции, но небольшой КПД. Применяют два типа этих механизмов: с расположением червяка под углом к рейке, что позволяет (для большей плавности хода подачи) увеличить диаметр колеса и ведущего колеса, и с параллельным расположением в одной плоскости осей червяка и рейки, когда рейка служит как бы длинной гайкой с неполным углом охвата винта-червяка.

Условие работы этой передачи благоприятнее условий работы передачи зубчатое колесо-рейка.

Механизм ходовой винт-гайка осуществляет преобразование вращательного движения винта 1 в прямолинейное поступательное движение гайки 2 с суппортом 3. Различают механизмы ходовой винт-гайка качения и скольжения. Винтовые пары скольжения из-за больших потерь при скольжении в резьбе (рис. 37) и связанного с ним изнашивания заменяют винтовыми парами качения. Они имеют малые потери на трение, высокий КПД, кроме того, в них полностью устранены зазоры в резьбе в результате создания предварительного натяга. Замена трения скольжения трением качения в винтовой паре возможна либо при использовании вместо гайки роликов, свободно вращающихся на своих осях, либо при применении тел качения (обычно шариков). Шарик перекатываются в канавках ходового винта и гайки. Как

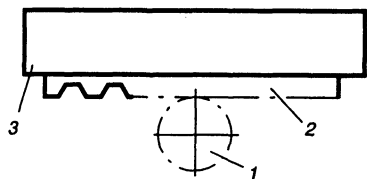


Рис. 35. Передача зубчатое колесо-рейка

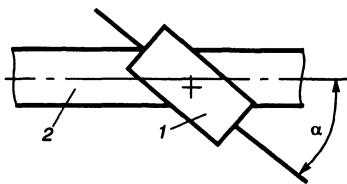


Рис. 36. Передача червяк-червячная рейка

правило, в шариковых парах применяют устройства для выборки зазоров и создания предварительного натяга.

Гидростатическая передача ходовой винт-гайка (рис. 38) работает в условиях трения со смазочным материалом. В этой передаче износ винта и гайки практически отсутствует. Передача практически беззорная, обеспечивает повышенную точность. КПД передачи 0,99. Однако по сравнению с «передачей ходовой винт-гайка трения», «ходовой винт-гайка качения» имеет меньшую жесткость и несущую способность вследствие наличия масляного клина.

В приводах движения подачи и во вспомогательных кинематических цепях широко применяют кулачковые механизмы. В большинстве случаев циклы осуществляемых прямолинейных перемещений многократно повторяются при непрерывном вращении кулачков с постоянной угловой скоростью. При этом характер движения ведомого звена может быть установлен соответствующим профилированием кулачка.

Кулачки 1 могут быть связаны с подвижным рабочим органом 3 непосредственно через палец 2 (рис. 39, а) или через промежуточную передачу (рис. 39, б). В этом случае кулачок 1 находится в контакте с роликом двухплечевого рычага 2, имеющего в верхней части зубчатый сектор, связанный с рейкой 3. При повороте рычага 2 с сектором вокруг точки О суппорт перемещается в направлении, показанном стрелкой. Пружина 4 обеспечивает контакт ролика с кулачком и осуществляет обратный ход суппорта.

Форма профиля кулачков зависит от принятого закона движения исполнительного органа. Рабочие участки профиля, осуществляющего равномерное перемещение ведомого звена, очерчивают по спирали Архимеда.

Механизмы с цилиндрическим кулачком (рис. 39, в) подобны винтовой передаче. Кулачок имеет винтовую рабочую поверхность. В контакте с ней находится ролик 2, который непосредственно

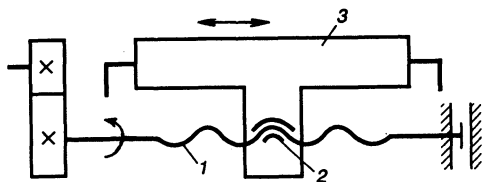


Рис. 37. Передача винт-гайка

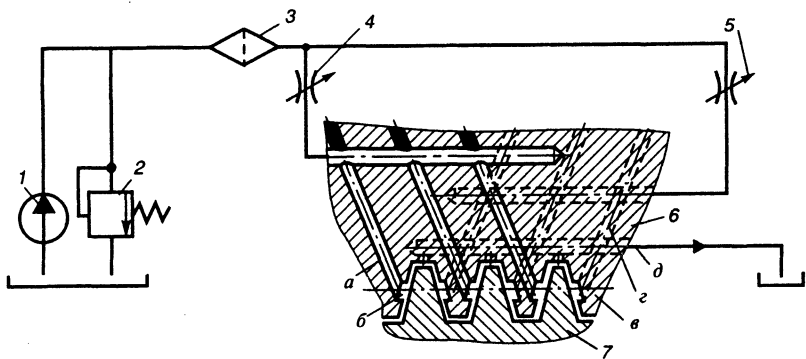


Рис. 38. Гидростатическая передача винт-гайка:

1 — насос, 2 — обратный клапан, 3 — фильтр, 4, 5 — дроссель, 6 — гайка, 7 — ходовой винт

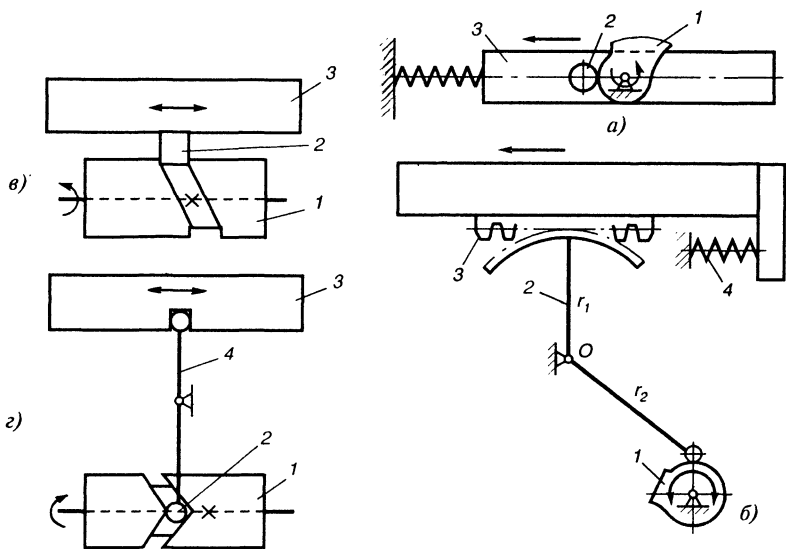


Рис. 39. Кулачковые механизмы

связан с ведомым элементом 3 или с промежуточной подачей, например, в виде рычага 4 (рис. 39, з). Величину скорости движения рабочего органа можно регулировать путем изменения числа оборотов кулачка или угла подъема его рабочей поверхности.

Кривошипно-шатунный механизм (рис. 40, а) преобразует враща-

тельное движение ведущего звена в возвратно-поступательное движение ведомого звена, и наоборот. Кривошипно-шатунный механизм состоит из кривошипа, шатуна и ползуна. Кривошип является ведущим звеном и представляет собой палец 1, находящийся на расстоянии r от оси, вокруг которой он вращается, и связанный с этой осью стержнем или диском.

Ползун 4 — ведомое звено, совершающее возвратно-поступательное движение. Шатун 3 шарнирно соединен с кривошипом и ползуном. Ход ползуна равен $2r$,

поэтому в конструкции кривошипа предусматривают радиальный паз для регулировки положения пальца. Регулируя длину шатуна, меняют величину хода, т. е. сдвигают крайние положения ползуна.

Одним из разновидностей кривошипно-шатунного механизма является кулисный механизм (рис. 40, б). Кулисный механизм состоит из кулисы 3, ползуна 4, кулисного камня 2 и ведущего кривошипа 1. При вращении кривошипа кулиса качается, а ползун движется возвратно-поступательно. Кулисный механизм отличается большой быстротходностью, достаточно плавным реверсированием хода. Число двойных ходов ползуна равно числу оборотов кривошипа, а длина хода ползуна зависит от амплитуды качания кулисы. Ее можно устанавливать изменением длины кривошипа. Используется данный механизм в приводе главного движения поперечно-строгальных или долбежных станков.

Механизмы периодического движения. К механизмам периодического движения, используемым в станкостроении, относятся храповые и мальтийские механизмы. Храповые механизмы применяют в тех случаях, когда необходимо осуществить прерывистое движение рабочих органов в течение коротких промежутков времени, а мальтийские механизмы — для периодического поворота через длительные отрезки времени.

На рис. 41, а показана схема храпового механизма с наружным зацеплением. Собачка 1, получая касательное движение, захватывает

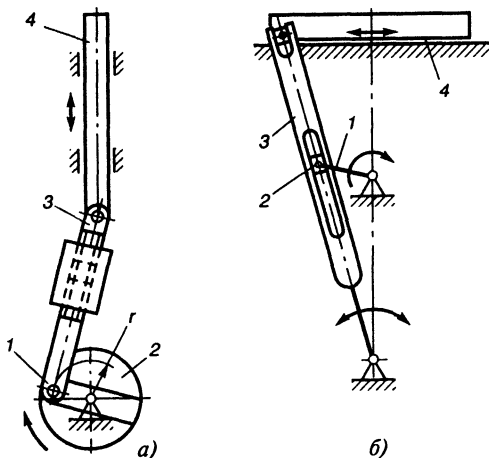


Рис. 40. Кривошипно-шатунный (а) и кривошипно-кулисный (б) механизмы

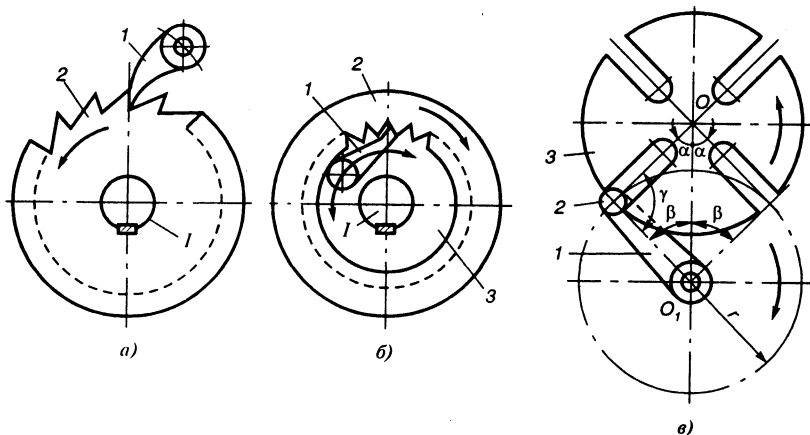


Рис. 41. Храповой механизм с наружным (а) и внутренним (б) зацеплением, мальтийский механизм (в)

зубья храпового колеса 2 и поворачивает его вокруг оси вала 1 в одном направлении. Возвращаясь в исходное положение, собачка проскальзывает по зубьям колеса, и последнее остается в покое. Схема храпового механизма с внутренним зацеплением показана на рис. 41, б. Собачка 1 установлена на диске 3, вал которого совершает качательное движение. При этом собачка 1 захватывает зубья храпового колеса 2 и периодически вращает его также в одну сторону.

Мальтийский механизм, показанный на рис. 41, в, состоит из кривошипа 1 с цевкой 2 на конце и диска 3, имеющего радиальные пазы. Кривошип вращается непрерывно. В определенный момент цевка входит в паз и, повернувшись на угол 2β вместе с диском 3, выходит из него. Диск 3 останавливается до попадания цевки 2 в следующий паз.

Условия безударной работы требуют, чтобы скорость цевки при заходе ее в паз диска совпадала с направлением последнего. Это возможно, если угол $\gamma = \pi/2$. Угол поворота диска $2\alpha = 2\pi/Z$, где Z — число пазов диска. Угол поворота кривошипа $2\beta = \pi - 2\alpha$. Подставляя в это равенство значение 2α , получим $2\beta = \pi - (2\pi/Z) = \pi(Z - 2/Z)$.

Если n — число оборотов кривошипа в минуту, T — время поворота диска в минутах на угол 2α , а кривошипа — на угол 2β , то поворот вала кривошипа на угол 2π совершается за $1/n$ мин, а поворот на угол 2β — за $T = ((2\beta/2\pi)1/n)$ мин. Отсюда число оборотов кривошипа в минуту $n = \beta/\pi T$. Подставляя значение β , получим $n = (\beta - 2)/2T$.

1.3. ОБЩАЯ МЕТОДИКА НАЛАДКИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Уравнение кинематического баланса. Для большинства металлообрабатывающих станков независимо от их сложности методика наладки одинакова. Она заключается в сообщении исполнительным органам станка согласованных друг с другом движений для изготовления деталей.

Процесс наладки станка требует расчета передаточных отношений органа, наладки скоростей для получения заданной частоты вращения шпинделя и передаточных отношений органов наладки цепей для осуществления необходимых подач (подачи).

Для этих целей намечают расчетные кинематические цепи, составляют расчетные перемещения конечных звеньев этих цепей и уравнения кинематического баланса, из которых выводят формулы наладки цепей.

Уравнением кинематического баланса называют уравнение, связывающее расчетные перемещения конечных звеньев кинематической цепи. Это уравнение служит основой для определения передаточных отношений органа наладки. Конечные звенья могут иметь как вращательное, так и прямолинейное движение. Если оба конечных звена вращаются, то расчетные перемещения этих звеньев условно записывают следующим образом: $n_n \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_k \text{ мин}^{-1}$. Стрелка в этой записи заменяет слово «соответствует». По этим расчетным перемещениям составляют уравнения кинематического баланса данных кинематических цепей: $n_n \cdot i_{\text{пост}} \cdot i_x = n_k \text{ мин}^{-1}$, где n_k — частота вращения в минуту конечного звена органа наладки; n_n — частота вращения в минуту начального звена органа наладки; $i_{\text{пост}}$ — постоянное передаточное отношение органа наладки; i_x — искомое передаточное отношение органа наладки.

Решая уравнения кинематического баланса относительно i_x , получим формулы наладки рассматриваемых кинематических цепей.

Если одно из конечных звеньев в кинематической цепи имеет вращательное движение, а другое — прямолинейное, то при подаче, выраженной в миллиметрах на один оборот начального звена, расчетные перемещения можно записать: 1 оборот начального звена $\rightarrow S_{\text{мм}}$ продольного перемещения конечного звена. Уравнение кинематического баланса будет иметь вид: 1 оборот начального звена $i_{\text{пост}} \cdot i_x \cdot 1 = S$, где S — перемещение кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное (например, перемещение гайки за один оборот винта), мм; $1 = Z \cdot P_v$ (здесь Z — число заходов винта; P_v — шаг винта, мм).

При наладке станков в общем случае необходимо:

1. По технологическому процессу изготовления детали установить характер движений в станке и их взаимосвязь;
2. Определить все кинематические цепи, по которым будет осуществляться необходимое для этого движение;

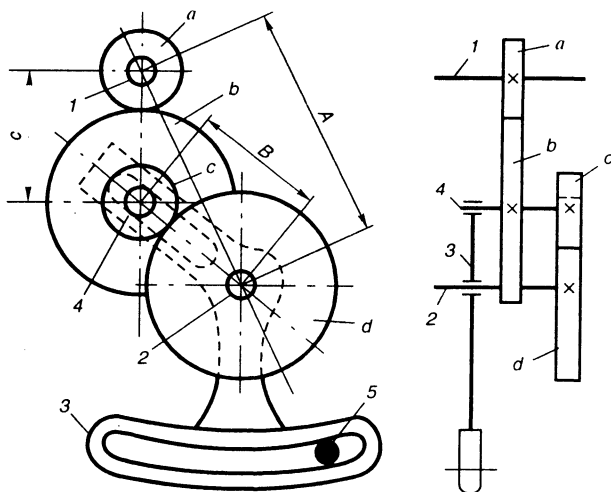


Рис. 42. Схема двухпарной гитары

3. Составить соответствующие уравнения кинематических цепей, связывающих попарно рабочие органы станка;

4. По полученным передаточным отношениям вычислить и подобрать сменные зубчатые колеса и т. п.

При составлении уравнения кинематической цепи безразлично, в каком порядке рассматривается данная кинематическая цепь — от первого элемента ее (считая в направлении передачи движения) к последнему звену или наоборот, от последнего звена к первому.

У некоторых металлообрабатывающих станков для наладки кинематических цепей применяют устройства, называемые «гитары». В основном металлорежущих станках встречаются двухпарные гитары, лишь в редких случаях, когда необходимы особенно малые передаточные отношения или требуется особенно высокая точность подбора этих отношений, используют трехпарную гитару.

На рис. 42 показана схема двухпарной гитары. Расстояние A между ведущим 1 (колеса a) и ведомым 2 (колеса b) валами неизменно. На ведомом валу свободно посажен «приклон» 3 гитары. В приклоне имеются радиальный и дуговой пазы. В радиальном пазу закреплена ось 4 колес « b » и « c ». Перемещая ось вдоль паза, можно менять расстояние B между колесами « c » и « d ». Дуговой паз в приклоне позволяет изменять расстояние между колесами « a » и « b » при повороте приклона на валу 2. В требуемом положении приклон закрепляют болтом 5. Чтобы подобранные зубчатые колеса могли переместиться на гитаре и не упирались во втулки валиков зубчатых колес, необходимо соблюдать следующие условия зацепляемости: $a = b \geq c + 15 \dots 20$ мм; $c + d \geq b + 15 \dots 22$ мм. Необходимо также, чтобы $0,2 \leq i \leq 2,8$. Суммы

чисел сопряженных колес не должны превышать допустимого значения, определяемого конструкцией и размерами места, отведенного для размещения гитары на станке. Нормальные комплекты сменных зубчатых колес приведены в табл. 5. Существует несколько способов подбора чисел зубьев сменных зубчатых колес.

Способ разложения на простые множители применяют в том случае, если на них можно разложить числитель и знаменатель передаточного отношения, полученного по уравнению наладки. Произведя разложение, сокращают дробь или вводят дополнительные множители, комбинируя их так, чтобы получить выражение дроби через числа зубьев, имеющихся в комплекте сменных колес.

Способ замены часто встречающихся чисел приближенными дробями заключается в том, что часто встречающиеся числа π ; 25,4; $\pi/25,4$ и $25,4\pi$ заменяют приближенными величинами, дающими возможность с достаточной точностью получить передаточные отношения. Этот метод применяют на токарно-винторезных станках при необходимости нарезания модульной или питчевой резьбы, а также при нарезании дюймовой резьбы при отсутствии в наборе колеса с числом зубьев $Z = 127$.

Логарифмический способ основан на том, что находят логарифм передаточного отношения (если передаточное отношение имеет вид неправильной дроби), берут логарифм величины обратной передаточному отношению, и по соответствующей таблице (таблица В.А. Шишкова) определяют числа зубьев сменных зубчатых колес. Этот способ основан на принципе логарифмирования передаточного отношения и дает зубчатые колеса, кратные пяти, с весьма малой ошибкой. Передаточное отношение зубчатых колес гитары $i = (a/b) \cdot (c/d)$ после логарифмирования имеет вид: $lgi = lga + lgc - lgb - lgd$ (табл. 5).

Метод подбора чисел зубьев на логарифмической линейке. Край движка логарифмической линейки устанавливают против числа, соответствующего передаточному отношению; передвигая визир, находят риски, совпадающие на движке и на линейке. Риски должны соответствовать целым числам, которые дают при делении значение передаточного отношения. Затем подбирают числа зубьев сменных зубчатых колес. Этот способ подбора колес при нарезании резьб применять, как правило, нельзя, так как его точность обычно невысока.

Подбор чисел зубьев по таблицам М.В. Сандакова. Очень часто передаточные отношения содержат дробные числа в числителе и знаменателе или множители, не кратные набору колес. В этом случае удобно подбирать числа зубьев зубчатых колес по таблицам М.В. Сандакова, содержащим до 100 000 передаточных отношений. Заданное передаточное отношение в виде простой правильной дроби, неудобной для преобразования, нужно прежде всего превратить в десятичную дробь с шестью знаками после запятой. Если дробь неправильная, то необходимо разделить ее знаменатель на числитель, чтобы получить десятичную дробь меньше единицы. После этого в таблице находят десятичную дробь, равную полученной, или ближайшую к ней, а рядом — соответствующую ей простую дробь. Получив простую дробь, числа

зубьев сменных колес подбирают обычным способом: например, $i = 223/137$, откуда $1/i = 137/223 = 0,614346$. Из таблицы М.В. Сандакова имеем значение 0,614346, равное $728/1185$. Ввиду того, что у передаточного отношения перед обращением его в десятичную дробь числитель и знаменатель поменяли местами, у приближенного числа делают то же самое. Тогда $i = 223/137 = 1185/728 = (3 \times 5 \times 79)/(2 \times 2 \times 2 \times 7 \times 13) = (60/56) \times (79/52)$. Подобранные колеса имеются в наборе для затыловочных станков.

5. Нормальные комплекты сменных зубчатых колес для станков различных типов

Общий ряд чисел зубьев	Комплекты сменных колес для групп станков				Общий ряд чисел зубьев	Комплекты сменных колес для групп станков			
	фрез.	токар.	затыл.	зубообр.		фрез.	токар.	затыл.	зубообр.
20	20	20	20	20	65	65	—	65	65
21	—	—	21	21	66	—	—	66	66
22	—	—	22	22	67	—	—	67	67
23	—	—	23	23	68	68	—	68	68
24	—	24	24	24	69	—	—	69	69
25	25	25	25	25	70	70	70	70	70
26	—	—	26	26	71	71	—	71	71
27	—	—	27	27	72	72	—	72	72
28	—	28	28	28	73	—	—	73	73
29	—	—	29	29	74	—	—	74	74
30	30	30	30	30	75	75	—	75	75
31	—	—	31	31	76	76	—	76	76
32	—	32	32	32	77	—	—	77	77
33	—	—	33	33	78	—	—	78	78
34	—	—	34	34	79	—	—	79	79
35	35	—	35	35	80	80	80	80	80
36	—	36	36	36	81	—	—	81	81
37	—	—	37	37	82	—	—	82	82
38	—	—	38	38	83	—	—	83	83
39	—	—	39	39	84	—	—	84	84
40	40	40	40	40	85	85	—	85	85
41	—	—	41	41	86	—	—	86	86
42	—	—	42	42	87	—	—	87	87
43	—	—	43	43	88	—	—	88	88
44	—	44	44	44	89	—	—	89	89
45	—	45	45	45	90	90	90	90	90
46	—	—	46	46	91	—	—	91	91
47	—	—	47	47	92	—	—	92	92
48	—	48	48	48	93	—	—	93	93

Общий ряд чисел зубьев	Комплекты сменных колес для групп станков				Общий ряд чисел зубьев	Комплекты сменных колес для групп станков			
	фрез.	токар.	затыл.	зубообр.		фрез.	токар.	затыл.	зубообр.
49	—	—	49	49	94	—	—	94	94
50	50	50	50	50	95	—	—	95	95
51	—	—	51	51	96	—	—	96	96
52	—	—	52	52	97	—	—	97	97
53	—	—	53	53	98	—	—	98	98
54	—	—	54	54	99	—	—	99	99
55	55	55	55	55	100	100	100	100	100
56	—	—	56	56	105	—	—	105	105
57	—	—	57	57	108	—	—	108	—
58	—	—	58	58	110	110	—	110	110
59	—	—	59	59	112	—	—	112	—
60	60	60	60	60	113	113	—	113	113
61	—	—	61	61	115	—	—	—	115
62	—	—	62	62	120	120	—	120	120
63	—	—	63	63	127	127	—	127	127
64	—	—	64	64	—	—	—	—	—

Способ Кнаппе. Этот способ основан на том, что к числителю и знаменателю дробей, близких к единице, можно прибавлять или вычитать из них число единиц без существенного изменения величины дроби. Пусть $i = 111/335$. Разделив эту дробь, получим примерно $1/3$, тогда можно записать $i = 111/335 = (1/3) \times (3 \times 111/335) = 1/3(333/335)$. Получим множитель в виде дроби $333/335$, близкий к единице. Пользуясь названным правилом, можно записать

$$i = (1/3)(333/335) = (1/3) \times (333 - 3)/(335 - 3) = (1/3) \times (330/332).$$

Получим дробь, легко разлагающуюся на сомножители. Теперь, пользуясь ранее рассмотренным способом, подберем зубчатые колеса:

$i = (1/3) \times (330/332) = (1/3) \times (2 \times 3 \times 5 \times 11)/(2 \times 2 \times 83) = (30/60) \times (55/83)$. Этот метод рекомендуется применять при отсутствии таблиц, специально предназначенных для подбора сменных колес. Он удобен также при подборе трехпарных гитар.

1.4. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Для привода главного движения необходимо использовать максимальную мощность для обеспечения необходимых скоростей резания, поэтому неизбежным оказывается наличие коробки передач. Если диапазон частот вращения шпинделя велик, коробки передач получа-

ются сложными. Применение асинхронных электродвигателей с электрическим переключением скоростей (одна-три, а иногда и четыре скорости) значительно упрощает коробки передач станков. Однако асинхронные электродвигатели с переключением скоростей обладают постоянным моментом на разных скоростях, что приводит к плохому использованию их на малых скоростях.

В связи с таким использованием электродвигателей постоянного тока, частоты вращения которых в достаточно широких пределах могут регулироваться при постоянной мощности и непрерывном диапазоне скоростей за счет регулирования поля возбуждения путем его ослабления, оказывается более предпочтительным, так как значительно упрощает коробку передач, являющуюся самым сложным узлом станка. В этом случае коробка передач может иметь всего три-четыре ступени скорости, а иногда и две. При этом электродвигатель должен иметь возможность регулировать свою частоту вращения при постоянной мощности за счет ослабления магнитного поля в 3—4 раза. Так как электродвигатели главного движения обеспечивают постоянную заданную скорость, независимую от нагрузки, изменяющуюся в широких пределах, они должны иметь высокую жесткость механических характеристик, которая может изменяться при ослаблении магнитного поля возбуждения. В противном случае невозможна устойчивая работа привода.

Естественная механическая характеристика современных электроприводов при нормальном поле возбуждения обычно обладает достаточной жесткостью (падение частоты вращения при полной нагрузке не превышает 3—5 %).

Особенностью приводов главного движения помимо их больших мощностей по сравнению с приводами подачи является их работа при значительно изменяющихся инерционных моментах нагрузки при переключении коробок скоростей, что создает определенные трудности при стабилизации таких приводов. Эти трудности еще более возрастают при необходимости в некоторых случаях обеспечить ориентацию углового положения шпинделя с помощью электродвигателя в станках с автоматической сменой инструмента.

Можно применять главный привод в режиме следящего движения, используя его при нарезании резьбы резцом с помощью плансуппорта или фрезы. Этот метод нарезания резьбы используется в некоторых сериях станков. В силу больших инерционных нагрузок на электродвигатель главных приводов достаточно большой мощности требуется большее время разгона и торможения, чтобы избежать перегрузок электродвигателя по току. Для гарантии безопасного разгона и торможения применяют сложные схемы ограничения по току, обеспечивающие заданный закон разгона и торможения.

Систему управления приводом главного движения для станков с ЧПУ часто оформляется в виде отдельного узла, включающего два

тиристорных преобразователя: один мощный — для регулирования напряжения на якоре электродвигателя, другой — маломощный для регулирования напряжения возбуждения. Такой двухзонный привод в настоящее время является типовым для обеспечения главного движения в станках разнообразных модификаций. Помимо двух тиристорных преобразователей этот узел управления содержит схему управления автоматизированной коробкой скоростей станка с необходимыми блокировками.

В станках, имеющих регулируемые электроприводы главного движения, управляемые от тиристорных преобразователей, ориентация шпинделя может осуществляться в следящем режиме, для чего со шпинделем кинематически связывается какой-либо датчик углового перемещения. Такой метод ориентации значительно упрощает как электронную схему управления ориентацией, так и конструкцию шпиндельного узла.

Приблизительно момент асинхронного электродвигателя $M = 2M_k/(S/S_k) + (S_k/S)$, где M_k — критический (наибольший нагрузочный) момент электродвигателя; S_k — критическое скольжение, соответствующее моменту M_k .

Механические характеристики асинхронного электродвигателя, построенные по формуле крутящего момента, показаны на рис. 43. При $S_0 = 0$ момент $M = 0$. Этот случай синхронного вращения соответствует идеальному холостому ходу машины. В первый момент пуска электродвигателя, когда ротор неподвижен и $S = 1$, электродвигатель развивает пусковой (начальный) момент M_n , который больше номинального момента M_n . Значение M_k и S_k определяет критическую точку (максимум) механической характеристики. Точка A соответствует номинальной нагрузке.

Участок характеристики от точки идеального холостого хода до критической точки называют рабочей частью механической характеристики. Только на этом участке возможна устойчивая работа асинхронного электродвигателя при нагрузке. Номинальное скольжение зависит от номинальной мощности, типа электродвигателя и находится

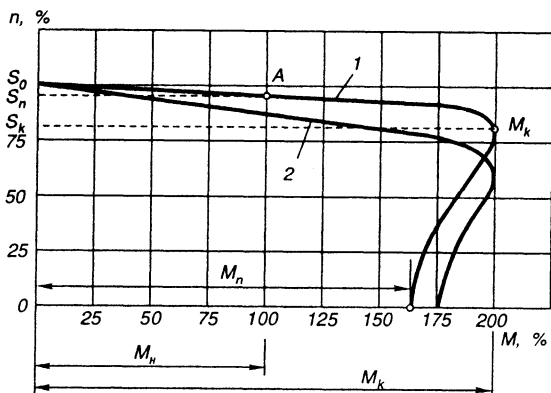


Рис. 43. Механические характеристики асинхронных электродвигателей

в пределах 0,02—0,12. При этом электродвигатели большей мощности имеют меньшее скольжение.

Кроме асинхронных электродвигателей нормального исполнения выпускают электродвигатели с повышенным скольжением (0,07—0,16) и пусковым моментом. Электродвигатели с нормальным скольжением имеют жесткую характеристику (кривая 1) и их применяют в большинстве станков, а электродвигатели с повышенным скольжением имеют мягкую характеристику (кривая 2), и их применяют в приводах станков с частым включением электродвигателя и значительной нагрузкой при пуске. При прочих равных условиях электродвигатель с мягкой характеристикой имеет меньшую номинальную частоту и больший пусковой момент M_p .

В каталогах обычно приводят следующие основные данные асинхронных электродвигателей: номинальная мощность на валу N_n , кВт; номинальная частота вращения n , мин⁻¹; синхронная частота вращения n_0 , мин⁻¹, отношения M_k/M_n и M_p/M_n , где M_n и M_p — соответственно номинальный и пусковой моменты электродвигателя. Номинальный момент $M_n = 9550 N_n \cdot n$, (НМ).

Электродвигатели главного движения (привода главного движения) пускают без нагрузки, поэтому пусковой момент $M_p = 0,5 M_n$ достаточен. Для электродвигателей, включаемых в работу под нагрузкой, необходимо большой пусковой момент. Кроме того, такой метод позволяет сравнительно просто организовывать на станке нарезание резьбы путем перевода шпинделя в следящий режим, т. е. управляя им как обычной координатой от устройства ЧПУ.

Большинство металлообрабатывающих станков приводится в движение асинхронными электродвигателями трехфазного тока, которые просты в исполнении и надежны в эксплуатации.

Конструктивные формы асинхронных электродвигателей зависят от способа их крепления и формы, защиты от воздействия окружающей среды. Конструктивно электродвигатели выполняются на лапах, а также во фланцевом исполнении для горизонтальной и вертикальной установки.

Асинхронные электродвигатели рассчитаны на напряжение 127, 220 и 380 В. Один и тот же электродвигатель можно включать в сеть с разным напряжением, отличающимся друг от друга в $\sqrt{3}$ раза. При этом для меньшего из двух напряжений статор электродвигателя включают треугольником, для большего — звездой. Сила тока в фазовых обмотках электродвигателя в обоих случаях будет при таком включении одна и та же. Кроме того, выпускают электродвигатели на 500 В. Обмотку статора такого электродвигателя включают на постоянное соединение звездой. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором выпускают с номинальной мощностью 0,6—1000 кВт на синхронные частоты вращения 600, 750, 1000 и 3000 мин⁻¹. Частоту вращения

асинхронного электродвигателя можно повысить, увеличив частоту переменного тока.

Механическая характеристика асинхронного двигателя, т. е. зависимость частоты вращения n от момента M на его валу: $n = f(M)$ бывает мягкой, жесткой и абсолютной жесткой. У электродвигателей с мягкой характеристикой изменение момента вызывает значительные изменения частоты вращения вала. Если это изменение не влечет за собой заметного изменения частоты вращения, характеристику называют жесткой. При абсолютно жесткой характеристике частота вращения электродвигателя не зависит от нагрузки.

Механическая характеристика электродвигателя характеризуется скольжением (в процентах или в долях единицы), которое выражает относительные падения частоты вращения электродвигателя при переходе от работы без нагрузки ($M = 0$) наибольшей (критической) нагрузки ($M = M_k$): $S = (n_0 - n)/n_0$, где n_0 — скорость вращения магнитного поля (синхронная частота вращения электродвигателя), с^{-1} и мин^{-1} ; n — частота вращения ротора (асинхронная).

Частота вращения асинхронного электродвигателя, мин^{-1} , определяется следующим соотношением: $n = 60f(1 - S)/P$ где, f — частота переменного тока, Гц; P — число полюсов статора электродвигателя; S — скольжение ротора.

Следовательно, частоту вращения ротора можно регулировать, изменяя частоту электрического тока, скольжение или число пар полюсов. Первым способом можно регулировать частоту вращения ротора только при наличии отдельного генератора переменного тока для питания электродвигателя. Во всех остальных случаях частота переменного тока в сети является постоянной величиной. Регулирование частоты вращения путем изменения скольжения осуществляется введением активного сопротивления в цепь ротора, что возможно только у электродвигателей с фазовым ротором. В металлорежущих станках (особенно в многоскоростных электродвигателях) широко применяют способ регулирования частоты вращения путем изменения числа пар полюсов.

Торможение асинхронных электродвигателей можно осуществлять механическим или электрическим способом. К электрическим способам торможения относят торможение с рекуперацией, электродинамическое торможение, торможение противотоком и др. Торможение с рекуперацией возможно только для многоскоростных электродвигателей. Сущность его заключается в том, что электродвигатель, оставаясь не отключенным от сети, переключается на низшую скорость, в результате чего он переходит на генераторный режим и отдает в сеть электрическую энергию, благодаря чему электродвигатель тормозится и приближается к режиму переключенной низшей скорости. Дальнейшее торможение осуществляется механическим путем или другими способами.

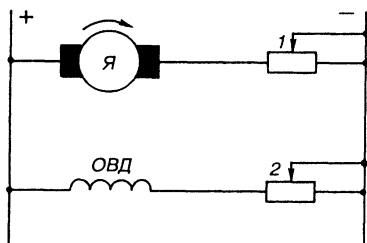


Рис. 44. Схема включения шунтового электродвигателя

Электродинамическое торможение производится дополнительной подачей в обмотку статора постоянного тока, в результате чего в статоре возникает постоянное магнитное поле, которое тормозит вращающееся магнитное поле и останавливает электродвигатель. После полной остановки электродвигатель особым устройством автоматически отключается от сети.

Торможение противотоком (противовключением) осуществляют путем переключения двух фаз обмотки статора.

При этом меняется направление вращающегося магнитного поля, которое воздействует на вращающийся по инерции ротор и тормозит его. В конце торможения электродвигатель автоматически отключается от сети. Этот способ широко применяют в станках из-за его простоты и надежности.

Реверсирование электродвигателей осуществляется путем переключения любых двух внешних зажимов (фаз) электродвигателя.

Электродвигатели постоянного тока с параллельным возбуждением (шунтовые) широко применяются в станках. Их включают по схеме, показанной на рис. 44. Обмотка якоря «Я» подключена к сети через пусковой реостат 1, а обмотка возбуждения ОВД — через реостат 2, служащий для изменения частоты вращения.

Для электродвигателей постоянного тока момент на валу электродвигателя и частота вращения будут соответственно $M = kJ_{\text{я}}\Phi$, $n = (V - J_{\text{я}} \cdot r_{\text{я}}) / C \cdot \Phi$, где $k = 0,05 - 0,12$ — коэффициент пропорциональности; V — напряжение сети, В; $J_{\text{я}}$ — сила тока в цепи якоря; A ; $r_{\text{я}}$ — сопротивление цепи якоря; Ом; C — постоянная данного электродвигателя; Φ — магнитный электрический поток электродвигателя, Вб.

Механические характеристики электродвигателя приведены на рис. 45. Линия 1 соответствует естественной механической характеристике. Относительно малое сопротивление обмотки якоря обуславливает достаточную жесткость естественной характеристики электродвигателя с параллельным возбуждением. На рисунке это отражено небольшим наклоном линии 1. Во время работы электродвигателя можно увеличить сопротивление реостата 1; тогда общее сопротивление якоря возрастает (наклон линии увеличится). Таким образом, получается несколько искусственных реостатных характеристик 2 — 4. Потери мощности в цепи возбуждения зависят от мощности электродвигателя и лежат в пределах 1 — 8 %, увеличиваясь с уменьшением мощности электродвигателя.

Номинальную силу тока якоря определяют как разность номинальных значений силы тока электродвигателя и силы тока возбуждения.

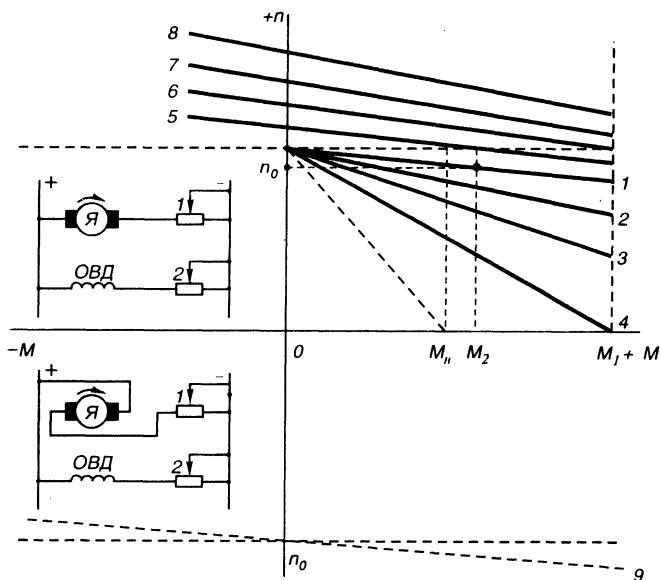


Рис. 45. Механическая характеристика шунтового электродвигателя

Однако сила тока возбуждения электродвигателя параллельного возбуждения мала, и при расчетах ее часто не учитывают.

Шунтовые электродвигатели кратковременно могут работать с перегрузкой. Коэффициент допустимой перегрузки $\lambda = 2...2,5$. Допустимая кратковременная перегрузка ограничивается появлением значительного искрения под щетками.

Механическая характеристика, соответствующая измененной полярности якоря электродвигателя, при которой изменяется действие момента в двигательном режиме, показана линией 9.

Пуск двигателя с параллельным возбуждением осуществляют только с помощью пускового реостата. Реостат 1 при пуске включается полностью всеми ступенями, тем самым разгоняя электродвигатель по характеристике 4. Сопротивление рассчитывают так, чтобы электродвигатель при включении развивал заранее заданный момент M_1 (обычно $M_1 \approx M_n$). При разгоне электродвигателя, когда момент уменьшается до заранее принятого значения M_2 (обычно $M_2 \approx 1,1 M_n$), одну секцию реостата отключают. Электродвигатель при той же скорости переходит на работу по характеристике 3. Дальнейший разгон электродвигателя происходит также по характеристике 3. Секции реостата постепенно отключают до тех пор, пока электродвигатель не перейдет на работу

по естественной механической характеристике. Пуск электродвигателя постоянного тока в станках производится автоматически.

Частоту вращения электродвигателей постоянного тока регулируют тремя способами: изменением сопротивления цепи якоря, изменением подводимого к электродвигателю напряжения и изменением магнитного потока. Первый способ малоэкономичен, и его применяют редко.

Регулирование частоты вращения вала изменением магнитного потока является наиболее распространенным. Величина потока изменяется реостатом 2. Увеличивая его сопротивление, уменьшают силу тока возбуждения и магнитный поток, что приводит к увеличению частоты вращения. Таким образом, при уменьшении магнитного потока механические характеристики представляют собой несколько прямых линий (5—8), не параллельных естественной характеристике и имеющих тем больший наклон, чем меньшим потокам они соответствуют. Число их зависит от числа секций на реостате 2. При большом числе секций на регулировочном реостате частота вращения регулируется практически бесступенчато.

Регулирование частоты вращения изменением подводимого напряжения требует применения специальных схем и его используют в системах «генератор — двигатель».

Электродвигатели постоянного тока тормозят теми же способами, что и асинхронные электродвигатели. Торможение с рекуперацией осуществляют шунтовым реостатом, которым снижают скорость якоря до минимума. При этом электродвигатель работает в генераторном режиме, отдавая электрический ток в сеть. Окончательную остановку электродвигателя производят отключением его от сети.

При торможении электромеханическим способом, получившим наибольшее распространение, якорь электродвигателя отключают от сети и замыкают на нагрузочное сопротивление, а электрический ток включают через тормозной реостат.

При торможении противотоком изменяют направление электрического тока в цепи якоря.

Электрический привод с тиристорным преобразователем и двигателем постоянного тока. Тиристорный преобразователь (ТП) является управляющим источником питания электродвигателя постоянного тока, т. е. усилителем мощности с весьма высоким коэффициентом, достигающим значения 4000. На станках с ЧПУ скорость и направление вращения электропривода определяется системой ЧПУ по величине сигналов на перемещение в соответствии с технологией обработки. Электродвигатель непрерывно управляется в зависимости от величины сигналов рассогласования таким образом, чтобы устранить это рассогласование. Скорость электродвигателя регулируется изменением напряжения, подводимого к его якорю от источника регулируемого напряжения тиристорного преобразователя-выпрямителя. Тиристор-

ные преобразователи по сравнению с известными системами регулируемых электроприводов постоянного тока имеют значительные преимущества: статический характер работы преобразователя; высокую экономичность регулирования напряжения; легкость управления; стабильность поддержания скорости; высокое быстродействие; сравнительно малые габаритные размеры и массу; бесшумность в работе; низкие эксплуатационные расходы; простоту обслуживания.

Тиристорные преобразователи собирают по различным силовым схемам в зависимости от мощности электропривода.

Для повышения быстродействия и обеспечения широкого диапазона регулирования скорости применяют широтно-импульсное управление приводом. В таких схемах тиристоры включают в сеть постоянного тока последовательно с электродвигателем. Для гашения тиристоров применяют заряженные конденсаторы, которые включают специальными тиристорами гашения навстречу анодному напряжению. Таким образом, в электродвигателях постоянного тока с тиристорными преобразователями через якорь электродвигателя пропускают импульсы постоянного тока различной продолжительности.

Эти импульсы отличаются от импульсов переменного тока той же длительностью повышенной энергии, сообщаемой электродвигателю. Это объясняется тем, что анодное напряжение неизменно в течение всего времени протекания тока через тиристор. Большое количество энергии, сообщаемое электродвигателю при пропускании каждого импульса, обеспечивает высокое быстродействие привода. Для электроприводов подачи применяют также комплектные тиристорные преобразователи.

Схема тиристорного преобразователя типа ПТЗР (рис. 46) состоит из двух групп вентилей, образующих трехфазные управляемые вентили. Они работают как инверторы, включаемые последовательно через дроссели (реакторы) $I-2$, которые замкнуты на один электродвигатель, включенный между средней точкой «А» дросселей и общей точкой «Б» вторичной обмотки трехфазного трансформатора. При небольшом открывании вентилей обоих выпрямителей через дроссели идет уравнительный постоянный ток 2—4 А. Переменная составляющая этого тока ограничивается дросселями. При большом открывании вентилей одной группы и одноименном уменьшенном открывании другой за счет управляющего сигнала на выходе между точками «А» и «Б» возникает напряжение выпрямителей и вал электродвигателя начинает вращаться в ту или иную сторону в зависимости от того, у какого из выпрямителей напряжение больше. Если при установившейся скорости электродвигателя снизить управляющий сигнал на выходе, то одна из групп вентилей (в зависимости от направления вращения вала электродвигателя в этот момент) переходит в инверторный режим вследствие того, что ЭДС электродвигателя больше выпрямленного

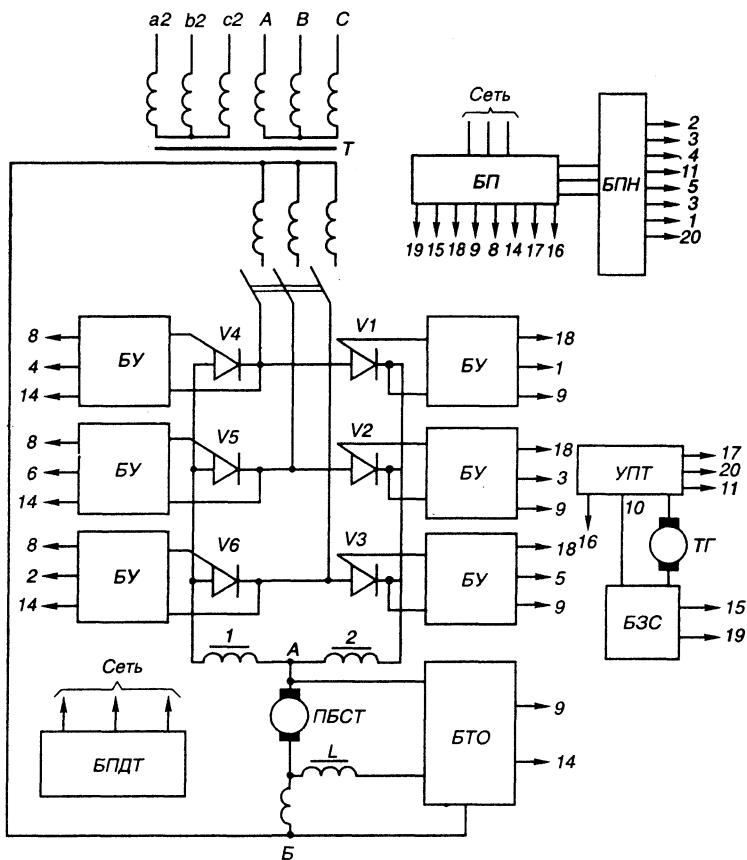


Рис. 46. Тиристорный преобразователь РТЗР

напряжения. При этом направление тока, проходящего через электродвигатель, меняется и он начинает тормозиться до скорости, соответствующей новому значению управляющего сигнала.

Существуют различные методы управления тиристорами, имеющие свои преимущества и недостатки. Управляющие импульсы типа РТЗР формируются в блоках управления (БУ), работающих совместно с блоком пилообразных напряжений (БПН) и усилителем постоянного тока (УПТ), на вход которого последовательно с управляющим сигналом включен тахогенератор (ТГ).

Этот преобразователь имеет специальную схему ограничения тока для предохранения электродвигателя от перегрузки, реализованную в виде: блок токоограничителя (БТО), блок задания скорости (БЗС), блок

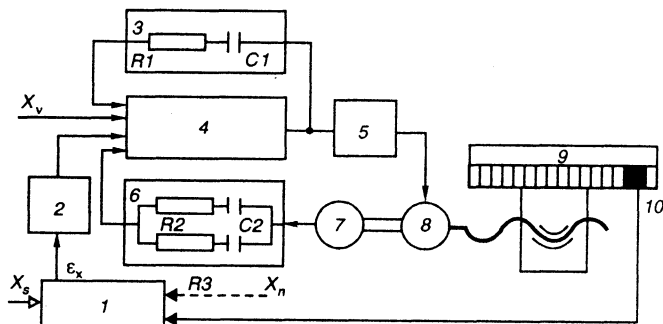


Рис. 47. Импульсно-фазовый следящий привод:

1 — формирователь ошибки перемещения, 2 — фильтр ошибки перемещения, 3 — узел компенсации ошибки, 4 — предварительный усилитель, 5 — тиристорный преобразователь, 6 — узел компенсации по скорости, 7 — тахогенератор, 8 — двигатель подачи (постоянного тока), 9 — рабочий орган станка, 10 — индуктосин, X_v — сигнал задания скорости, X_s — сигнал программы задания фазы, X_n — сигнал обратной связи от револьвера, ϵ_x — суммарный сигнал

питания (БП), содержащий несколько независимых маломощных трехфазных выпрямителей с фильтрами, блок питания обмоток возбуждения электродвигателя и тахогенератора (БПДТ). Данный ТП совместно с электродвигателем ПБСТ мощностью 1—10 кВт используют в качестве регулируемого электропривода, и он имеет входной управляющий сигнал + 200 В, получаемый от БЗС или от какого-либо другого источника управляющего сигнала постоянного тока. Диапазон регулирования 2000.

Время разгона электродвигателя на полную скорость зависит от его мощности. При небольших мощностях его можно использовать без блока токоограничителя, при этом время разгона или торможения не превышает 0,3 с. Электродвигатели используют с номинальным напряжением 110 В и 220 В, при изменении напряжения необходимо заменить силовой трансформатор. Номинальная частота вращения ротора электродвигателя может быть различной (1000, 1500 и 3000 мин⁻¹).

В тиристорных преобразователях типа ЭТ-6И в силовой части применена двойная мостовая схема, значительно увеличивающая жесткость электропривода, и обратная связь по току нагрузки электродвигателя, что значительно улучшает динамику электропривода. В схеме применены интегральные усилители, обеспечивающие высокую стабильность характеристик. Тиристорный преобразователь ЭТ-6И может применяться для управления обычными электродвигателями ПБСТ и высокомоментными электродвигателями с постоянными магнитами, для чего в схеме этого ТП применена специальная схема ограничения тока, зависящего от частоты вращения электродвигателя

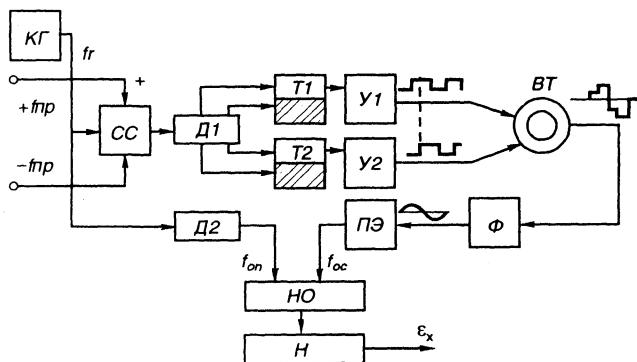


Рис. 48. Структурная схема блока связи в импульсно-фазовой системе управления с приводом вращающегося трансформатора:

КГ — кварцевый генератор частоты, *СС* — схема синхронизации, *Д1* — делитель формирования питания, *Д2* — опорный делитель, *Т1* и *Т2* — триггеры сдвига фаз, *У1* и *У2* — усилители питания, *ВТ* — вращающийся трансформатор, *Ф* — фильтр, *НО* — нуль-орган, *Н* — счетчик накопителя, *ПЭ* — преобразователь

(при увеличении частоты вращения допустимый ток пропорционально снижается). Это необходимо для предохранения электродвигателя от повреждений при перегрузках и больших скоростях слежения. Пример выполнения импульсно-фазового следящего привода (ИФП) с тиристорными преобразователями показан на рис. 47. Обратная связь дана с измерительным преобразователем «револьвер» или «индуктосин» (сигнал *X*). При скачкообразном изменении частоты на входе блока разгона-замедления частота изменяется по заданному закону. Формирование закона изменения управляющей частоты может изменяться в устройстве ЧПУ в зависимости от условий работы привода. Сигналы с выхода блока разгона-замедления подаются на вход формирователя *I* импульсно-фазового преобразователя ИФП, выдающего прямоугольные фазовые сигналы на несущей частоте (2000 Гц). При появлении на входе формирователя *I* задающего импульса на входе ИФП фаза сигнала изменяется относительно фазы-эталона. Например, при изменении фазы сигнала револьвера за один оборот (или индуктосина на шаге 2 мм) на 360° с последующим делением на 1000 (=) дискрета будет равна 2 мкм. При фазовых измерительных преобразователях перемещения управления приводом подачи выполняется по импульсивно-фазовой схеме (рис. 48). Эта схема основана на определении сдвига фаз последовательностью импульсов программы и импульсов, сформированных с выхода вращающегося трансформатора (*ВТ*). Временное сравнение сдвига фаз выполняется на несущей частоте. Опорный делитель *Д1* заполняется импульсами тактовой частоты, алгебраически суммирующимися (в схеме синхронизации *СС*) с импульсами програм-

мы. Делитель D_2 , формирующий питание, заполняется импульсами тактовой частоты. Приход каждого импульса программы вызывает сдвиг фаз импульсов на выходе опорного делителя на $+1/N$ часть периода (N — емкость делителя). Наибольший сдвиг фазы, запоминаемый опорным делителем, соответствует № импульса программы. На выходе BT установлен фильтр (Φ) и нуль-орган (HO), формирующие прямоугольную последовательность импульсов, которая сравнивается по фазе с импульсами на входе опорного делителя. Для расширения диапазона запоминания расогласования по пути предусмотрен счетчик-накопитель (H), запоминающий ошибку, кратную фазовому сдвигу. При наличии такого счетчика расогласование может превышать период сигнала измерительного преобразователя ($ЛЭ$). Преобразователь формирует аналоговый сигнал на вход блока управления приводом, пропорциональный фазовому сдвигу между импульсами.

Привод подач с высокомоментными электродвигателями позволяет выполнить разгон перемещаемого органа до максимальной скорости за весьма малое время (разгон до 10 м/мин за 0,25 с).

Станки класса точности H комплектуют приводами подач с двухполюсным вращающимся трансформатором $ВТМ-1В$ с делением фазы на 2000. При дискретности линейного перемещения 0,01 мм привод обеспечивает скорость до 6 м/мин, а при установке мультипликатора — до 10 м/мин. Станки класса точности $П$ комплектуют приводами подач с линейными датчиками $ДЛМ-II$, либо индуктосинами, обеспечивающими скорость холостых ходов до 10 м/мин. Возможно применение многополюсных револьверов. Высокомоментные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов — это электродвигатели постоянного тока, у которых вместо электромагнитного возбуждения используют возбуждение от постоянных магнитов. Они позволяют получать большие крутящие моменты при непосредственном соединении с ходовым винтом без промежуточных передач. Благодаря наличию возбуждения от постоянных магнитов эти двигатели выдерживают значительные перегрузки и отличаются высоким быстродействием, так как способны кратковременно развивать большой (50—20-кратный) крутящий момент при малых частотах вращения. Отсутствие обмотки возбуждения, нагревающейся при работе двигателя с электромагнитным возбуждением, обуславливает меньший нагрев двигателя с постоянными магнитами. Благодаря этому стало возможным увеличить силу тока якоря и развиваемый крутящий момент без увеличения габаритных размеров двигателя. Для увеличения равномерности вращения ротора двигателя и связанного с ним винта подачи при малых скоростях двигатель имеет большое число полюсов и коллекторных пластин малой ширины. Коллекторы двигателя и тахогенератора имеют специальную покрытие, щетки изготавливают из специально подобранных материалов. Для повышения теплостойкости двигателя при пропусках

нии через обмотку токов большой силы изоляцию обмоток выполняют из материалов высокой теплостойкости.

Высокомоментный электродвигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов изображен на рис. 49. Ротор 2 двигателя установлен в подшипниках качения, расположенных в крышках 1 и 10. Якорная обмотка 3 питается током через коллектор 5 и щеточный аппарат 6. В корпусе двигателя, выполненного в виде трубы, по всему периметру наклеены постоянные магниты 4. Якорь 3 тахогенератора посажен на ротор двигателя. Статор 7 тахогенератора 8 может быть оснащен постоянными магнитами или обмоткой возбуждения. Редуктор соединен с ротором двигателя гибкой муфтой 9.

Шаговый двигатель — это импульсный синхронный электродвигатель, преобразующий электрические управляющие сигналы в дискретные (шаговые) перемещения исполнительного органа станка. Шаговые электродвигатели широко применяются в приводах станков с ЧПУ. Схема шагового электродвигателя ШД5-1М представлена на рис. 50. Электродвигатель состоит из двух одинаковых секций статора 1 (рис. 50, а) и общего ротора 2. Каждая секция статора (рис. 50, б) имеет шесть зубчатых полюсов 1—6, взаимодействующих с зубчатым ротором 7, имеющим 20 зубцов. При этом зубцы каждого последующего полюса сдвинуты на $1/6$ шага зубцов относительно полюса, а обе секции статора сдвинуты относительно друг друга на $1/2$ шага зубцов. Обмотки каждой пары противоположащих полюсов включены последовательно и образуют одну фазу. Таким образом, каждая секция электродвигателя имеет трехфазную обмотку, а с учетом второй секции электродвигатель имеет шестифазную обмотку. Направление магнитных потоков, создаваемых этими шестью фазами в пределах 360° , представлены на рис. 50, в, где векторы 1, 2, 3 указывают направления магнитных потоков, создаваемых тремя фазами первой секции, а векторы 1'2'3' — направления магнитных потоков, создаваемых тремя фазами второй секции. При подаче тока в первую фазу первой секции зубцы ротора устанавливаются точно против зубцов первого и четвертого полюсов, на которых находится обмотка первой фазы. При подаче тока во вторую фазу первой секции ротор повернется на $1/3$ шага зубцов, т. е. на 6° так, что его зубцы окажутся против зубцов полюсов 2 и 5 (рис. 50, б). Если подать ток по очереди в обмотки второй секции, то ротор также будет поворачиваться на 6° , но со сдвигом на 3° относительно первой секции. Если ток подать сразу в первую фазу первой секции и в третью фазу второй секции, то ротор повернется на $1,5^\circ$, т. е. зубцы встанут между зубцами первой и второй секций. Таким образом, чередуя подачу тока то в одну фазу, то в две, получим непрерывное вращение шагового двигателя скачками на $1,5^\circ$. За 12 тактов двигатель повернется на $360/20 = 18^\circ$, т. е. один оборот он сделает за 240 тактов. Соответствующее чередование тока в обмотках шагового двигателя обеспечивается спе-

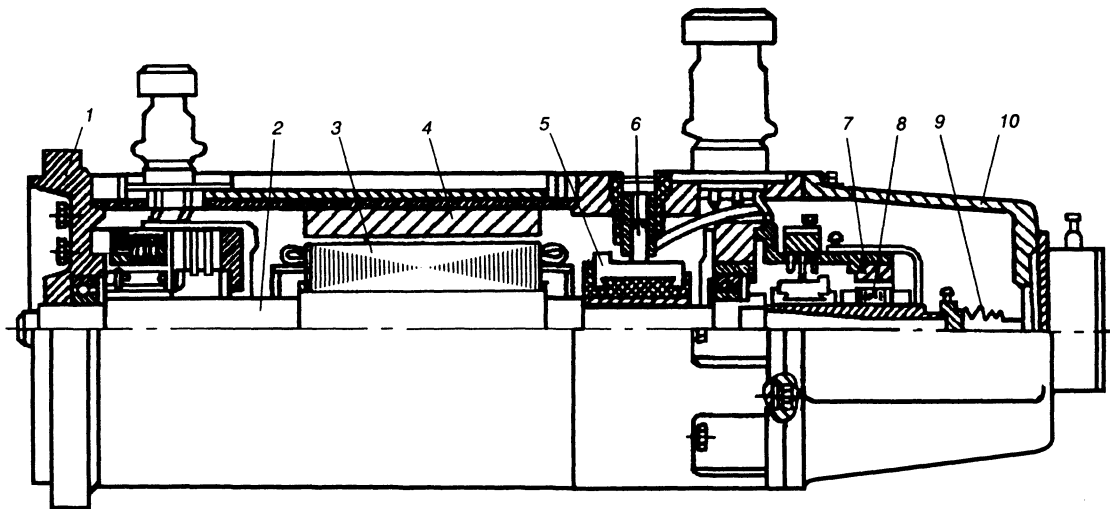


Рис. 49. Высокомоментный электродвигатель

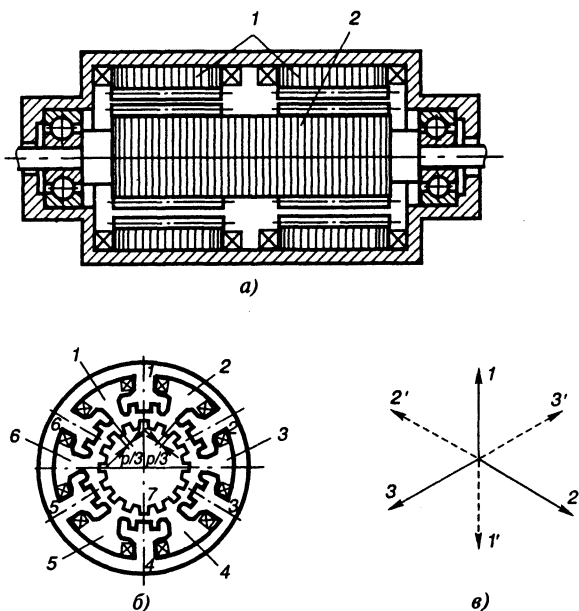


Рис. 50. Шаговый электродвигатель

Шаговый электродвигатель (*ШД*) обрабатывает импульсы, поступающие из системы ЧПУ. При обработке импульса вал 1, поворачиваясь через редуктор 2, заставляет вращаться винт 3, ввернутый в гайку 4, жестко соединенную с ротором гидромотора 5. При неподвижном гидромоторе поворот винта заставит соединенный с ним золотник 8 переместиться, например, вправо от среднего положения, в результате чего в трубопроводе 6, идущем от золотника к гидромотору, повысится давление, а в трубопроводе 7 понизится, и образовавшийся перепад давления создаст крутящий момент на гидромоторе. Поворачиваясь, ротор гидромотора повернет гайку 4, которая через винт 3 возвратит золотник в среднее положение. При непрерывной подаче импульсов на *ШД* вал гидромотора будет вращаться со скоростью, пропорциональной частоте импульсов, и золотник будет смещен от среднего положения на величину, обеспечивающую пропуск масла, необходимого для вращения гидромотора.

В приводе с золотником осевого перемещения исключен ряд недостатков конструкции гидроусилителя момента с поворотным золотником. Так, вследствие изменения передаточного отношения редуктора и шага винтовой пары представляется возможным в широких пределах изменять коэффициент усиления в прямой цепи воздействия

специальными кодовыми преобразователями, основными элементами которых являются счетчики импульсов со схемами обратных связей и мощные усилители, обеспечивающие ток в обмотках. При напряжении 48 В шаговый двигатель обеспечивает частоту вращения до 4000 мин^{-1} , что соответствует 1600 Гц.

Конструктивная схема электропривода, состоящего из шагового электродвигателя и гидравлического усилителя моментов (ГУМ) показана на рис. 51. Ша-

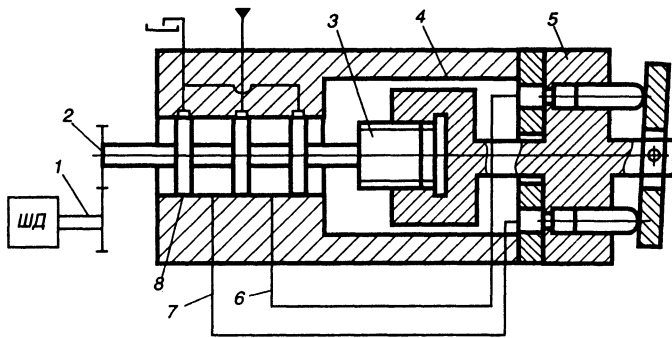


Рис. 51. Шаговый электрогидропривод

и в обратной связи привода. В результате длину рабочего окна и его проходное сечение выполняют достаточным для пропуска больших потоков масла к гидродвигателю и, таким образом, гидравлическая часть привода не лимитирует скорость привода.

Промышленность выпускает электрогидравлические шаговые приводы подачи (гидроусилители) для металлорежущих станков типа 332Г18-3 и электрогидравлические поворотные следящие приводы типа СП. Приводы предназначены для перемещения рабочих органов станков и других машин с ЧПУ в соответствии с электроимпульсами, подаваемыми на вход. Величина перемещения определяется числом поданных импульсов, а скорость — частотой их следования. Приводы работают на чистых минеральных маслах с кинематической вязкостью от 20 до 2000 Ст при температуре от 3 до 50°. Температура окружающей среды от 5 до 40°. Тонкость фильтрации 10 мкм. Приводы состоят из аксиально-поршневого гидромотора, следящего устройства, соединенного с валом гидромотора и шагового электродвигателя.

Электрогидравлический поворотный СП предназначен для осуществления поворотных движений механизмов промышленных роботов, станков, прессов и других машин различного технологического назначения по программе, поступающей на привод в виде электрических сигналов от задающего устройства.

В состав привода входят поворотный гидродвигатель типа ДПГ, дросселирующий распределитель типа УГЭ8, регулируемый дроссель, предохранительные клапаны, переходные плиты и редуктор с датчиками обратной связи.

Величина скорости вращения выходного вала и его направление определяются величиной и полярностью электрического сигнала, поступающего на обмотку управления дросселирующего распределителя.

1.5. ГИДРООБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Назначение и область применения гидропривода в станках. Широкое распространение получили станки с гидроприводом, который применяют в качестве привода главного движения и движения подачи станка, для переключения скоростей, торможения, зажима заготовок, автоматизации управления циклом работы станка и т. д. В таких станках, как шлифовальные, протяжные, копировально-фрезерные, поперечно-строгальные и другие, гидропривод является основным видом привода. Под гидроприводом понимают совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов станков посредством рабочей жидкости, подаваемой под давлением. Гидропривод позволяет существенно упростить кинематику станков, снизить их металлоемкость, повысить точность, надежность работы, а также уровень автоматизации. Гидроприводами оснащают более половины изготавливаемых промышленных роботов и манипуляторов.

Широкое применение гидропривода объясняется тем, что он дает возможность бесступенчато регулировать скорости в широких пределах, плавно реверсировать движущиеся органы станка, автоматически предохранять его от перегрузки, легко обеспечивать смазывание и др. Гидрофицированные станки компактнее, их детали и узлы можно легко стандартизировать и нормализовать. Недостатками гидропривода являются утечка рабочей жидкости через уплотнение и зазоры, проникновение воздуха в рабочую жидкость, изменение свойств рабочей жидкости в зависимости от температуры и др.

В гидросистемах имеются объемные, гидравлические и механические потери. Объемные потери обусловлены утечками рабочей жидкости в гидросистеме, гидравлические — снижением давления (внутренним трением масла), механические — трением сопряженных поверхностей. Полный КПД гидропривода: $\eta = \eta_{об} \cdot \eta_r \cdot \eta_m$, где $\eta_{об}$, η_r , η_m — соответственно объемный, гидравлический и механический КПД гидропривода.

Нормальная работа гидросистем во многом зависит от вида рабочей жидкости. Жидкость должна обладать достаточной вязкостью, быть однородной, иметь хорошую смазывающую способность, предохранять механизмы станка и привода от коррозии, не окисляться, не образовывать отложений, не выделять паров, сохранять свои свойства при изменении температуры, давления, скорости и направления движения и должна удовлетворять требованиям пожарной безопасности. Таким требованиям наиболее полно отвечают минеральные масла и их смеси.

Основной характеристикой при выборе масел является индекс вязкости, который показывает изменение вязкости масла в зависимости от его температуры. Чем больше индекс, тем качественнее сорт масла, тем лучше оно очищено. Наилучшим для гидропривода станков

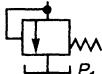
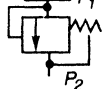
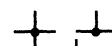
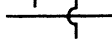
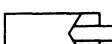

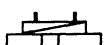
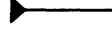
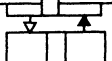





является индекс вязкости масла 90. В маслах с высоким индексом вязкость изменяется меньше при повышении температуры и давления.

Для улучшения эксплуатационных характеристик минеральных масел (улучшения смазочной способности, замедления процесса окисления, уменьшения пенообразования, снижения зависимости вязкости от температуры и др.) в них вводят специальные присадки (вещества, позволяющие изменять некоторые свойства, принципиально не изменяя строение компонентов основы).

Как правило, гидропривод металлорежущего станка состоит из следующих основных частей: бака с рабочей жидкостью, гидронасоса, подающего рабочую жидкость в гидросистему, гидроаппаратуры, предназначенной для изменения или поддержания заданного постоянного давления или расхода рабочей среды, гидроцилиндров для прямолинейного перемещения исполнительных органов станка или гидромоторов для вращательного движения, трубопроводов, соединяющих элементы гидропривода в единую гидросистему. Применяемые в станках гидроприводы работают с давлением масла до 20 МПа.

При изображении гидравлических схем используют условные обозначения, основные из которых приведены в табл. 6.

6. Условные графические обозначения элементов гидро- и пневмоприводов

Наименования	Условные обозначения	Наименования	Условные обозначения
Линии связи (трубопроводы):		Клапан предохранительный с собственным управлением	
всасывания, напора, слива	_____	Клапан дифференциальный	
управления	-----		
дренажные	-----		
Соединение линий связи		Гидроцилиндры двустороннего действия:	
Перекрещивание линий связи		с двусторонним штоком	
Трубопровод гибкий		с односторонним штоком	
Подвод жидкости		с дифференциальным поршнем	
Слив жидкости			
Гидробак		плунжерный одностороннего действия	
Фильтр			
Насосы:			
с постоянным потоком			

Наименования	Условные обозначения	Наименования	Условные обозначения
регулируемые		Распределитель: четырёхлинейный двухпозиционный	
Гидромоторы: с постоянным на- правлением потока		четырёхлинейный трехпозиционный	
регулируемые			
Гидроклапан обратный		Тип управления рас- пределителя:	
Кран		ручное	
Дроссель:		от кулачка	
нерегулируемый		пружиной	
регулируемый			
Регулируемый орган:		от рукоятки с фикса- тором	
нормально закрытый		от электромагнита	
нормально открытый		гидравлическое	
Гидроусилитель		электрогидравличес- кое	
		Камера мембранная двустороннего действия	

Принцип работы и типовые схемы гидропривода для поступательно-вращательного движения. Циркуляция масла в гидравлической системе обычно открытая, реже закрытая. В открытых системах масло, совершившее работу, поступает на слив в бак, в закрытых масло циркулирует, минуя бак. По принципу регулирования скорости движения рабочих органов различают две группы приводов: с объемным регулированием и дроссельным.

Гидравлический привод с объемным регулированием для осуществления вращательного движения приведен на рис. 52, а. Привод включает в себя насос и гидромотор; они могут быть смонтированы отдельно или соединены в один агрегат. Насос 1 нагнетает масло в

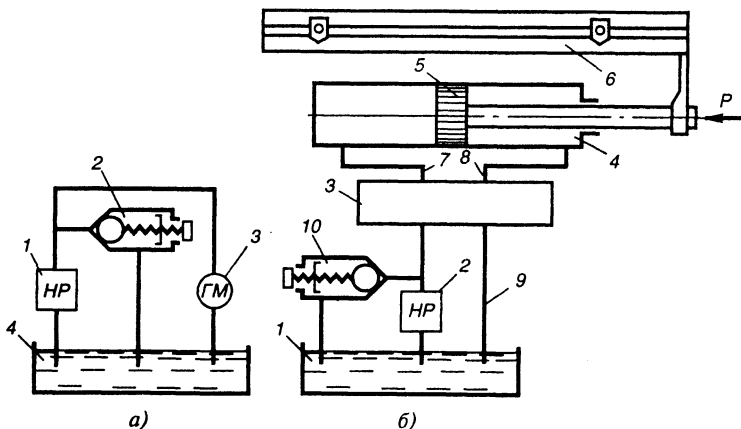


Рис. 52. Гидравлическая схема привода с объемным регулированием скорости движения

гидромотор 3 и выходной вал гидромотора получает вращение. Отработавшее масло сливается в бак 4. Для предотвращения перегрузки и ограничения передаваемого крутящего момента установлен предохранительный клапан 2. При увеличении давления масла выше установленного предела клапан срабатывает, сливая избыток масла. Частота вращения вала гидромотора $n_m = Q_m/q_m$ об/с, где Q_m — объем масла, подаваемого к гидромотору в единицу времени, $\text{м}^3/\text{с}$; q_m — рабочий объем масла, необходимый для совершения одного оборота вала гидромотора, $\text{м}^3/\text{об}$.

Регулирование величины n_m осуществляется изменением Q_m (регулированием насоса) при постоянном рабочем объеме q_m либо изменением этого объема (регулированием гидромотора) при постоянном расходе масла Q_m . Первый способ регулирования применяют при небольших мощностях, второй — при больших.

Гидравлический привод с объемным регулированием для осуществления прямолинейного движения состоит из насоса 2 с регулируемой производительностью, распределительного устройства 3 (рис. 52, б), предназначенного для изменения направления потоков масла, силового цилиндра 4, поршня 5 со штоком и соединенного с ним стола или суппорта 6. Масло подается в распределительное устройство 3. В зависимости от положения рабочего звена (золотника, крана) оно может быть направлена либо на слив в бак, либо в одну из полостей гидроцилиндра 4. В первом случае поршень 5 гидроцилиндра будет неподвижен. Если золотник поставить в положение, при котором масло по трубопроводу 7 поступит в левую полость гидроцилиндра, поршень 5 начинает двигаться вправо. Масло, находящееся в правой полости

гидроцилиндра, будет вытесняться через трубопровод 8, распределительное устройство 3 и трубопровод 9 и сливаться в бак 1. В конце хода поршня распределительное устройство переключается, масло по трубопроводу 8 поступает теперь в правую полость гидроцилиндра и поршень движется влево, вытесняя на слив масла из левой полости. Предохранительный клапан 10 служит для защиты системы от перегрузки. Если давление в левой полости гидроцилиндра « p » (н/м^2), а рабочая площадь сечения поршня F (м^2), то $p = P/F$, н/м^2 . Давление в цилиндре устанавливается в зависимости от величины силы P .

Скорость перемещения поршня определяется объемом масла, нагнетаемого насосом в силовой цилиндр. Поэтому регулирование скорости в рассматриваемом случае осуществляется регулированием производительности насоса. Такую систему гидравлического привода называют системой с объемным регулированием. Пусть Q_n ($\text{м}^3/\text{с}$) — объем масла, подаваемого насосом в единицу времени при отсутствии давления в гидросистеме. Во время работы передачи и при наличии полезного сопротивления в цилиндр попадает не все количество масла Q_n , а $Q = Q_n - \Delta Q_n$. Здесь $\Delta Q_n = f/p$ утечки масла в самом насосе и системе, возрастающие с повышением давления « p ». Скорость перемещения поршня $V = Q/F = (Q_n - \Delta Q_n)/F$, м/с .

Анализ последней формулы показывает, что с изменением нагрузки P , следовательно, и давления « p » изменяется величина утечки масла, а вместе с ней и скорость движения поршня. Это делает рассматриваемую схему циркуляции малоприспособленной для привода, у которого полезная нагрузка непрерывно колеблется.

Насосы используются для нагнетания рабочей жидкости в гидросистему. Работа насосов характеризуется такими показателями, как производительность, рабочее давление, развиваемая мощность.

Производительностью (расходом или подачей) насоса называется объем масла, подаваемого им в единицу времени. Суммарные изменение объема рабочих камер насоса за один оборот ротора называют рабочим объемом насоса q_n . Он характеризует теоретический объем масла, подаваемого насосом за один оборот ротора.

Если ω — объем одной рабочей камеры в м^3 , Z — число камер, то рабочий объем насоса: $q_n = \omega Z$. Теоретическая производительность насоса $Q_{\text{тн}} = q_n \cdot n_n$, $\text{м}^3/\text{с}$, где n_n — число оборотов ротора в секунду.

Фактическая производительность будет меньше теоретической на величину утечек, основную часть которых составляют утечки в самом насосе. Объем теряемого масла зависит от давления и учитывается объемным КПД — $\eta_{\text{об}}$, который представляет собой отношение фактического объема масла, подаваемого насосом под давлением, к теоретическому объему масла, подаваемого насосом при отсутствии

давления: $\eta_{об} = Q_n / Q_{тн}$. Фактическая производительность насоса: $Q_n = Q_{тн} \cdot \eta_{об} = q_n \cdot n_n \cdot \eta_{об}$, м³/с.

Мощность на валу насоса $N_n = P_n \cdot Q_n / \eta_n$, Вт, а величина передаваемого крутящего момента $M_k = N_k / 2\pi \cdot n_n$. Здесь p_n давление, развиваемое насосом, н/м², η_n — механический КПД насоса.

В станкостроении используются, как правило, объемные насосы следующих типов: шестеренные, пластинчатые, аксиально- и радиально-поршневые.

Шестеренные насосы с внешним зацеплением зубчатых колес широко применяются в приводах станков. Это объясняется простотой их изготовления и эксплуатации, малыми габаритами и массой, сравнительно высоким КПД, достаточной надежностью. Шестеренный насос состоит из корпуса 3, в котором с малыми зазорами вращаются ведущее 2 и ведомое 1 зубчатые колеса (рис. 53). Там, где зубья колес выходят из зацепления, создается разреженная зона В, масло всасывается и переносится впадинами между зубьями в зону Н нагнетания, где зубья колес входят в зацепление, выталкивают масло из впадин и создают повышенное давление.

У большинства типоразмеров насосов частота вращения вала 1450 мин⁻¹, номинальное давление 4—10 МПа, высота всасывания 0,5 м, подача 5—8 л/мин, потребляемая мощность 0,12—0,18 кВт, объемный КПД составляет 0,7—0,72. Если h — высота зуба, t — шаг зацепления, b — длина зуба, то объем одной впадины зубчатого колеса $\omega = 0,5htb$, м³. Так как всего впадин 2Z, то рабочий объем насоса $q_n = htbz$, м³.

К недостаткам шестеренных насосов относятся: наличие полости с заземленным объемом рабочей жидкости, значительный шум при работе, пульсация нагнетаемой жидкости.

В гидропроводах станков при требуемой мощности 7—10 кВт обычно применяются нерегулируемые пластинчатые насосы серии Г1202М одинарного и сдвоенного исполнения: подача 5—200 л/мин, максимальное давление 6,3—12,5 МПа, частота вращения ротора 950—1450 мин⁻¹.

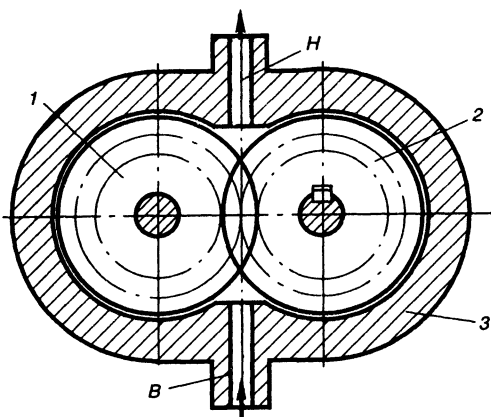


Рис. 53. Схема шестеренного насоса:

1 — ведомое зубчатое колесо, 2 — ведущее зубчатое колесо, 3 — корпус; В — разреженная зона, Н — зона нагнетания

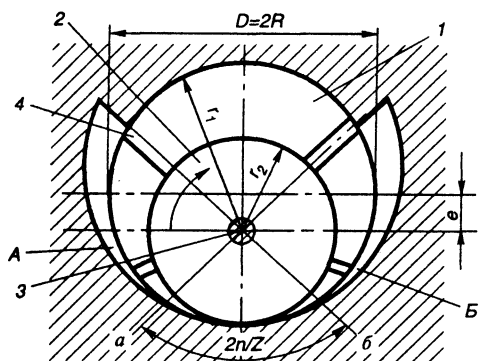


Рис. 54. Пластинчатый насос однократного действия:

1 — статор, 2 — ротор, 3 — вал, 4 — пластины; e — эксцентриситет, A — всасывающее окно, B — нагнетающее окно

На рис. 54 показана конструктивная схема пластинчатого насоса однократного действия. Насос состоит из вала 3, статора 1, ротора 2, в пазах которого расположены пластины 4. Статор расположен эксцентрично ротору (e — эксцентриситет). На боковых крышках корпуса имеются два окна: всасывающее A и нагнетающее B . Размер перемычки между окнами должен быть не более углового размера между соседними пластинами.

Во время работы насоса пластины постоянно прижимаются к статору пружинами, а также центробежными силами.

Из-за наличия эксцентриситета они совершают сложное движение: вращаются вместе с ротором и перемещаются (возвратно-поступательно) в пазах ротора. При вращении ротора по часовой стрелке рабочие камеры, расположенные слева от вертикальной линии, сообщаются со всасывающим окном A . Их объемы увеличиваются, возникает вакуум, и рабочая жидкость под действием перепада давления поступает из бака и заполняет рабочие камеры. Происходит процесс всасывания. В зоне перемычек между окнами объемы рабочих камер не изменяются. Рабочие камеры насоса, расположенные справа от вертикальной линии, сообщаются с нагнетающим окном B . Их объемы уменьшаются, и находящаяся в них рабочая жидкость вытесняется через окно B на выход из насоса и нагнетается далее в напорную линию гидропривода. Происходит процесс нагнетания. Рабочий объем насоса регулируют, изменяя эксцентриситет. Для разгрузки опор ротора насоса от радиальных сил, возникающих от действия давления, применяют пластинчатые насосы двукратного действия.

Пластины насоса изготавливают из быстрорежущей стали и закаливают до твердости HRC 60...64. Статоры пластинчатых насосов изготавливают из легированных сталей (например, ШХ15) с шероховатостью $Ra = 0,1$ мкм. Роторы изготавливают из легированной стали 20Х и закаливают до твердости HRC 59—60, шероховатость боковых торцов $Ra = 0,025$ мкм, шероховатость пазов $Ra = 0,020$ мкм.

Количество масла, подаваемого за один цикл всасывания и нагнетания, приблизительно принимают равным объему масляного кольца, имеющего наружный радиус r_2 (рис. 54), внутренний r_1 и высоту, равную

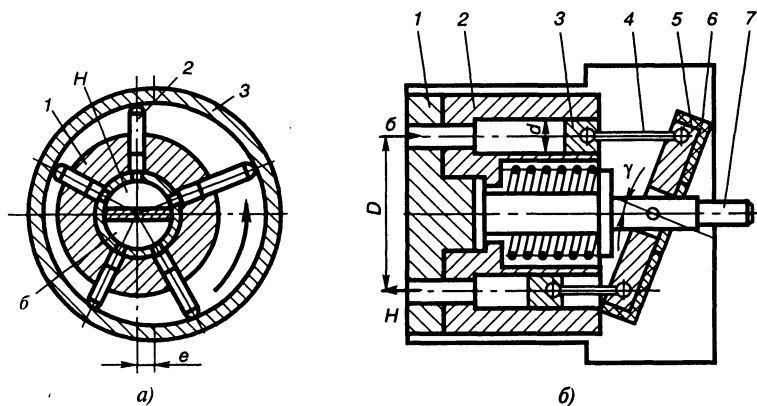


Рис. 55. Поршневые насосы:

a — радиально-поршневой насос: 1 — ротор, 2 — поршень, 3 — обойма; 6 — аксиально-поршневой насос: 1 — корпус, 2 — блок цилиндров, 3 — поршни, 4 — шатуны, 5 — диск, 6 — статор, 7 — ведущий вал

ширине лопатки. Так как за один оборот ротора такой объем подается дважды, то $q_1 = 2nb(r_1^2 - r_2^2)$, где q_1 — общий объем масла, b — ширина лопатки.

Из этого объема необходимо вычесть объем, занимаемый лопатками, если Z — количество лопаток (обычно 12), S — толщина их (обычно 0,00225—0,0025) и α — угол наклона пазов (не более 13°), то искомый объем $q_2 = (2bS(r_1 - r_2)Z)\cos\alpha$. Рабочий объем насоса $q_n = q_1 - q_2 = 2b(n(r_1^2 - r_2^2) - Zb(r_1 - r_2))\cos\alpha$.

Поршневые насосы, применяемые в станкостроении, изготовляют с радиальным и осевым (аксиальным) расположением поршней: давление 5—30 МПа; подача 18—600 л/мин; КПД составляет 0,95—0,98.

На рис. 55, *a* приведена принципиальная схема радиально-поршневого насоса. Ротор 1 с радиально расположенными в нем поршнями 2 вращается внутри обоймы 3. Ось ротора смещена относительно оси обоймы на величину эксцентриситета e . При вращении ротора поршни, прижимаясь (под действием центробежных сил) к обойме, совершают возвратно-поступательное движение. Перемещаясь от центра, они засасывают жидкость из полости б. При дальнейшем вращении ротора поршни возвращаются и подают жидкость в полость H нагнетания под большим давлением. Поршни могут располагаться в несколько рядов, чем достигается большая равномерность подачи жидкости. Изменением величины e можно регулировать подачу насоса.

Рабочий объем камеры $\omega = (\pi d^2 h)/4 = (\pi d^2 e)/2$, m^3 , где d — диаметр поршня в м; h — ход поршня в м; e — величина эксцентриситета в м. Поршневой насос с осевым (аксиальным) расположением поршней

(рис. 55, б) состоит из корпуса 1, ротора 2 (блока цилиндров), статора б, поршней 3, шатунов 4, диска 5, ведущего вала 7. К торцу корпуса прижат ротор, в котором размещают поршни. Последние с помощью шатунов связаны с диском, который установлен в статоре под некоторым углом к оси ведущего вала. Ротор и диск соединены с валом шлицами и шарниром. Таким образом, вместе с ведущим валом вращаются ротор, поршни, шатуны и диск. Так как диск установлен под углом, при этом вращении поршни совершают возвратно-поступательное движение. При движении поршней вправо масло через соответствующие каналы в корпусе и отверстие в роторе всасывается из всасывающей гидролинии, а при движении поршней влево нагнетается в нагнетательную гидролинию. Поворотом статора можно изменить положение диска относительно оси ведущего вала, величину осевого хода поршня, а значит, и подачу насоса.

Величина хода поршня $h = D \operatorname{tg} \gamma$. Следовательно, рабочий объем одного цилиндра $\omega = (\pi d^2 \eta) / 4 = (\pi d^2 D \operatorname{tg} \gamma) / 4$, а рабочий объем насоса $g_n = (\pi d^2 D Z \operatorname{tg} \gamma) / 4$, м³. Здесь Z — число цилиндров.

Гидроклапаны применяются в различных устройствах приводов станков и автоматических линий, в частности, где требуется надежная фиксация рабочего органа от самопроизвольного перемещения вследствие утечек жидкости через неплотности сопрягаемых деталей или уплотнений, а также при повреждении гидролиний, находящихся за клапаном. Гидроклапаны контролируют давление в сетях.

В гидроприводах станков применяют предохранительные, подпорные, переливные и редуционные гидроклапаны.

Гидроклапан предохранительный с переливным золотником типа ПГ 52-12 (рис. 56, а) предназначен для предохранения гидросистемы от перегрузки при повышении давления и установления верхнего предела давления для гидросистемы. Масло из нагнетательной линии через канал «а» и демпферное отверстие «б» в золотнике 5 поступает в полость «е» и под шариковый клапан 2, настроенный на определенное давление. Пока давление в системе не превысит усилие, на которое настроена пружина 1, гидравлически уравновешенный золотник 3 пружиной 4 удерживается в крайнем нижнем положении, перекрывая масло на слив. При повышении давления в гидросистеме шариковый клапан 2, преодолевая усилие пружины 1, открывается. Масло из полости «е» по каналу 2 поступает на слив, вследствие чего давление в полости «е» понижается. Равновесие сил, действующих на золотник 5, нарушается. Последний под давлением масла в полостях «д» и «г» поднимается, соединяя линию нагнетания со сливом. Это приводит к уменьшению давления в гидросистеме. При падении давления в системе ниже настройки пружины шариковый клапан 2 закрывается, не допуская прохода масла на слив. При этом давление в полостях «в», «д» и «е» выравнивается и золотник 5 под действием пружины 4

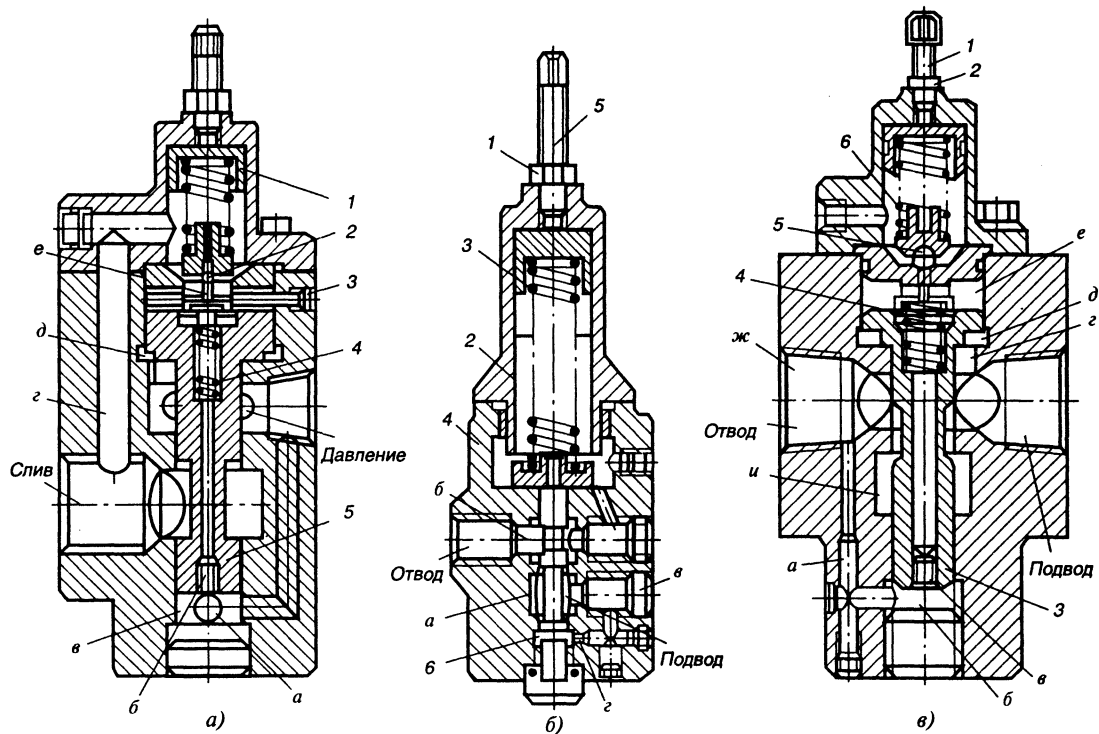


Рис. 56. Переливные редукционные клапаны

опускается, перекрывая слив масла в бак. Регулирование предохранительных клапанов с переливными золотниками производится регулировочным винтом, имеющимся в его верхней части, клапан настраивают на давление 3,5 МПа.

Напорный клапан типа Г52-2 (рис. 56, б) предназначен для предохранения гидросистем от перегрузки, для поддержания в них постоянного давления и для пропуски масла при достижении давления настройки.

Масло подводится в камеру «а» корпуса 1 и отводится через камеру «б». Пружина 3 отжимает золотник б в нижнее крайнее положение, разъединяя камеру «а», находящуюся под давлением, с камерой «б». Одновременно через отверстия «в» и «г», которые соединяются с камерой «а», давление подается под нижний торец золотника б. Когда давление в системе возрастает настолько, что преодолевает усилие пружины 3, золотник б перемещается вверх, камеры «а» и «б» соединяются и масло под давлением проходит через напорный клапан. Давление настройки регулируется поворотом винта 5, который фиксируется гайкой 4 в крышке 2.

Редукционный клапан Г57-1 (рис. 56, в) предназначен для понижения давления, развиваемого насосом в гидросистеме, и поддержания давления на одном уровне. Гидроклапан Г57-1 имеет одно присоединительное отверстие для подвода масла, два — для отвода масла. При монтаже гидроклапана трубопровод присоединяют к одному из отверстий для отвода масла, другое закрывают пробкой. Масло из линии нагнетания через полости «ж» и канал «а» поступает в полость «б», по каналу «г» в полость «д» под золотником 3 через демпферное отверстие «в» в полость «е» и под шариковый клапан 5. При давлении, ниже которого настроена пружина б, золотник 3 удерживается пружиной 4 в крайнем нижнем положении, чем обеспечивается наибольшее проходное сечение. При повышении давления шариковый клапан преодолевает усилие пружины б. При этом давление в полости «е» понижается, нарушается равновесие золотника 3, который поднимается и уменьшает проходное сечение из полости «и» в полость «ж», что приводит к понижению давления в полости «ж».

Если давление в полости «ж» падает ниже настроенного пружиной б, то шариковый клапан 5 закрывает слив масла. Давление в полостях «б», «д» и «е» выравниваются, а золотник опускается, открывая проход масла из полости «и» в полость «ж», давление в которой повышается. Настройка клапана на заданное давление осуществляется поворотом винта 1, который фиксируется контргайкой 2.

Конструкция редукционного клапана типа М-КР показана на рис. 57, а. Рабочая жидкость из напорной гидролинии поступает в полость «а» и при нижнем положении редукционного клапана «б» свободно проходит в полость «в», а из нее к гидроаппарату, где требуется редукционное давление. Одновременно из полости «в» по демпферному

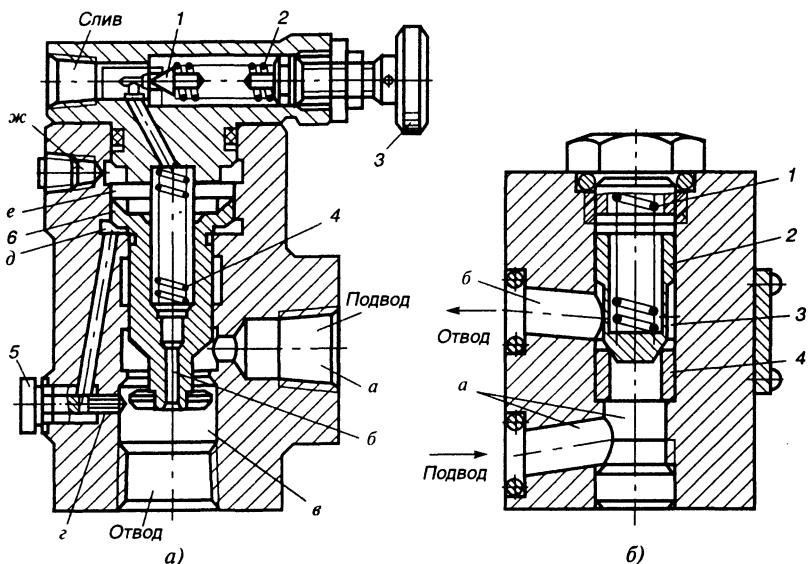


Рис. 57. Редукционные гидроклапаны

отверстия «з» пробки 5 рабочая жидкость подается в полость «д» под поршень демпфирующего золотника б, а по демпферному отверстию «б» — в полость «е» и далее по каналу, имеющемуся в крышке, под конусный клапан 1, который предварительно винтом 3 настраивается на необходимое редуцированное давление. Пока редуцированное давление в системе не преодолевает усилие пружины 2 конусного клапана 1, который предварительно винтом 3 настраивается на необходимое редуцированное давление, гидравлически уравновешенный золотник б удерживается пружиной 4 в крайнем нижнем положении, что соответствует максимальному проходному сечению из полости «а» в полость «в».

При повышении редуцированного давления клапан 1, преодолевая усилие пружины 2, откроется и пропустит рабочую жидкость в гидростроение слива. При этом вследствие сопротивления демпферного отверстия «б» давление в полости «е» станет меньше, чем в полостях «в» и «д». Равновесие сил, действующих на золотник б, нарушится, и он начнет подниматься вверх, перекрывая проход жидкости из полости «а» в полость «в». Если редуцированное давление уменьшится, клапан 1 закроется. При этом давление в полостях «в», «д», «е» выравняется и золотник б под действием пружины 4 опускается, увеличивая проход из полости «а» в полость «в». При дистанционном управлении присоединяется к отверстию «ж», которое в обычном исполнении закрыто пробкой.

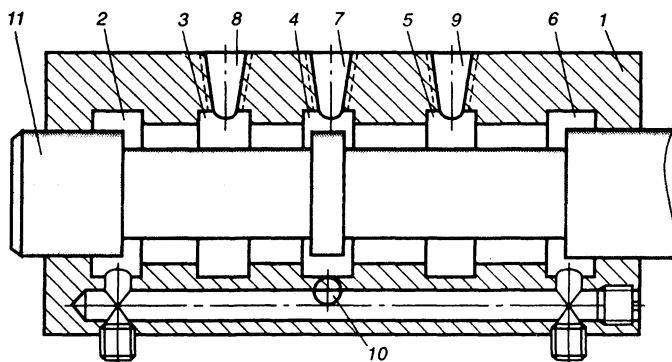


Рис. 58. Схема трехпозиционного реверсивного золотника

Обратный клапан типа Г51-2 (рис. 57, б) предназначен для пропуска масла только в одном направлении. Клапан 2 усилием пружины 1 прижимается своей конической частью к внутренней фаске 3 втулки 4. Масло под давлением подводится в отверстие «а» и клапан 2 отходит от втулки 4, сжимая пружину 1, и тем самым открывая проход маслу через отверстие «б» в гидросистему. При изменении направления потока масла в гидросистеме оно плотно прижимает клапан 2 к втулке 4, закрывая проход масла в обратном направлении.

Гидрораспределительные устройства предназначены для направления потоков масла в различные участки гидравлической системы привода. Получили распространение реверсивные и вспомогательные устройства, изменяющие направление потоков масла.

На рис. 58 приведена принципиальная схема работы трехпозиционного реверсивного золотника. Корпус 1 имеет пять камер 2—6. В камере 4 через отверстие 7 подводится масло. Камеры 3 и 5 связаны с полостями силового цилиндра, а камеры 2 и 6 со сливом через отверстие 10. Когда золотник 11 находится в среднем положении, все камеры сообщаются между собой, и масло, поступающее в камеру 4, сливается в бак. При перемещении золотника влево разобщаются камеры 3 и 4, 5 и 6. Масло из камеры 4 через отверстие 9 нагнетается в правую полость силового цилиндра. Масло, вытесняемое из левой полости через отверстие 8, поступает в камеру 3 и оттуда на слив. Перемещение золотника вправо изменяет направление потоков масла.

По количеству положений золотники делятся на двух-, трех- и многопозиционные. По способу перемещения различают золотники с ручным, электрическим и гидравлическим управлением.

Применяемые распределительные устройства рассчитаны на расход масла 0,13—8,3 л при давлении 3—100 · 10⁵ н/м². Перепад давления масла при прохождении через золотник составляет (1,5...2) · 10⁵, н/м².

Гидроцилиндром называется объемный гидродвигатель с поступательным движением выходного звена. В зависимости от необходимых усилий на штоке и скорости его перемещения в различных направлениях применяются различные конструкции гидроцилиндров и различные их включения в гидросистему.

В гидроцилиндре двустороннего действия (рис. 59, а, б, в) движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно в двух противоположных направлениях; в гидроцилиндре одностороннего действия (рис. 59, г, д, е) движение выходного звена под действием рабочей жидкости возможно только в одном направлении. Наиболее широко применяют в гидроприводах металлорежущих станков гидроцилиндры двустороннего действия с односторонним штоком. В гидроцилиндре (рис. 59, а) скорость движения поршня при подаче рабочей жидкости в бесштоковую полость будет меньше, а усилие на штоке больше, чем при подаче рабочей жидкости в штоковую полость. Такое движение используется во время рабочего хода. В обратную сторону движение осуществляется при холостых ходах. Такие гидроцилиндры характеризуются диаметром поршня D , диаметром штока d , а также величиной хода H .

Скорость перемещения поршня зависит от величины рабочего сечения поршня. Для цилиндров с двусторонним штоком скорость движения поршня в обе стороны одинакова.

В цилиндрах с односторонним штоком скорости перемещения, как сказано выше, будут различны. Если расход масла, поступающего в левую и правую полости одинаков, то $Q = V_1\pi D^2/4 = V_2\pi(D^2 - d^2)/4$, где V_1 и V_2 — скорости движения поршня (цилиндра) при подаче масла в левую и правую полости.

Отсюда $V_1/V_2 = (D^2 - d^2)/D^2 = 1 - (d^2/D^2)$, диаметр штока принимают в пределах $(0,25...0,4)D$, что дает $V_1/V_2 = 0,94 : 0,84$. Данная схема установки силовых цилиндров является наиболее распространенной, особенно в тех случаях, когда один из ходов поршня ускоренный.

В гидроцилиндрах одностороннего действия жидкость подается только в бесштоковую полость. В обратную сторону поршень перемещается под действием пружины (рис. 59, д) либо под действием упругих сил самого цилиндра (рис. 59, е). Такие гидроцилиндры используются, как правило, в приспособлениях для зажима заготовок. Плунжерные гидроцилиндры (рис. 59, з) отличаются простотой изготовления. В некоторых приводах станков перемещается не шток, а корпус гидроцилиндра; в этом случае жидкость подается посредством гибких трубопроводов. Мембранные и сильфонные гидроцилиндры (рис. 59, в, з) выполняются с плоской и гофрированной мембраной.

Поворотными называют объемные гидродвигатели с ограниченным углом поворота выходного вала (рис. 60). Для осуществления поворотного движения рабочую жидкость попеременно подают в рабочие полости гидродвигателя. Поворотные гидродвигатели практически без-

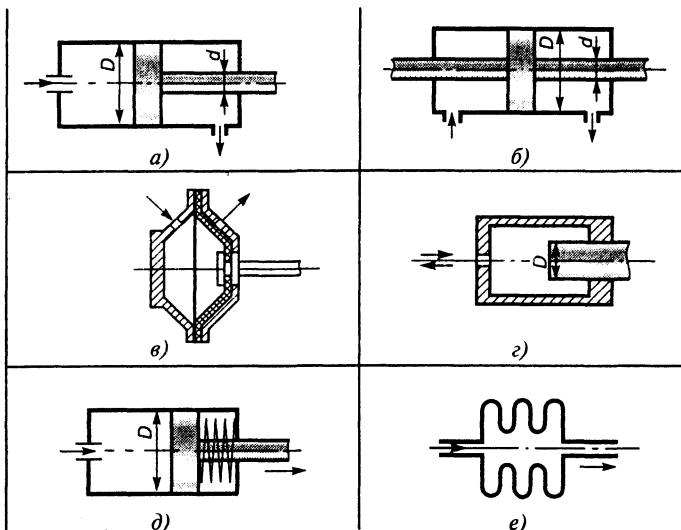


Рис. 59. Типы гидроцилиндров:

a — поршневой двустороннего действия, *б* — поршневой двустороннего действия с двусторонним штоком, *в* — мембранный двустороннего действия, *г* — плунжерный одностороннего действия, *д* — поршневой одностороннего действия, *е* — сильфонный одностороннего действия

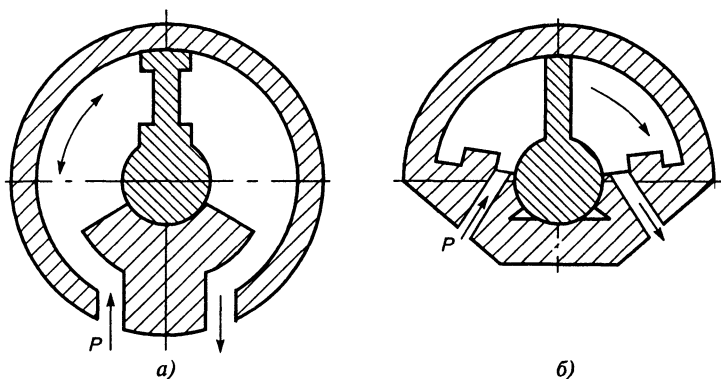


Рис. 60. Поворотные гидродвигатели:

a — фигурно-шиберный, *б* — пластинчатый

ынерционные. Их применяют при давлениях до 20 МПа. В качестве рабочей жидкости используют минеральные масла и эмульсии.

Гидромоторы являются гидродвигателями вращательного движения. Они условно подразделяются на низко- и высокомоментные. К

низкомоментным относятся шестеренные, винтовые, пластинчатые и аксиально-поршневые. Высокомоментными условно называют тихоходные гидромоторы, предназначенные в основном для использования в гидроприводах редукторов.

Наибольшее распространение получили роторные аксиально-поршневые гидромоторы, отличающиеся компактностью, высоким КПД, пригодные для работы при высокой частоте и давлении и обладающие сравнительно малой инерционностью. Важным параметром гидромотора является приемистость при регулировании частоты вращения ротора. Наиболее распространенное число цилиндров ротора 7—9, диаметр цилиндра 10—50 мм, частота вращения в роторе 1000—25000 мин⁻¹, мощность до 100 кВт, КПД до 93 %.

В приводах станков с ЧПУ нашли применение нерегулируемые аксиально-поршневые гидромоторы серии Г-15-2. Принцип работы гидромоторов аналогичен принципу работы насосов соответствующих конструкций. Частота вращения ротора гидромотора зависит от подачи рабочей жидкости на вход гидромотора.

Гидроусилителем называется усилительное гидравлическое устройство, сообщающее ведомому звену исполнительного механизма движения, согласованного с перемещением ведущего звена чувствительного элемента. Обладая высокой точностью согласованных движений, надежностью работы, быстродействием, малыми габаритами, большим коэффициентом усиления, они получили широкое распространение в гидрокопировальных станках. Незначительные силы, действующие на чувствительный элемент, позволяют использовать копиры, изготовленные не только из металла, но и из пластмасс, дерева, гипса и др.

Гидроусилители характеризуются коэффициентом усиления, который определяется как отношение выходного усилия P (на поршне силового цилиндра) к выходному усилию C (на штоке золотника). Величина может достигать больших значений (до $3 \cdot 10^5$). Другим показателем работы гидроусилителя является коэффициент добротности $D = K_p/T$; $T = \%$; 0,05...0,01 с — постоянная времени.

В схеме усилителя крутящих моментов (рис. 61) в качестве силового

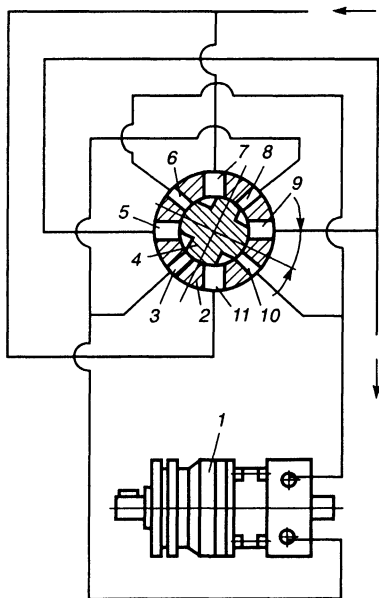


Рис. 61. Схема усилителя крутящих моментов

органа применен гидромотор *1*, выходной вал которого соединен с исполнительным механизмом. Чувствительным элементом является крановый золотник. Втулка *2* золотника жестко соединена с правым концом вала гидромотора, а пробка *4* — с задающим устройством. Масло от насоса через отверстия *7* и *11* подается к золотнику. При нейтральном положении пробки *4* относительно втулки *2* указанные отверстия закрыты. Вращение вала гидродвигателя задается угловым положением пробки *4*. Тогда масло из золотника через отверстия *6* и *10* поступает в гидромотор, а по отводящей трассе через отверстия *3*, *8*, *5* и *9* — на слив. Вместе с валом вращается по часовой стрелке и втулка *2*. Вращение происходит до тех пор, пока она относительно пробки не окажется в нейтральном положении. В связи с необходимостью пропуска через щели золотника масла, потребляемого гидромотором, наблюдается некоторое отставание выходного вала от входного на угол δ (см. рис. 61). Величина δ зависит от числа оборотов вала гидромотора, нагрузки, давления масла.

Рабочие органы станков при вращении входного вала перемещаются вручную при помощи гидроусилителей совместно с винтовой и реечной парами или от электродвигателя малой мощности. Если входной вал вращается при помощи импульсного электродвигателя, гидравлический двигатель работает как шаговый.

Контрольные вопросы

1. Какими показателями характеризуются металлообрабатывающие станки?
2. Как обозначаются металлообрабатывающие станки?
3. Каковы основные технико-экономические показатели металлообрабатывающих станков?
4. Какие основные движения являются формообразующими в станках различного типа? Какими величинами (размерностями) характеризуются основные движения?
5. Какие типовые узлы и механизмы имеет металлообрабатывающее оборудование?
6. В чем заключается общая методика наладки металлообрабатывающих станков?

ГЛАВА 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

При обработке заготовки на металлообрабатывающем станке инструмент совершает относительные перемещения (ходы). Совокупность перемещений, повторяющихся при изготовлении каждой детали, называется циклом обработки. Каждый цикл характеризуется величиной ходов и их последовательностью. В общем случае программа управления станком — это последовательность команд, обеспечивающих заданное функционирование его рабочих органов станка. Программа содержит размерную информацию и команды.

При ручном управлении станком необходимую последовательность команд задает рабочий, который, изучив чертеж и техническую документацию, составляет программу работ, обрабатывает заготовку, контролирует деталь, сравнивает ее с чертежом и при наличии несогласования устраняет возникшие неточности.

При автоматическом управлении станком необходимая последовательность команд задается программоносителем, который может быть выполнен в виде материального аналога (кулачков, копиров, упоров и т. д.). Однако при смене объекта производства нужно изготовить новый программоноситель и осуществить переналадку станка. Станки с таким программным управлением (ПУ) обладают высокой производительностью, но время их переналадки достаточно велико.

Наибольшей гибкостью и быстротой переналадки обладают станки с ПУ, управляемые системами, задающими программу работ в алфавитно-цифровом коде. Управляющая программа (УП) может быть записана на программоносителях в виде перфоленты, перфокарты, гибких магнитных дисков, магнитной ленты. УП можно вводить и вручную, посредством клавишных панелей. Указанные программоно-

сители позволяют автоматизировать процесс подготовки УП и снизить затраты на изготовление программноносителей.

По виду управления станки с ПУ подразделяют на станки с системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ).

Отдельную группу составляют станки с цифровой индикацией и преднабором координат. В таких станках имеется электронное устройство, которому задаются координаты нужных точек (преднабор координат) и крестовый стол, снабженный датчиком положения. Стол выводится в требуемую позицию. При этом на экране электронного устройства высвечивается каждое мгновенное положение стола (цифровая индикация). В таких станках могут использоваться или преднабор координат или цифровая индикация. УП работой станка задается станочником.

Первое поколение станков с ПУ в нашей стране было создано на базе серийно выпускаемых универсальных станков. Их выпуск начался в 1959 г. От базовых моделей станки с ЧПУ отличались только автоматизацией привода подачи. Устройство ЧПУ (УЧПУ) выполнялось на электронных лампах и позволяло получать заданные размеры обрабатываемой заготовки при регулируемой подаче.

Системы управления станков с ЧПУ второго поколения выполнялись на полупроводниковых приборах. Такие системы могли изменять в автоматическом цикле не только скорость подачи, но и частоту вращения шпинделя, давать команды на автоматическую смену инструмента, зажим заготовки, подачу СОЖ и т. д.

Такой этап развития станков с ПУ характеризуется качественным изменением системы ЧПУ (СЧПУ). Для управления станками используют мини-ЭВМ. Это дает возможность создавать станки с высоким уровнем автоматизации и широкими технологическими возможностями — многоцелевые станки. Из станков с ЧПУ komponуются автоматизированные участки с управлением от ЭВМ. На таких участках при их широком оснащении промышленными роботами (ПР) и другими средствами автоматизации появляется возможность реализации «безлюдной» технологии.

Конструктивная сложность изготавливаемой детали и серийность производства во многом определяют использование того или другого вида оборудования. Чем меньше объем выпуска, тем большей технологической гибкостью должен обладать станок. В единичном производстве при изготовлении деталей малыми партиями (1—5 штук) можно использовать станки с преднабором координат и цифровой индикацией. При изготовлении сложных деталей в единичном и мелкосерийном производстве наиболее эффективны станки с ЧПУ. В среднесерийном и переналаживаемом крупносерийном производстве целесообразно применение станков как с ЦПУ, так и с ЧПУ. В ряде случаев при изготовлении деталей с сложными пространственными

профилями применение станков с ЧПУ является единственным техническим решением.

Преимуществами станков с ПУ являются:

1. Высокая производительность (в 2—5 раз выше по сравнению с аналогичными станками с ручным управлением).

2. Сочетание точности и производительности станка-автомата с гибкостью универсального оборудования, что создает возможность для комплексной автоматизации единичного и серийного производства.

3. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, что снижает потребность в высококвалифицированных рабочих-станочниках.

4. Детали, изготовленные по одной УП, являются взаимозаменяемыми, что сокращает затраты времени на пригоночные работы при сборке.

5. Благодаря централизованной подготовке УП и более простой, и универсальной технологической оснастке значительно сокращаются сроки перехода на изготовление новых деталей.

6. Сокращается продолжительность цикла изготовления деталей и уменьшается запас незавершенного производства.

7. Машиностроение качественно переоснащается новым оборудованием на базе современной электроники и вычислительной техники.

Все выпускаемое оборудование с ПУ ориентировано на обеспечение его максимального использования в гибких производственных системах (ГПС) различного назначения и минимальное участие человека в процессе производства. Оборудование с ПУ выпускается для реализации всех видов технологических процессов машиностроения.

2.2. ТИПЫ СИСТЕМ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

Все системы управления технологическим оборудованием в зависимости от способа задания размерной информации подразделяются на нечисловые и числовые. К нечисловым относятся аналоговые системы управления (рис. 62), преобразующие исходную информацию, заложенную в процессе подготовки производства в программноноситель. 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 программноносителя. При этом режимы резания для данного станка являются неизменными; рабочий-оператор непосредственно не управ-

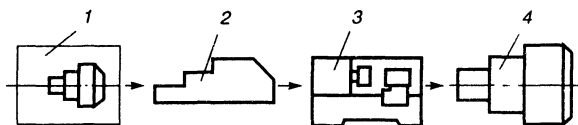


Рис. 62. Структурная схема системы программного управления станком:
1 — чертеж детали, 2 — программоноситель, 3 — станок, 4 — готовая деталь

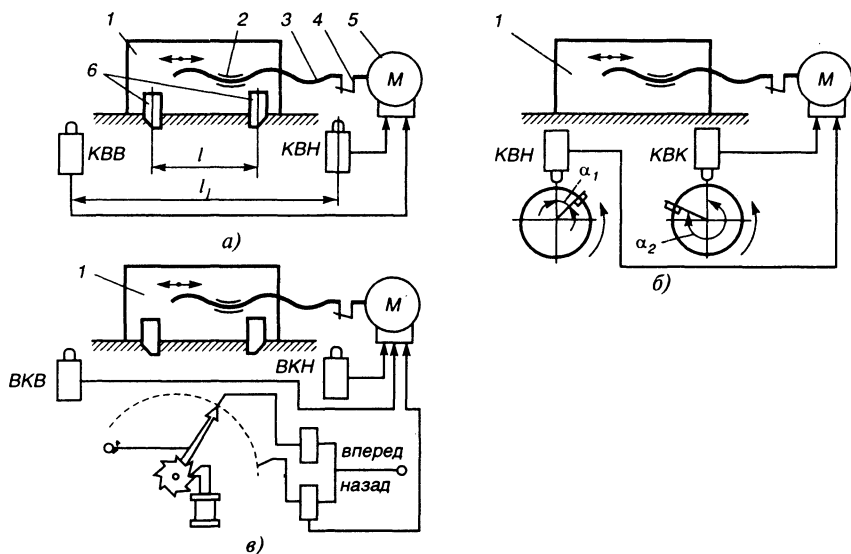


Рис. 63. Аналоговые системы управления замкнутого типа:
а — путевая, б — временная, в — цикловая

ляет станком, а лишь следит за его работой (если станок-автомат) и осуществляет загрузку заготовок, выгрузку деталей (если станок-полуавтомат). Аналоговые системы управления бывают следующих типов: замкнутые, незамкнутые, копировальные со следящим приводом.

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

В путевых системах управления (рис. 63, а) ход исполнительного органа 1 ограничивается конечными переключателями КВВ (ограничивает ход вперед) и KBH (ограничивает ход назад). Движение подачи исполнительному органу сообщается следующим образом: двигатель 5 — муфта 4 — винт 3 — гайка 2. С конечными переключателями вза-

имодействуют упоры b , расположенные на ИО. Ход ИО $L = I_1 - l$, где l_1 — расстояние между конечными переключателями; l — расстояние между упорами b .

Во временных системах (рис. 63, б) ИО I управляется с помощью командоаппарата, имеющего независимый привод и включающего в себя барабан с определенным числом дорожек, служащих для установки кулачков. Последний контактирует с блоком переключателей. Каждым ходом цикла управляют переключатели КВН (дают команду начала цикла) и КVK (дают команду конца цикла). Во временных системах управления программируется не путь, а время между началом и концом хода, один оборот командоаппарата соответствует продолжительности цикла, ход исполнительного органа $L = \alpha \cdot V_{cp} T / 360$, где T — время одного оборота командоаппарата; α — угол установки кулачка, V_{cp} — средняя скорость ИО.

Система ЦПУ (рис. 63, в) представляет собой комбинацию путевой и временной системы 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 ИО станка, а также копировальные системы прямого действия (т. е. без усилителя мощности).

Копировальная система прямого действия управляет двумя ИО — продольными I и поперечными 5 салазками, перемещающимися по координатным осям X и Z от общего привода (рис. 64). Ведущим является движение по оси X , получаемое от привода 3 . Движение по оси X называют следящим, так как оно вызывается перемещением шупа 7 по копиру b ; это движение получают поперечные салазки 4 , несущий резец 5 , который обрабатывает заготовку 2 . На практике данную систему управления используют редко из-за значительных сил на шупе, приводящих к деформации шупа и копира и к их износу.

Достаточно широко в станках применяют копировальные системы

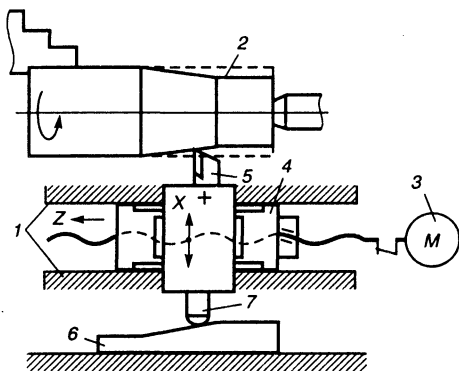


Рис. 64. Копировальная система управления прямого действия

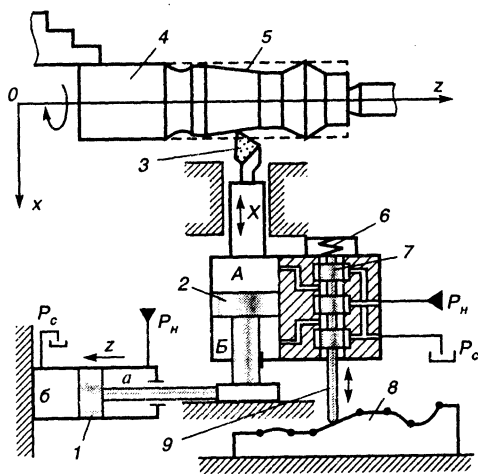


Рис. 65. Копировальная система управления с гидравлическим следящим приводом и механической обратной связью

управления со следящим приводом (гидравлическим, электрическим, электрогидравлическим), имеющим обратную связь (механическую или электрическую).

Копировальная система управления с гидравлическим следящим приводом, имеющим механическую обратную связь (рис. 65), используется на токарном станке для изготовления из заготовки 5 фасонной детали 4 по копиру 8. При работе системы от гидронасоса подают масло в полость «а» гидроцилиндра 1 продольного перемещения суппорта по оси Z, а полость «б» соединена со сливным трубопроводом, что вызывает движение поршня со штоком.

Последний жестко соединен со штоком следящего гидропривода 2, движущимся по продольной направляющей станка. Дросселирующий гидрораспределитель б соединен с напорным p_n и сливным трубопроводом p_c . 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 к копиру 8 вызывает перемещение гидрораспределителя 7 относительно корпуса, в котором он размещен. Чтобы исключить отрыв шупа 9 от рабочей поверхности копира, гидроцилиндр оснащен пружиной б.

При перемещении гидрораспределителя относительно корпуса следящего гидропривода 2 открываются дросселирующие щели, образованные корпусом и гидрораспределителем, и полости А и Б гидроцилиндра соединяются соответственно с напорным и сливным трубопроводами. Перепад давления на поршень 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. 66.

Копировальные системы широко применяют для управления об-

работкой заготовки по одной, двум и трем координатам. Возможность быстрой смены программноносителя (копира) позволяет использовать эти системы в условиях серийного производства. К недостаткам таких систем относятся: высокая стоимость изготовления программноносителя; невозможность автоматизировать работу нескольких инструментов; отсутствие автоматического регулирования процессом обработки.

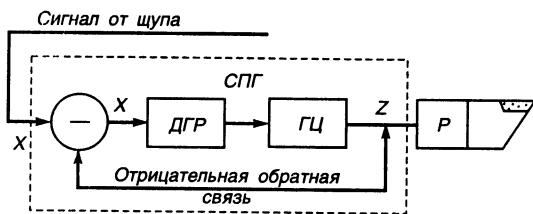


Рис. 66. Структурная схема следящего гидропривода:

ДГР — дроселирующий гидрораспределитель, ГЦ — гидроцилиндр, СПГ — следящий гидропривод с механической обратной связью, P — резец, X — продольное перемещение, Z — поперечное перемещение

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 среднесерийного, крупносерийного и массового производства.

2.3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦИКЛОВОМ ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ СТАНКАМИ

Система ЦПУ позволяет частично или полностью программировать цикл работы станка, режим обработки и смену инструмента, а также задавать (с помощью предварительно налаживаемых упоров) величину перемещений исполнительных органов станка. Она является аналоговой системой управления замкнутого типа (см. рис. 63) и обладает достаточно высокой гибкостью, т. е. обеспечивает легкое изменение последовательности включения аппаратуры (электрической, гидравлической, пневматической и т. д.), управляющей элементами цикла. Достоинствами систем ЦПУ является простота конструкции и обслуживания, а также низкая стоимость; недостатком — трудоемкость размерной наладки упоров и кулачков.

Станки с ЦПУ целесообразно применять в условиях средне-, 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, ПР и др.

Система ЦПУ (рис. 67) включает в себя программатор циклов, схему автоматики, исполнительное устройство и устройство обратной связи.

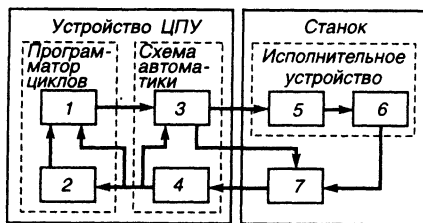


Рис. 67. Функциональная схема системы ЦПУ

Собственно устройство ЦПУ состоит из программатора циклов и схемы автоматики.

Программатор циклов содержит блок 1 задания программы и блок 2 поэтапного его 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 действие программатора циклов с исполнительными органами станка и датчиком обратной связи (ДОС); усиливает и размножает команды; может выполнять ряд логических функций (например, обеспечивает выполнение стандартных циклов). Из блока 3 сигнал поступает в исполнительное устройство, обеспечивающее обработку 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 обрабатывают 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. 68, а приведена система ЦПУ станком, исполнительные органы которого — продольные 1 и поперечные 2 салазки приводятся от электродвигателей 4 и 3 соответственно. Каждый ИО взаимодействует с помощью упоров с двумя неподвижными путевыми переключателями. Движение салазок 1 ограничивают переключателями КВ2В и КВ2Н. Величину хода салазок устанавливают упорами. На рис. 68, б показана траектория перемещения резца в продольном и поперечном направлениях.

Для программирования команд используют программаторы механические, электрические и др. Наиболее распространенным электрическим программатором является штеккерная панель, которая вместе с шаговым искателем составляет командоаппарат (рис. 68, 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

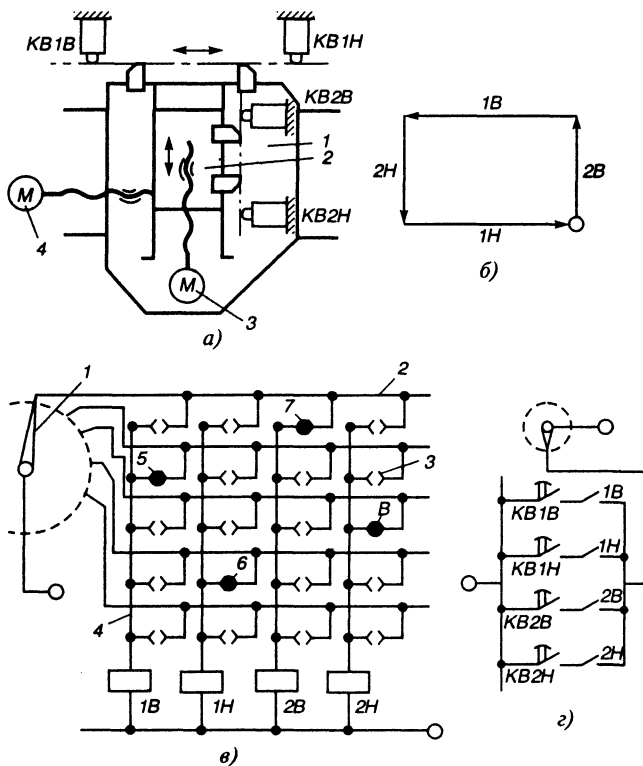


Рис. 68. Система ЦПУ:

a — кинематическая схема, *б* — обрабатываемый цикл, *в*, *г* — электрическая схема

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, содержащего четыре последовательных хода салазок 1 и 2 (1В и 1Н — соответственно ход салазок 1 вперед и назад, 2В и 2Н —

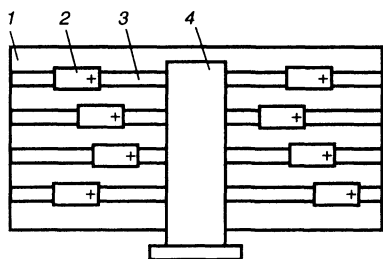


Рис. 69. Кулачковая панель

соответственно ход салазок 2 вперед и назад), необходимо установить в гнездо штекерной панели штекеры 5, 6, 7 и 8.

При включении станка напряжение от шагового искателя подается на верхнюю горизонтальную шину штекерной панели: срабатывает реле 2В (рис. 68, з) и подается команда «Вперед» для привода поперечной подачи; поперечные салазки перемещаются вперед до срабатывания переключателя *KB2B*; контакты послед-

него замыкаются, что вызывает срабатывание электромагнита шагового искателя; ротор искателя поворачивается на один шаг и верхняя шина, следовательно, и реле 2 обесточиваются 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 *KB1B* 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 отверстие 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 входят 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 размещают кулачковую панель (рис. 69), представляющую собой плиту 1 с Т-образными пазами 3, в которых устанавливают кулачки 2, взаимодействующие с блоком 4 путевых переключателей. Кулачки настраивают как непосредственно на станке, так и вне станка; в последнем случае панель снимают.

Существуют различные конструкции панели для задания команд. Панель (рис. 70) имеет многопозиционные переключатели 2 (число позиций каждого переключателя равно числу команд), соединенные с контрактными пластинами шагового искателя 1. Программирование последовательности цикла осуществляется установкой щеток переключателя в соответствующее положение (на рис. 70, а запрограммирован цикл, приведенный на рис. 68).

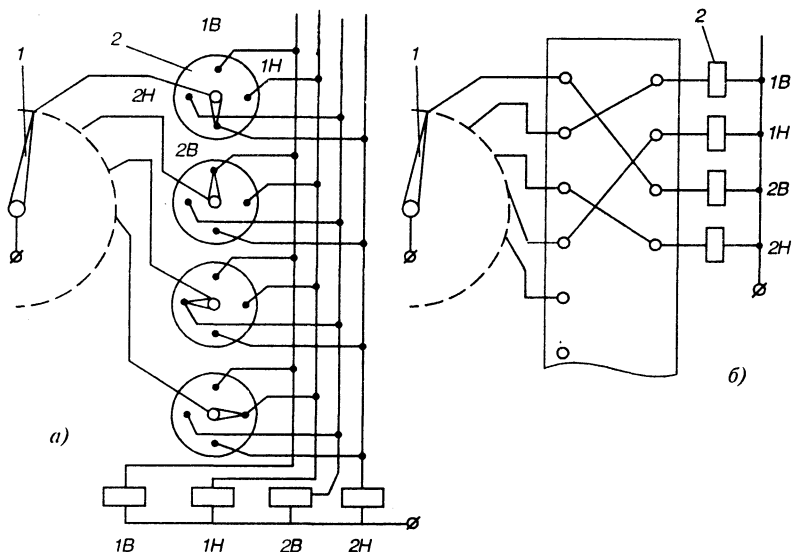


Рис. 70. Электросхемы систем ЦПУ:

а — с многопозиционными переключателями, *б* — с штекерной панелью

Компактностью отличается штекерная панель, схема которой показана на рис. 70, *б*. Один ряд штекерных гнезд соединен с пластинами шагового искателя 1, второй — с реле 2. Программирование осуществляют по парным соединениям соответствующих гнезд проводами со штекерами на концах (на рис. 70, *б* запрограммирован цикл, данный на рис. 68, *б*).

На рис. 71 приведены конструкции командоаппаратов. Шаговый искатель (рис. 71, *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 перемещение ротора 1 происходит при срабатывании электромагнита 2, а в искателях обратного действия — под действием пружины при отключении электромагнита. На рис. 71, *б* показан кулачковый аппарат (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, имеются 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

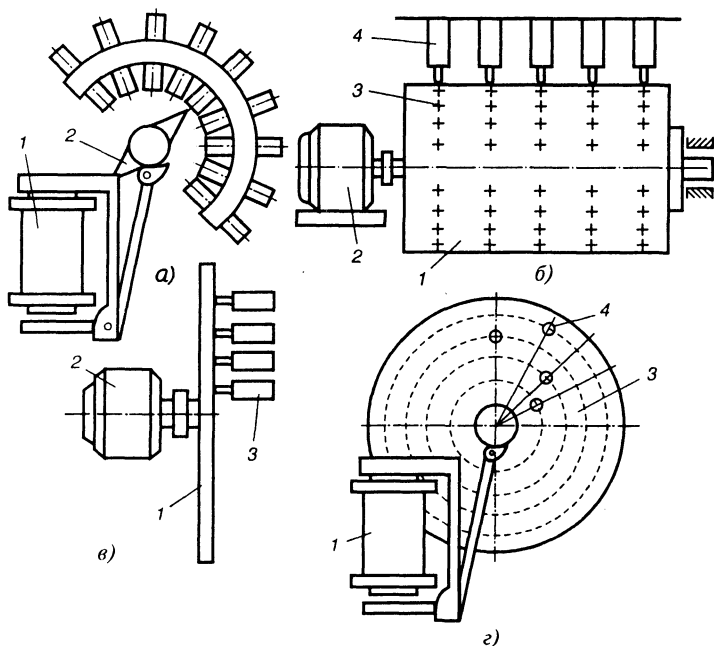


Рис. 71. Конструкция командоаппаратов:

а — шаговый искатель, *б* — барабанного типа, *в* — дискового типа, *з* — со сменным перфорированным диском

наличии штекера переключатель срабатывает и выдает соответствующую команду.

Кулачковый командоаппарат может быть выполнен дисковым (рис. 71, *в*). На торце диска *1*, имеющего дискретный привод *2*, выполнены гнезда. Информация считывается блоком *3* путевых переключателей.

На рис. 71, *з* показан командоаппарат со сменным 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 программоносителя служат перфоленты, используемые многократно. Считывание информации осуществляется электромеханическим или фотоэлектрическим способом.

Универсальными системами УПУ, построенными на базе микроэлектроники, являются программируемые командоаппараты (ПК), представляющие собой управляющие логические машины последовательного действия. ПК (рис. 72) состоит из центрального процессора

(управляющего устройства) 1, постоянного запоминающего устройства 2, входного 3 и выходного 5 устройств, сканаторов (генераторов 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. Программы записываются в запоминающее устройство 2. В режиме работы сканатор 1 поочередно подключает к процессору 1 устройства 3 и 5. В процессоре 1 согласно программе производятся заданные логические операции, преобразующие состояние входов в состояние выходов. ПК, имея небольшой габарит, позволяют быстро изменить программу. К ним могут подключаться дисплеи, накопители на магнитных кассетах, печатающие устройства, регистрирующие различные параметры, сопутствующие процессу обработки.

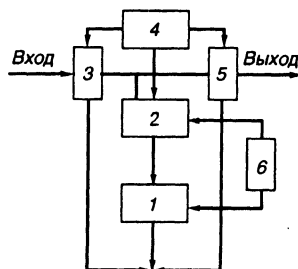


Рис. 72. Структурная схема программируемого командоаппарата

2.4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЧИСЛОВОМ ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ СТАНКАМИ

На основе достижений кибернетики, электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы ПУ — системы ЧПУ (СЧПУ), широко используемые в промышленности. Эти системы называют числовыми потому, что величина каждого хода ИО станка задается с помощью числа. Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение ИО на определенную величину, называемой разрешающей способностью СЧПУ или ценой импульса.

В определенных пределах ИО можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности. Число импульсов, которое можно подать на вход привода, чтобы осуществить требуемое L перемещение, 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 станков понимают управление (по программе, заданной в алфавитном коде) движением исполнительных органов станка, скоростью их перемещения, последовательностью цикла обработки, режимом резания и различными вспомогательными функциями.

СЧПУ — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для реализации ЧПУ станком, предназна-

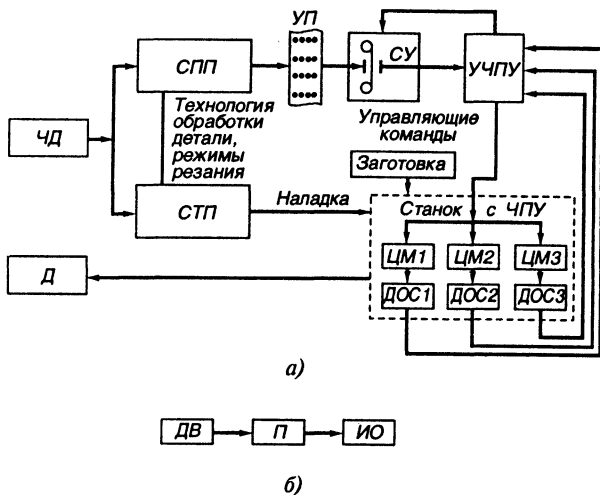


Рис. 73. Структурная схема СЧПУ (а) и целевого механизма (б)

ченная для выдачи управляющих воздействий исполнительным органом станка в соответствии с УП.

Структурная схема СЧПУ представлена на рис. 73, а. Чертеж детали (ЧД), подлежащий 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 программ (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. ДОС на основе информации (фактическое положение, 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. 73, б): двигатель (ДВ), являющийся источником энергии; передачу П, служащую для преобразования энергии и ее передачи от двигателя к исполнительному органу (ИО) (стол, салазки, суппорт, шпиндель и т. д.), выполняющие координатные перемещения цикла.

СЧПУ может видоизменяться в зависимости от вида программно-носителя, способа кодирования информации в УП и метода ее передачи в СЧПУ. 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 конкретным УЧПУ, являются составной частью СЧПУ.

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

Наиболее распространенными программноносителями являются восьмидорожечные перфоленты (рис. 74) 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 ИО станка направляется не более одной команды. Например, в одном кадре нельзя задать движение ИО как вправо, так и влево. Перфоленты изготавливают из бумаги, пластмассы или их композиции. Пластмассовую ленту, которая выдерживает несколько

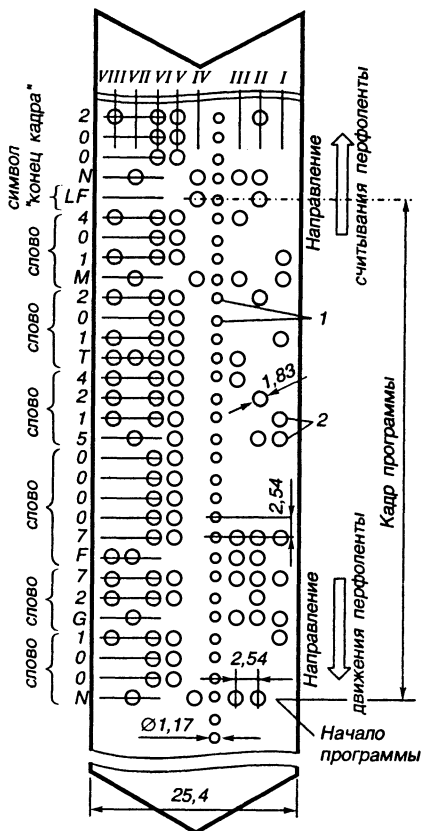


Рис. 74. Восьмидорожечная перфолента:

1 — отверстие транспортной дорожки, 2 — рабочее отверстие

тысяч прогонов через считывающее устройство, используют для записи программ, по которым будет обрабатываться много заготовок.

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 заданной скорости перемещения ИО. При считывании УП магнитные штрихи преобразуются в управляющие импульсы. Каждому штриху соответствует один импульс. Импульсы, поступающие на двигатель привода подачи, обрабатываются исполнительным органом. Каждому импульсу соответствует определенное (дискретное) перемещение ИО, длина этого перемещения определяется числом импульсов, содержащихся в кадре магнитной ленты. Такая запись команд на перемещение ИО 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 интерполятором, который преобразует вводимую в него (на перфоленте или ЭВМ) кодированную геометрическую информацию о контуре обрабатываемой поверхности детали в последовательность импульсов, соответствующих элементарным перемещениям ИО. Запись декодированной программы на магнитную ленту производят на специальном пульте, включающем в себя интерполирующее устройство с выходом, предназначенным для записи, лентопротажный механизм с магнитными головками для стирания записи и восстановления. СЧПУ, в которых УП задается в декодированном виде (рис. 75, а), являются наиболее простыми по конструкции, но имеют ограниченные технические возможности.

В современных СЧПУ задание УП осуществляется на перфоленте в кодированном виде (рис. 75, 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 программносителя (перфоленты) и удобство его хранения; отсутствуют ограничения на число и содержание технологических команд; длина программы зависит не от длительности обработки, а от сложности конфигурации детали и других факторов, влияющих на характер траектории инструмента; допускается корректировка УП с пульта УЧПУ.

Для кодирования информации при подготовке УП применяют международный код ISO-7bit (ГОСТ 1305—74). В этом коде при программировании информации могут использоваться 128 символов (комбинаций) (табл. 7). Информация о перемещении ИО станка кодируется в двоично-десятичной системе счисления, при которой

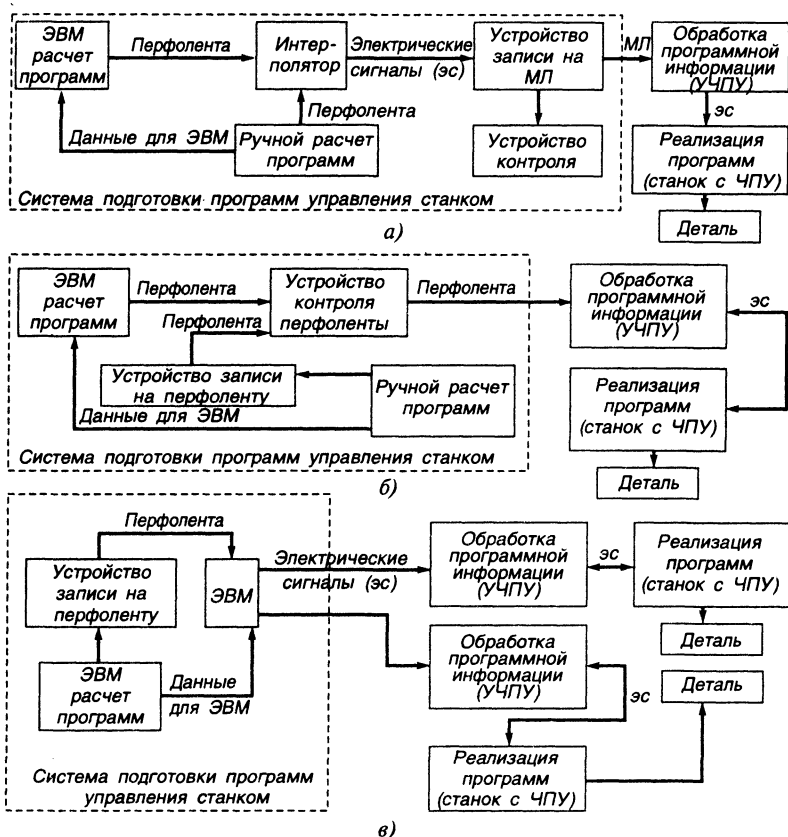


Рис. 75. Структурные схемы ЧПУ:

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

сохраняются десятичные разряды (единицы, десятки, сотни и т. д.). Цифры в каждом разряде записываются в двоичной системе счисления ($8 - 2^3$, $4 - 2^2$, $2 - 2^1$, $1 - 2^0$). Отверстия на первой дорожке перфоленты соответствуют 1, на второй — 2, на третьей — 4, на четвертой — 8.

В настоящее время все чаще для управления станком или группой станков применяют малые ЭВМ (рис. 75, в).

Интерполятор, входящий в вычислительный блок УЧПУ, выполняет следующие функции: на основе численных параметров участка обрабатываемого контура (координат начальной и конечной точек, прямой, величины радиуса дуги и т. д.), заданных в УП, рассчитывает (с определенной дискретностью) координаты промежуточных точек этого участка контура; вырабатывает управляющие электрические им-

7. Карта кода ИСО-7бит

Номер дорожки, перфорация								Символ	Рекомендуемое значение символа	Номер дорожки, перфорация								Символ	Рекомендуемое значение символа		
VIII	VII	VI	V	IV 8	Т	III 4	II 2			I 1	VIII	VII	VI	V	IV 8	Т	III 4			II 2	I 1
					.				NUL	Ноль, пусто, пропуск строки			0	0	0	.			0	9	Цифра 9
	0			0	.				BS	Возврат на шаг (ПС)			0		.			0	A	Круговое движение вокруг оси X	
				0	.			0	HT	Горизонтальная табуляция (ПС)			0		.		0		B	Круговое движение вокруг оси Y	
				0	.		0		LF	Конец кадра (ПС)	0	0			.		0	0	C	Круговое движение вокруг оси Z	
	0			0	.	0		0	CR	Возврат каретки (ПС)			0		.		0		D	Третья подача	
	0		0		.				SP	Сдвиг каретки на шаг (ПС)	0	0			.	0		0	E	Вторая подача	
			0	0	.				(Управление выключено (ПС)	0	0			.	0	0		F	Скорость подачи (первая подача)	
		0		0	.			0)	Управление включено (ПС)		0			.	0	0	0	G	Подготовительная функция	
		0			.	0		0	%	Начало программы		0		0	.				H	Дополнительная функция	
			0	0	.		0		:	Установка в исходную точку	0	0		0	.			0	I	Интерполяционный параметр по оси X	
	0			0	.	0	0	0		Пропуск кадра	0	0		0	.		0		J	Интерполяционный параметр по оси Y	
			0		.		0	0	+	Знак «плюс»		0		0	.		0	0	K	Интерполяционный параметр по оси Z	
			0		.	0		0	-	Знак «минус»	0	0		0	.	0			L	Адрес корректора	
			0	0	.				0	Цифра 0		0		0	.	0		0	M	Вспомогательная функция	
	0			0	.			0	1	Цифра 1		0		0	.	0	0		N	Номер кадра	

0	0	0	.	0	2	Цифра 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Не используется		
	0	0	.	0	0	3	Цифра 3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	P Третье перемещение вдоль оси X	
0	0	0	.	0	4	Цифра 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Q Третье перемещение вдоль оси Y		
	0	0	.	0	0	5	Цифра 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R Третье перемещение вдоль оси R	
	0	0	.	0	0	6	Цифра 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S Частота вращения шпинделя	
0	0	0	.	0	0	0	7	Цифра 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T Номер инструмента и корректора
0	0	0	0	.		8	Цифра 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	U Второе перемещение вдоль оси X	
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	V Второе перемещение вдоль оси Y	
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	W Второе перемещение вдоль оси W
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X Перемещение по оси X
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Y Перемещение по оси Y
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Z Перемещение по оси Z
									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Z Забой (стирание)

Примечание: T — транспортная дорожка.

пульсы, 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 интерполяторы, первые обеспечивают перемещение инструмента между соседними опорными точками по прямым линиям, расположенным под любым углом, а вторые — как по прямым линиям, так и по дугам окружностей.

Важнейшей технической характеристикой СЧПУ является ее разрешающая способность или дискретность, т. е. минимально возможная величина линейного и углового хода ИО станка, соответствующая одному управляющему импульсу, т. е. контролируемая в процессе управления. Большинство современных СЧПУ имеют дискретность 0,01 мм/импульс. Осваиваются в производстве системы с дискретностью 0,001 мм/импульс.

2.5. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

СЧПУ классифицируется 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 декорированном виде, т. е. в абсолютных координатах или в приращениях от ЭВМ).
5. По принципу привода (ступенчатый, регулируемый, следящий, шаговый).
6. По числу одновременно управляемых координат.

По уровню технологических возможностей международной классификации СЧПУ делятся на следующие классы: NC — системы с покадровым 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, микрокомпьютером); DNC — системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ; HNC — оперативные системы с ручным набором программ на пульте управления.

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

Позиционные СЧПУ обеспечивают высокоточное перемещение (координатную установку) ИО станка в заданную программой позицию за минимальное время. По каждой координатной оси программируется

только величина перемещения, а траектория перемещения может быть произвольной. Перемещение ИО из позиции в позицию осуществляется с максимальной скоростью, а переход к заданной позиции — минимальной — «ползучей» скоростью. Точность позиционирования повышается в результате подхода ИО к заданной позиции всегда с одной стороны (например, слева направо). Позиционными СЧПУ оснащают сверлильные и координатно-расточные станки.

СЧПУ, обеспечивающие прямоугольное формообразование, в отличие от позиционных систем позволяют управлять перемещением ИО станка в процессе обработки. В процессе формообразования ИО станка перемещается по координатным осям поочередно, поэтому траектория инструмента имеет ступенчатый вид, а каждый элемент этой траектории параллелен координатным осям. Чтобы сократить время перемещения ИО из одной позиции в другую, в ряде случаев используют одновременное движение по двум координатам. При грубом позиционировании подход ИО к заданной позиции осуществляется с разных сторон, а при точном позиционировании — всегда с одной стороны. Число управляемых координат в таких системах достигает 5, а число одновременно управляемых координат — 4. Указанными системами оснащают токарные, фрезерные, расточные станки.

СЧПУ, обеспечивающие прямолинейное (под любым углом к координатным осям станка) формообразование и позиционирование, управляют движением инструмента при резании одновременно по двум координатным осям (X и Y). В данных системах используют двухкоординатный интерполятор, выдающий управляющие импульсы сразу на два привода подачи. 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 др. станков.

СЧПУ, обеспечивающие криволинейное формообразование, позволяют управлять обработкой плоских и объемных деталей, содержащих участок со сложными криволинейными контурами.

СЧПУ, обеспечивающие прямоугольное и криволинейное формообразование, относятся к контурным (непрерывным системам), так как они позволяют обрабатывать заготовку по контуру. Контурные СЧПУ имеют, как правило, шаговый двигатель.

Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки для расширения их технологических возможностей оснащают контурно-позиционными СЧПУ.

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

Разомкнутые системы характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к ИО станка. В механизмах подачи 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 подачи. В разомкнутой системе нет датчика обратной связи (ДОС) и поэтому отсутствует информация о действительном положении исполнительных органов станка.

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

Адаптивные СЧПУ характеризуются тремя потоками информации:

1. От считывающего устройства.
2. От ДОС по пути.
3. От датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения, колебание припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания.

2.6. КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНКОВ С ЧПУ

По технологическим признакам и возможностям станки с ЧПУ (рис. 76) классифицируются практически так же, как и универсальные станки (см. табл. 1), на базе которых изготавливается большинство станков с ЧПУ.

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

Фрезерные станки с ЧПУ предназначенные для обработки заготовок 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, выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, обтачивание торцов, фрезерование, нарезание резьбы и др.

Шлифовальные станки с ЧПУ предназначены для шлифования наружных, внутренних и торцевых поверхностей деталей, имеющих прямолинейную и криволинейную формы образующей.

Многоцелевые станки с ЧПУ (обрабатывающие центры) предназ-

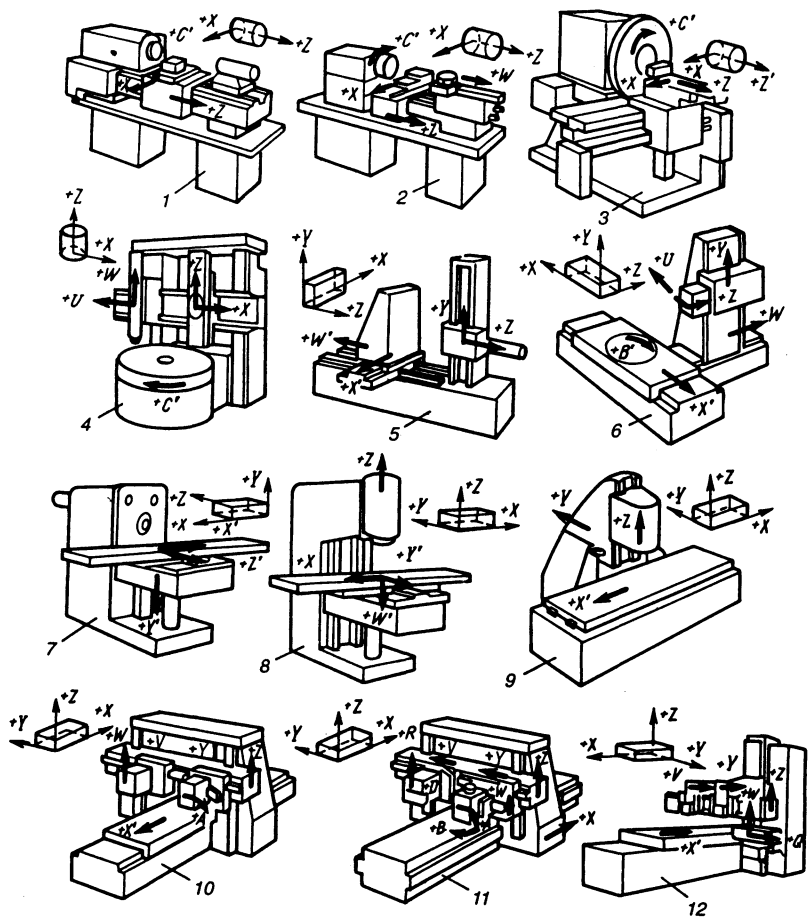


Рис. 76. Станки с ЧПУ:

1 — токарно-винторезный, 2 — токарно-револьверный, 3 — лоботокарный, 4 — токарно-карусельный, 5, 6 — горизонтально-расточный, 7 — консольный горизонтально-фрезерный, 8 — консольный вертикально-фрезерный, 9 — продольно-фрезерный вертикальный, 10 — продольно-фрезерный, 11 — продольно-фрезерный с подвижным порталом, 12 — одностоечный продольно-строгальный

начены для комплексной обработки заготовок деталей за одну установку, выполняют практически все операции обработки резанием.

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 вводы с антикоррозионными присадками.

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

Различают станки низкого, среднего и высокого уровня автоматизации. В станках с низким уровнем автоматизации программируются только перемещения исполнительных органов, управляемых 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 на УЧПУ, преобразуется в сигналы, управляющие исполнительными органами станка.

Помимо дешифровки устройство электроавтоматики управляет различными автоматическими циклами (смена инструмента, сверление 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 креплением; с ручной сменой инструмента и его механическим креплением; с автоматической сменой инструмента в револьверной головке; с автоматической сменой (манипулятором) инструмента, хранящегося в инструментальном магазине.

Показатели, характеризующие станки с ЧПУ, следующие: 1) класс точности: Н; П; В; А; С; 2) вид системы ЧПУ: Ф1; Ф2; Ф3; Ф4; 3) выполняемые технологические операции; 4) 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.; 5) величина перемещений исполнительных органов станка: суппорта по двум координатам; выдвигание шпинделя; перемещение стола по двум координатам и т. д.; 6) дискретность СЧПУ; 7) точность и повторяемость позиционирования по управляемым координатам; 8) главный привод: вид и модель; мощность; частота вращения и ее регулирование (ступенчатое или бесступенчатое); числа рабочих скоростей и автоматиче-

ски переключаемых скоростей и т. д.; 9) привод подач: вид и модель; мощность, пределы и числа рабочих подач; скорость быстрого перемещения и т. д.; 10) число инструментов в резцедержателе, револьверной головке или в инструментальном магазине; 11) способ смены инструмента; 12) число управляемых координат и число одновременно управляемых координат; 13) обозначение координатных осей и направление движения исполнительных органов; 14) тип и модель УЧПУ; 5) вид интерполяции: линейная; линейно-круговая и т. д.; 16) вид программносителя и код программирования; 17) габариты и масса станка.

Система координат и направление движений исполнительных органов станков с ЧПУ. Работа станка с ЧПУ и программирование процесса обработки связаны с системами координат. Для станков с ЧПУ направление перемещений и их символика стандартизованы. Координатные оси расположены параллельно направляющим станка. Единой системой координат для всех станков с ЧПУ является правая система (рис. 77), в которой координатные оси X , Y и Z (сплошные линии) указывают положительное направление перемещений инструмента относительно неподвижных частей станка. Координатные оси X' , Y' и Z' (пунктирные линии) направлены 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, управляемые по программе поворота стола на расточном станке) обозначаются соответственно 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 перфоленту при обозначении направлений перемещений двух исполнительных органов вдоль одной оси используют так называемые вторичные

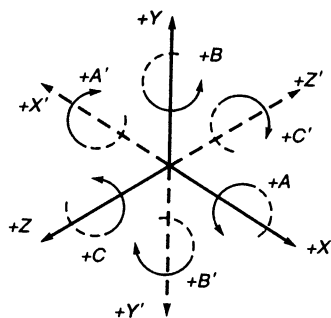


Рис. 77. Стандартная система координат в станках с ЧПУ

оси: U (вместо X), V (вместо Y), W (вместо Z). При перемещении трех исполнительных органов вдоль одного направления используют третичные оси: P , Q и R . Примеры расположения и буквенных обозначений координатных осей на различных станках с ЧПУ представлены на рис. 76.

Способы и начало отсчета координат. При настройке станка с ЧПУ каждый ИО устанавливается в некоторое исходное положение, из которого он перемещается при обработке заготовки на строго определенные расстояния, поэтому инструмент проходит через заданные опорные точки траектории.

Конструктивные особенности станков с ЧПУ. Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокую точность и скорость отработки перемещений заданных УП, а также сохранять эту точность в заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ, как правило, обеспечивает совмещение различных видов обработки, автоматизацию загрузки заготовок 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 автоматические приводы с минимально возможным числом механических передач. Эти приводы должны иметь высокое быстродействие. Точность станков с ЧПУ повышается в результате устранения зазоров передаточных механизмов приводов, уменьшения потерь на трение в направляющих и механизмах, повышения виброустойчивости, снижения тепловых деформаций.

Узлы, входящие в состав станков с ЧПУ, подразделяются на следующие основные группы: 1) базовые (станина, 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 СЧПУ.

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

Органы управления станков с ЧПУ выполняют в виде электриче-

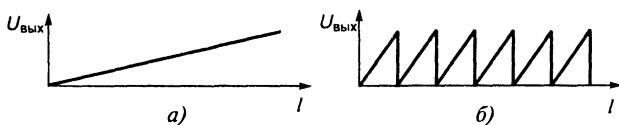


Рис. 78. Изменения выходного сигнала $U_{\text{вых}}$ абсолютного (а) и циклического (б) ДОС (l — перемещение ИО станка)

ских 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 шариковинтовые передачи с автоматической выборкой зазоров.

ДОС как устройство обратной связи (выдающее информацию о величине фактического перемещения, положения и скорости ИО 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. 78). В отечественных станках с ЧПУ в качестве циклических ДОС применяют преобразователи, измеряющие линейные перемещения и построенные на основе сельсинов.

Сельсин — 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 перемещаю-

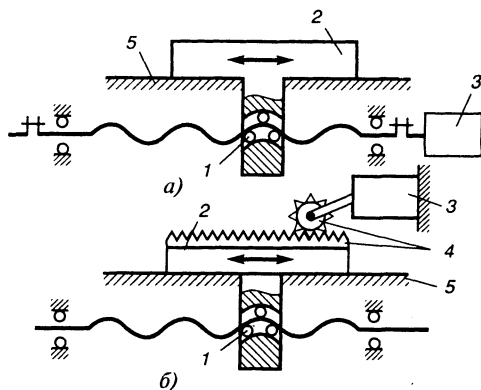


Рис. 79. Схемы установки ДОС на сельсинах на станках:

а — схема привода исполнительного механизма станка; б — схема воздействия исполнительного органа станка на датчик обратной связи; 1 — силовая передача винт-гайка, 2 — ИО станка, 3 — ДОС, 4 — передача рейка-шестерня, 5 — направляющая

мися ИО станка через передачу «зубчатая рейка-шестерня». Стыковка ДОС с ИО станка представлена на рис. 79. К данному типу ДОС относятся вращающиеся трансформаторы, развернутые сельсины, индуктосины.

К вспомогательным механизмам 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 позициями, маятниковые столы и др.). К устройствам автоматической смены инструмента относятся магазины, автооператоры, револьверные головки.

2.7. 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, дешифрирующего устройства и контролирующих устройств.

Считывающее устройство (СУ) обеспечивает покадровое или непрерывное движение ленты относительно считывающих элементов, воспроизведение информации, записанной на программноносителе в кодированном виде, а также и ее преобразование в электрические сигналы.

В устройствах считывания с перфоленты заложены следующие способы считывания.

Электромеханический контактный способ (рис. 80, а) 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. 80, б) основан на изменении проводимости фотоэлементов (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.

Считывание кодированной информации с магнитной ленты осуществляется магнитной головкой (рис. 81), состоящей из магнитопровода 1, на котором выполнена обмотка 2. При движении магнитной

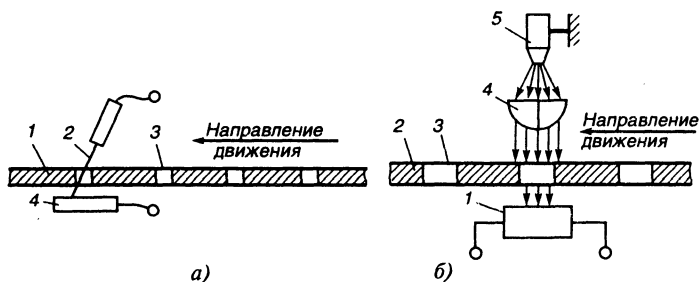


Рис. 80. Способы считывания информации с перфоленты:
 а — контактный, электромеханический, б — бесконтактный, фотоэлектрический

ленты 4 относительно зазора 3 кольцевого сердечника часть магнитного потока элементарных магнитных частиц ленты замыкается через сердечник, наводя на обмотке 2 ЭДС. Движение осуществляется магнитопротяжным механизмом, конструкция которого аналогична используемой при фотоэлектрическом способе.

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 от контура. Буферная память сокращает машинное время обработки.

Дешифрирующее устройство служит для преобразования управляющей кодированной информации программоносителя в управляющие сигналы, строго соответствующие коду, принятому в логических блоках УЧПУ. Дешифрирующее устройство выполнено на диодных сетках или матрицах, где контакты реле заменены полупроводниковыми элементами, обладающие большой надежностью и быстродействием.

Распределительное устройство распределяет последовательно считываемую с программоносителя 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 частоты числа пробивок в строке.

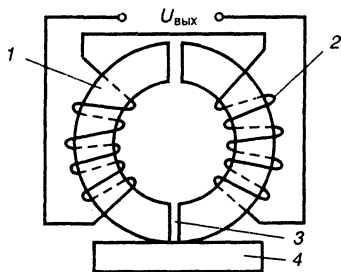


Рис. 81. Магнитная головка

Вычислительный блок (ВБ) — один из наиболее важных узлов УЧПУ — предназначен для расчета различных прямолинейных и криволинейных контуров. Этот блок выполняет ряд сложных технологических задач: многокоординатную обработку; автоматическое выполнение вспомогательных функций; технологические циклы; смещение нуля; корреляцию режима обработки и положения инструментов с пульта УЧПУ и т. д.

Основным устройством ВБ является интерполятор. Например, линейный интерполятор (рис. 82) обеспечивает перемещение исполнительных органов станка между двумя опорными точками по прямой линии. Импульсы генератора Γ поступают на двоичный счетчик D импульсов, работающий как делитель частоты. На 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, на 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 программносителя 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 анало-

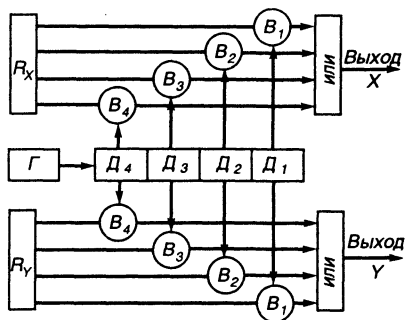


Рис. 82. Схема интерполятора на двоичных умножителях

говом (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.

Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станком?
2. Какие типы систем программного управления станками Вы знаете?
3. Что Вы знаете о системах ЦПУ?
4. Что такое система ЧПУ?
5. Что такое управляющая программа?
6. Какие типы программоносителей Вы знаете?
7. Что такое интерполяция и дискретность?
8. Какова классификация систем ЧПУ?
9. По каким признакам и как классифицируются станки с ЧПУ?
10. Какие основные блоки и узлы у ЧПУ Вы знаете?
11. Что Вам известно о считывающих устройствах ЧПУ?
12. Какие вспомогательные механизмы имеются у станков с ЧПУ?

ГЛАВА 3. МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ: УСТРОЙСТВО, КИНЕМАТИКА, НАЛАДКА

Токарные, фрезерные, сверлильно-расточные станки являются самыми распространенными группами технологического оборудования для механической обработки как в исполнении с механическим управлением, так и с использованием ЧПУ. Они применяются в единичном, серийном и массовом производстве, на любых предприятиях, связанных с механической обработкой заготовок.

3.1. СТАНКИ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Токарные станки предназначены для обработки резцами наружных и внутренних цилиндрических, конических, фасонных и торцовых поверхностей тел вращения, для нарезания резьб резцами, метчиками, плашками и другими инструментами; для сверления, зенкерования и развертывания отверстий, для накатывания и т. д. Эти станки являются самыми распространенными из металлообрабатывающих станков. Среди них преобладают универсальные токарно-винторезные станки, применяемые в единичном и серийном производстве. Из универсальных станков выделяют только токарные станки (без ходового винта). На них выполняют все перечисленные виды работ, кроме нарезания резьбы резцами. Выпускают также специализированные станки, например, для обработки коленчатых валов, труб и других деталей для автомобилей, тракторов, в условиях массового производства.

Токарные станки характеризуются двумя параметрами: наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки над направляющими станины (100...5000 мм) и наибольшей длиной заготовки (125...24 000 мм).

К группе токарных станков относятся также токарно-револьверные и токарно-карусельные станки. Токарно-револьверные станки предназначены для изготовления мелких деталей из прутка, а также для обработки в патроне; они позволяют обрабатывать заготовку одновре-

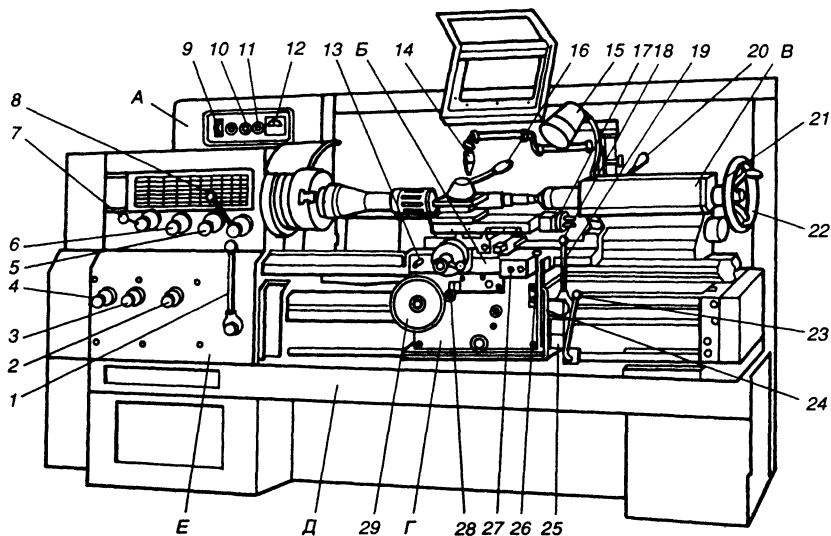


Рис. 83. Токарно-винторезный станок и органы его управления:

А — передняя (шпиндельная) бабка, *Б* — суппорт, *В* — задняя бабка, *Г* — фартук, *Д* — станина, *Е* — коробка подачи; *1* — рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода, *2* — вариатор подачи, шага резьбы и механизма отключения подачи, *3* — вариатор подачи и типа нарезаемой резьбы, *4* — вариатор подачи и шага резьбы, *5* — переключатель на левую, правую и другие резьбы, *6* — рукоятка установки нормального и увеличенного шага резьбы и положение при делении на заходы резьбы, *7, 8* — рукоятки установки частоты вращения шпинделя, *9* — вводный автоматический выключатель, *10* — лампа сигнальная, *11* — включение насоса СОЖ, *12* — указатель нагрузки станка, *13* — ручное перемещение поперечных салазок суппорта, *14* — регулируемое сопло СОЖ, *15* — освещение местное, *16* — рукоятка поворота и зажима резцедержателя, *17* — рукоятка перемещения верхних салазок суппорта, *18* — рукоятка включения двигателя ускоренного хода, *19* — рукоятка управления перемещения каретки и салазок суппорта, *20* — зажим пиноли задней бабки, *21* — рукоятка закрепления задней бабки на станине, *22* — маховичок перемещения пиноли задней бабки, *23* — рукоятка включения и отключения муфты главного привода, *24* — рукоятка включения и отключения муфты главного привода, *25* — включение подачи, *26* — винт закрепления каретки на станине, *27* — кнопочная станция двигателя главного привода, *28* — рукоятка включения и выключения ременной шестерни, *29* — маховичок ручного перемещения каретки

менно несколькими режущими инструментами. Токарно-карусельные станки позволяют обрабатывать заготовки крупных деталей, у которых радиальные размеры больше размеров вдоль оси. К отдельным типам токарных станков относятся одно- и многошпиндельные токарные автоматы и полуавтоматы.

Во всех токарных станках главным движением является вращение заготовки. Движением подачи является прямолинейное перемещение режущего инструмента вдоль или поперек оси обрабатываемой заготовки.

Токарно-винторезные станки. Имеют практически однотипную компоновку, примером может служить станок 16К20 (рис. 83). Основ-

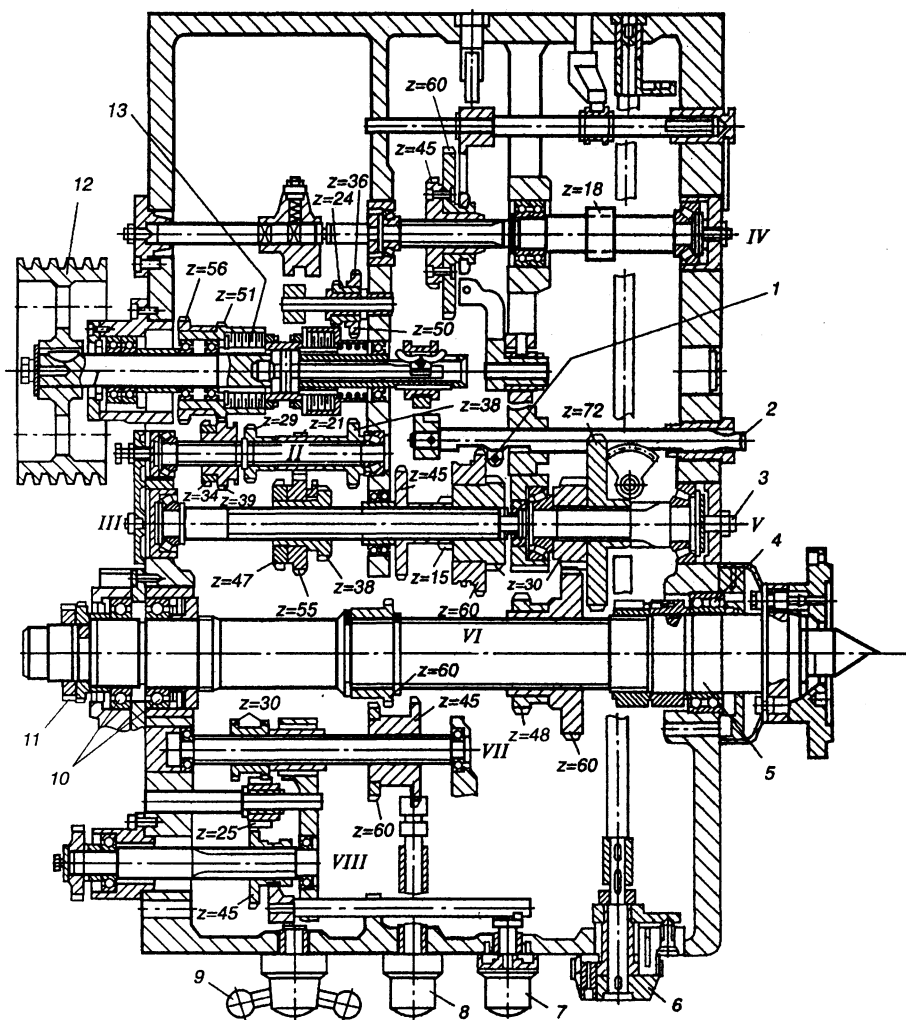


Рис. 84. Развертка коробки скоростей станка 16K20

ными его узлами являются: станина; передняя шпиндельная бабка, в которой размещена коробка скоростей; коробка подач; суппорт с резцедержателем и фартуком; задняя бабка. Станина служит для монтажа всех основных узлов станка и является его основанием. Наиболее ответственной частью станины являются направляющие, по которым перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. Передняя шпиндельная бабка закреплена на левом конце станины. В ней находится коробка

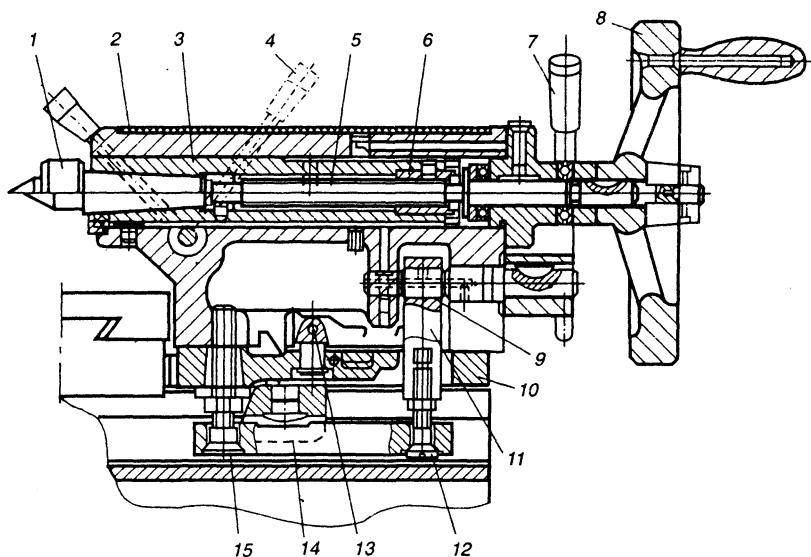


Рис. 85. Задняя бабка станка 16K20

скоростей станка, основной частью которой является шпиндель. Развертка коробки скоростей станка 16K20 показана на рис. 84. Движение передается от шкива 12 клиноременной передачи. Взаимодействие зубчатых колес объяснено при описании кинематической схемы. Шпиндель 5 и все валы установлены на опорах качения. В передней опоре шпинделя находится радиальный двухрядный роликовый подшипник 4, в котором предварительный натяг создается благодаря посадке внутреннего кольца на коническую шейку шпинделя. Если надвигать гайкой кольцо на конус, то оно расширяется и давит на ролики. В задней опоре шпинделя установлены два радиально-упорных шарикоподшипника 10, воспринимающих радиальные и осевые нагрузки; предварительный натяг регулируют гайкой 11, стягивающей внутренние кольца. Валы II...V коробки скоростей смонтированы на конических роликоподшипниках, что удобно для сборки и разборки; предварительный натяг регулируют нажимными винтами 3. Так как валы III и IV — длинные, у них предусмотрена средняя опора.

В левой части фрикционной муфты 13, реверсирующей движение шпинделя, находится большое число дисков, так как при прямом направлении вращения требуются большие крутящие моменты. Особенно влохот блоков зубчатых колес являются клеевые соединения венцов со ступицами. Ступица колеса $Z = 60$ на валу III является диском ленточного тормоза; тяга 2 механизма управления, устанавливая муфту

в нейтральное положение, включает тормоз (нажимом на ролик *Л*). Маховиками и рукоятками *б...9* переключают блоки колес.

В некоторых станках коробка скоростей размещена в тумбе станины. В этом случае она связана со шпинделем ременной передачей. Такие станки называют станками с разделенным приводом. Задняя бабка предназначена для поддержания обрабатываемой заготовки при работе в центрах, а также для закрепления режущего инструмента при обработке отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и нарезания резьбы (метчиков, плашек).

Задняя бабка станка 16К20 (рис. 85) имеет плиту и может перемещаться по направляющим станины. В отверстии корпуса *2* задней бабки имеется выдвижная пиноль *3*, которая перемещается с помощью маховика *8* и винтовой пары *5—6*. Рукояткой *4* фиксируют определенный вылет пиноли, а вместе с ней и заднего центра *1*. Корпус *2* бабки с помощью винтовой пары *13* может смещаться в поперечном направлении относительно плиты *10*. Рукояткой *7* с помощью эксцентрика *9*, тяги *11* и башмака *14* заднюю бабку можно закрепить на станине станка. Винтами *12* и *15* регулируется сила ее закрепления. В конусное гнездо пиноли можно установить не только задний центр, но и режущий инструмент для обработки отверстий (сверло, зенкер и др.). Задняя бабка имеет пневматическое устройство, которое служит для создания воздушной подушки, облегчающей перемещение задней бабки по станине и снижающей изнашивание направляющих станины.

Коробка подач (рис. 86) служит для передачи вращения от шпинделя или от отдельного привода ходовому валу *1* или ходовому винту *2*, а также для изменения их частоты вращения для получения необходимых подач или определенного шага при нарезании резьбы резцом. Это достигается изменением передаточного отношения коробки подач. Коробка подач связана со шпинделем станка гитарой со сменными зубчатыми колесами.

Фартук предназначен для преобразования вращательного движения ходового вала или ходового винта в поступательное движение суппорта, а также для периодического включения либо автоматической подачи, либо маточной гайки для нарезания резьбы резцом.

Суппорт служит для закрепления режущего инструмента и сообщения ему движений подачи. Суппорт состоит из каретки (нижних салазок), которая перемещается по направляющим станины; поперечных салазок, перемещающихся по направляющим каретки; поворотной части с направляющими, по которой перемещается резцовая каретка. Поворотную часть суппорта можно устанавливать под углом к линии центров станка. У суппорта имеется задний резцедержатель, который устанавливается на поперечных салазках и используется для прорезания канавок.

Резцедержатель станка можно фиксировать и надежно закреплять

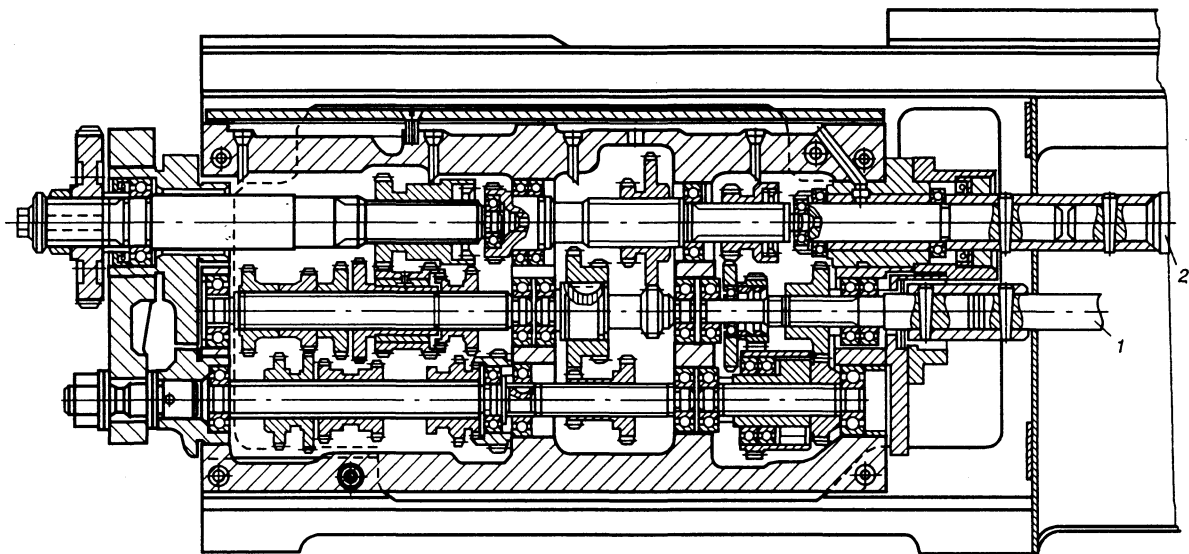


Рис. 86. Развертка коробки подачи станка 16K20

на резцовой каретке. Он предназначен для крепления инструмента и различных резцовых державок.

Станок 16К20 имеет держатель для крепления центрального инструмента, служащего для обработки отверстий, оси которых совпадают с осью шпинделя. Этот инструмент применяют при обработке отверстий с ручной и механической подачей каретки суппорта.

Токарно-винторезный станок 16К20. Предназначен для выполнения различных токарных работ: нарезания левой и правой метрической, дюймовой, одно- и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, нарезания торцовой резьбы и т. д.

Станок 16К20 — базовая модель, изготавливаемая с расстоянием между центрами 710, 1000, 1400, 2000 мм. На ее основе выпускают несколько модификаций:

станок 16К20Г с выемкой в станине, 16К25 облегченного типа для обработки заготовок диаметром 500 мм над направляющими станины, 16К20П повышенного класса точности, 16К20Ф3 с программным управлением и различные специализированные станки, предназначенные для обработки конкретной детали по чертежам заказчиков.

Станок 16К20 имеет широкие технологические возможности, на нем можно обрабатывать заготовки как из незакаленной, так и закаленной стали. В качестве шпиндельных опор применены подшипники особо высокой точности. Поэтому станок имеет повышенную жесткость конструкции. Это позволяет вести обработку с большими силами резания, полностью используя мощность привода.

Для увеличения надежности и долговечности станка применена централизованная система обильного смазывания шпиндельной бабки, коробки подач, направляющих станины и суппортной группы.

Задняя бабка установлена на аэростатической опоре, что значительно снижает усилие при ее перемещении и изнашивании направляющих станины. Верхние и нижние направляющие станины закалены: они так же, как и ходовой винт и валик, надежно защищены от попадания мелкой стружки и пыли.

Применение перечисленных выше конструктивных и технологических усовершенствований, а также использование для изготовления основных деталей материала с повышенной износостойкостью привело к увеличению расчетного срока службы станка 16К20 до первого капитального ремонта до 10 лет.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной 400 мм, над суппортом 200 мм; наибольший диаметр обрабатываемого прутка, проходящего через отверстие шпинделя 50 мм; число скоростей шпинделя 22; пределы частот вращения шпинделя 12,2—1600 мин⁻¹; предельная подача: продольная 0,05—2,8 мм/об, поперечная 0,025—1,4 мм/об; шаг нарезаемой резьбы; метрической 0,5—112 мм, дюймовой, ниток на 1"—56—0,5; мощность

электродвигателя 10 кВт; частота вращения вала электродвигателя 1460 мин⁻¹.

Виды движения. Главное движение — вращение шпинделя с заготовкой; движение подач — перемещение каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях; вспомогательные движения: быстрое перемещение каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях от отдельного привода и др.

Кинематическая схема станка приведена на рис. 87. Привод главного движения, т. е. вращение шпинделю передается от электродвигателя ($N = 10$ кВт, $n = 1460$ мин⁻¹) через клиноременную передачу 148/268 и коробку скоростей. Муфта M_1 служит для включения, выключения и изменения направления вращения шпинделя.

Движение от электродвигателя на шпиндель может передаваться по двум кинематическим цепям:

а) по короткой цепи (без перебора), что дает 12 высших ступеней частот вращения шпинделя:

$n_{\text{шп}} = 1460 \times (148/268) \times 0,985 \times (51/39)$ или $(56/34) \times (21/55)$ или $(38/38)$, или $(29/47)(30/60)$ или $(60/48)$;

б) по длинной цепи с перебором, что дает еще 12 частот вращения: $n_{\text{шп}} = 1460 \times (148/268 \times 0,985 \times (51/39)$ или $(56/34) \times (21/55)$ или $(29/47)$, или $(38/38) \times (15/60)$ или $(45/45) \times (18/72) \times (30/60)$.

Таким образом, шпиндель станка получает всего 24 значения частот вращения. Практически, шпиндель имеет только 22 частоты вращения, так как значения $n_{\text{шп}} = 500$ мин⁻¹ и $n_{\text{шп}} = 630$ мин⁻¹ повторяются дважды.

Станок должен быть налажен на заранее подобранную по режимам резания частоту вращения. Максимальная частота вращения шпинделя (при работе без перебора) $n_{\text{max}} = 1460 \times 0,985 \times (148/268) \times (56/34) \times (38/38) \times (60/48) = 1600$ мин⁻¹; минимальная (при работе с перебором) $n_{\text{min}} = 1460 \times 0,985 \times (148/258) \times (51/39) \times (21/55) \times (15/60) \times (18/72) \times (30/60) = 12,5$ мин⁻¹.

Привод подач состоит из звена увеличения шага, механизма реверса гитары сменных колес, коробки подач и механизма передач фартука. Движение подачи осуществляется или непосредственно от шпинделя через пару зубчатых колес (60/60), как показано на схеме (нормальное соединение), или через звено увеличения шага, которое расположено в коробке скоростей и имеет три передаточных отношения:

$i_1 = (60/30) \times (45/45) = 2$; $i_2 = (60/30) \times (72/18) \times (45/45) \times (45/45) = 8$;
 $i_3 = (60/30) \times (72/18) \times (60/15) \times (45/45) = 32$.

Для изменения направления вращения ходового винта служит реверсивный механизм. Правое вращение винта производится через пару зубчатых колес 30/45, левое — через передачу (30/25) × (25/45). Дальше вращение передается сменным зубчатым колесам гитары: передачу $(K/L)(L/M) = (40/86) \times (86/64)$ применяют при нарезании метрических и дюймовых резьб и для подачи по ходовому валу.

Коробка подач имеет две основные кинематические цепи. Одна

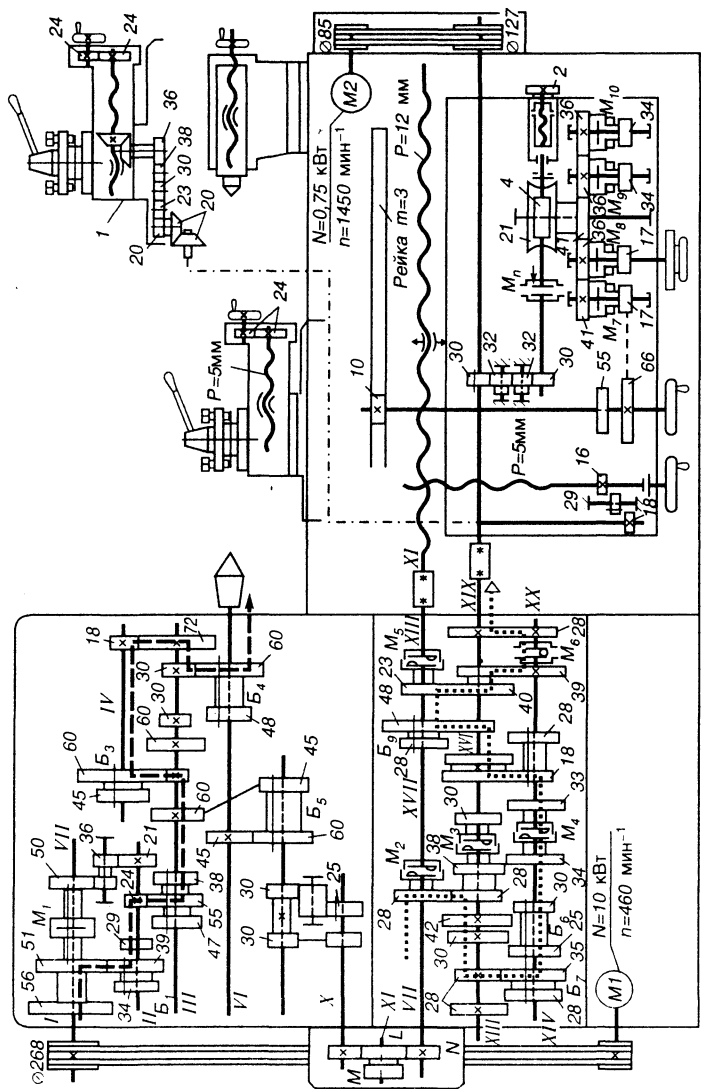


Рис. 87. Кинематическая схема станка 16К20:

1 — верхние салазки суппорта с механической подачей, 2 — гайка регулирования усилия подачи

цепь служит для нарезания дюймовых резьб (16 вариантов) $(28/28) \times (38/34) \times (25/30)$ или $(30/42)$, или $(28/28) \times (30/33) \times (18/45)$ или $(28/35) \times (15/48)$ или $(35/28)$.

Другая цепь предназначена для нарезания метрических резьб (16 вариантов): $(28/28) \times (30/25)$ или $(42/30)$, или $(28/35)$, или $(28/28) \times (18/45)$ или $(28/35) \times (18/48)$ или $(35/28)$.

В первом случае ходовой винт получает движение, когда муфты M_2 , M_3 , M_4 , выключены, а муфта M_5 включена. Во втором случае муфта M_2 выключена, а муфты $M_3 - M_5$ включены. Вторую кинематическую цепь используют также для получения продольной или поперечной подачи, при этом вращение с вала XVIII на ходовой вал передается через зубчатые колеса $(23/40) \times (24/30) \times (28/35)$. Муфта M_5 выключена.

При нарезании резьбы повышенной точности движение на ходовой винт передается напрямую, т. е. коробка подач отключена, а муфты M_2 и M_5 включены. Аналогично нарезают специальные резьбы. В обоих случаях резьбу на требуемый шаг настраивают подбором сменных зубчатых колес гитары.

Коробка подач станка состоит из основной и множительной передач. Первая дает возможность получать основной ряд стандартных резьб. Множительная передача предназначена для увеличения (в 4 раза) числа нарезаемых на станке стандартных резьб.

Нарезание резьбы. Уравнение кинематических цепей от шпинделя к ходовому винту при нарезании резьбы составляют из условия, чтобы за один оборот шпинделя суппорт с резцом переместился вдоль оси заготовки на шаг P нарезаемой резьбы (при однозаходной резьбе).

Для нарезания метрической резьбы со стандартным шагом P (в этом случае передача к коробке подач осуществляется непосредственно от шпинделя, минуя звено увеличения шага) уравнение кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту имеет следующий вид: 1 об. шпинделя $\times (60/60) \times (30/45) \times (40/86) \times (86/64) \times (28/28) \times (30/25)$ или $(42/30)$, или $(28/35)$, или $(28/28) \times (18/45)$ или $(28/35) \times (15/48)$ или $(35/28) \times 12 = P$. Для нарезания дюймовой резьбы с шагом P для дюймовой резьбы $P = 25,4 K$, мм, где K — число ниток на 1". Уравнение кинематической цепи имеет вид: 1 об. шпинделя $\times (60/60) \times (30/45) \times (40/86) \times (86/64) \times (28/28) \times (38/34) \times (25/30)$ или $(30/42)$, или $(33/28)$, или $(28/28) \times (30/30) \times (18/45)$, или $(28/35) \times (18/48)$, или $(35/28) = P$.

Уравнение кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту для нарезания резьбы повышенной точности с шагом P имеет вид: 1 об. шпинделя $\times (60/60) \times (30/45) \times (K/L) \times (M/N) \times 12 = P$, откуда $K/L \times M/N = P/8$.

Резьбу с большим шагом нарезают используя звено увеличения шага, т. е. передача движения от шпинделя в этом случае осуществляется не через зубчатые колеса $60/60$, а через звено увеличения шага в коробке скоростей.

Кинематическая цепь подачи, связывающая шпиндель с ходовым

валом, должна обеспечивать за один оборот шпинделя перемещение суппорта на величину подачи S . Следовательно, уравнение кинематического баланса для этой цепи имеет вид: 1 об. шпинделя $\times i_{\text{пост.}}$ $\times i_{\text{рев.}}$ $\times i_{\text{гит.}}$ $\times i_{\text{к.п.}}$ $\times i_{\text{ф.}}$ $\times \pi m Z_p = 5$ мм/об, где $i_{\text{пост.}}$, $i_{\text{рев.}}$, $i_{\text{гит.}}$, $i_{\text{к.п.}}$, $i_{\text{ф.}}$ — передаточное отношение соответственно постоянной передачи, реверсивного механизма, гитары сменных колес, коробки подач и механизма фартука; Z_p — число зубьев реечного колеса; m — модуль реечного колеса.

Общее уравнение кинематической цепи прямых продольных подач при положении блока зубчатых колес B_5 ; следующее: 1 об. шпинделя $\times \times (60/60) \times (30/45) \times (40/86) \times (86/64) \times (28/28) \times (30/25)$, или $(42/30)$, или $(28/35) \times (8/45)$, или $(28/35) \times (15/48)$, или $(35/28) \times (23/40) \times \times (24/39) \times (28/35) \times (30/32) \times (32/32) \times (32/30) \times (4/21) \times (36/41) \times (17/66) \times 10 \times 3 = S$ мм/об.

Быстрые перемещения суппорта осуществляются от отдельного электродвигателя ($N = 0,75$ кВт, $n = 1450$ мин⁻¹), расположенного в правой части станины станка.

Наладка токарного станка 16К20 состоит в подготовке его к выполнению заданной технологической операции. При наладке устанавливают приспособления, необходимые для крепления обрабатываемой заготовки и режущего инструмента, перемещают узлы в исходное положение, настраивают станок на определенные параметры движения (траекторию, скорость, направление, путь), регулируют подвод смазочно-охлаждающей жидкости и т. д.

При настройке устанавливают рукоятки коробки передач и переключатели в требуемое положение по указателям, сменные колеса и кулачки — в соответствии с расчетами или таблицами.

Для установки заготовок в зависимости от их размера или формы применяют центры, патроны, планшайбы, оправки. В центрах обрабатывают длинные заготовки типа валов или заготовки, насаженные на оправки.

В патронах закрепляют сравнительно короткие и жесткие заготовки. Чаще всего применяют трехкулачковые самоцентрирующие патроны. Несимметричные заготовки закрепляют в четырехкулачковых патронах, где каждый кулачок перемещается независимо от другого. Крупные, несимметричные заготовки закрепляют на планшайбах с помощью болтов-прихватов и других приспособлений. Для обработки заготовок из прутков используют цанговые патроны.

Инструменты закрепляют в резцедержателях суппорта (обычно резцы) или в пиноли задней бабки (сверла, развертки, зенкеры, метчики).

Ниже приводятся наиболее распространенные методы обработки различных деталей на станке.

Способы обтачивания конусов. Способы обтачивания конусов бывают различными. Обтачивание широким резцом 1 (рис. 88, а), установленным с помощью шаблона, используют для обработки конусов

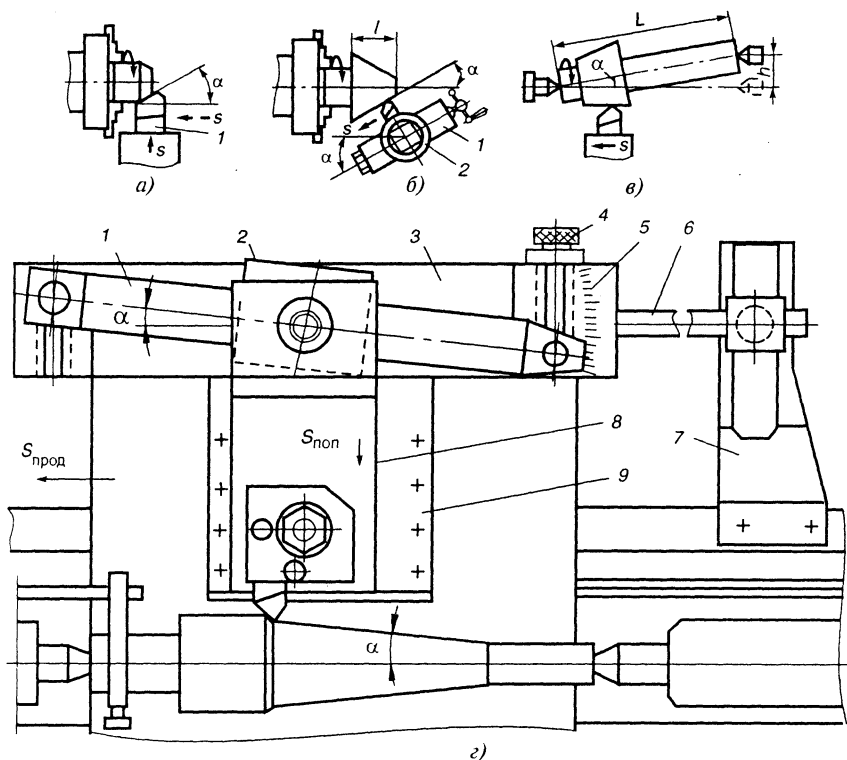


Рис. 88. Способы obtачивания конусов

небольшой длины (в частности фаски), так как длина режущей кромки инструмента должна быть несколько больше длины конуса. Резец при этом может перемещаться как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Обтачивание перемещением резцовых салазок (рис. 88, б) применяют для обработки точных наружных и внутренних конических поверхностей, длина которых не превышает длины хода салазок. При наладке устанавливают на круглой шкале 2 поворотную плиту суппорта с резцовыми салазками 1 под углом α , равным половине угла конуса. Если конус задан линейными размерами (D и d — большой и меньший диаметры, мм; l — длина, мм), то $\operatorname{tg} \alpha = (D - d) / 2$.

Обтачивание конусов со смещенным центром задней бабки (рис. 88, в) ведут, сообщая суппорту движение продольной подачи. При наладке задний центр смещают на величину h , чтобы угол α между направлением движения суппорта и линией центров был равен половине угла конуса. Смещение задней бабки зависит от длины конуса L ,

причем $h = L \sin \alpha$. Достоинство способа состоит в возможности обработки длинных заготовок, недостаток — ограниченность угла конуса и невысокая точность обработки из-за перекоса центровых отверстий заготовки относительно центров.

Обтачивание конусов с помощью синусной линейки (рис. 88, з) ведут установив ее корпус 9 на поперечные салазки суппорта сзади и связав неподвижную часть линейки 3 с кронштейном 7 на станине тягой 6. С помощью винта 4 и шкалы 5 при наладке устанавливают угол наклона поворотной линейки 1. Ползушка 2, охватывающая линейку, шарнирно соединена с салазками 8. При продольном перемещении каретки суппорта ползушка 2, скользя по наклонной линейке 1, сдвигает салазки 8 на величину, соответствующую конусности. Одновременное продольное и поперечное перемещения резца соответственно с подачами $S_{\text{прод}}$ и $S_{\text{поп}}$ создают сложное формообразующее движение вдоль образующей конуса.

Нарезание резьбы резцами. Фасонные резьбовые резцы устанавливают определенным образом относительно оси центров с учетом угла подъема нарезаемой резьбы. Настраивают цепь главного движения, винторезную цепь.

При обработке стандартных резьб одного вида, например метрических, для наладки на другой шаг достаточно переключить рукоятки в соответствии с таблицей на станке или руководством.

При нарезании многозаходной резьбы имеются следующие особенности. Шаг однозаходной резьбы P_d — расстояние между соседними одноименными профилями вдоль оси — совпадает с шагом винтовой линии резьбы. У многозаходной резьбы шаг винтовой линии называют ходом резьбы P , который равен произведению шага резьбы на число заходов k : $P_n = kP_d$. Винторезную цепь настраивают на ход резьбы.

Для перехода от обработки одного витка (захода) к обработке соседнего, т. е. для деления, необходимо при неподвижном изделии переместить резец вдоль оси на шаг резьбы $P_d = P_n/k$. Для этого сдвигают резцовые салазки.

Чаще деление осуществляют поворотом изделия при неподвижном резце. Для этого расцепляют винтовую цепь и поворачивают шпиндель на часть оборота, равную $1/k$. Существуют также поводковые делительные патроны, позволяющие повернуть изделие относительно шпинделя.

Лобовые токарные и карусельные станки. Для обработки заготовок большого диаметра в единичном производстве применяют лобовые токарные станки. На них обтачивают наружные цилиндрические и конические поверхности, подрезают торцы, протачивают канавки, растачивают внутренние отверстия и др.

У лобовых станков сравнительно малая длина и большой диаметр (до 4 м) планшайбы. На рис. 89 изображен лобовой станок 1А693.

Техническая характеристика станка. Наибольшее расстояние между

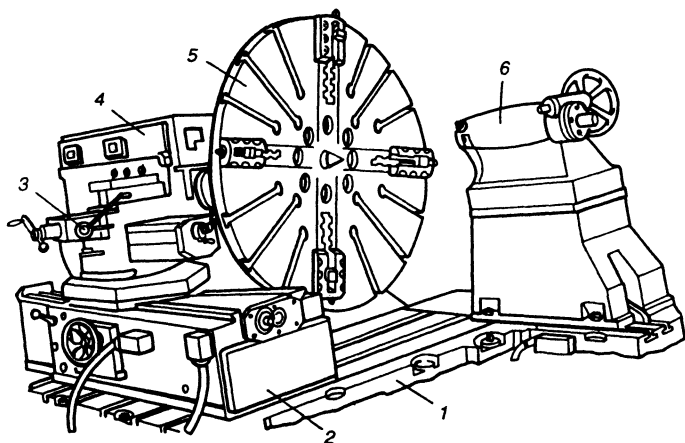


Рис. 89. Лобовой станок 1А693

центрами 3200 мм; наибольшая масса заготовки 15 000 кг; частота вращения шпинделя 0,8—6,3 мин⁻¹; мощность привода шпинделя 30 кВт; масса 58 000 кг.

В передней бабке 4, жестко закрепленной на плите 1, размещена коробка скоростей. Основание 2 суппорта с продольными направляющими и заднюю бабку 6 можно переставлять по плите в требуемые положения и закреплять на ней болтами, головки которых входят в паз плиты. Обрабатываемую заготовку закрепляют на планшайбе 5 в кулачках или с помощью прихватов и болтов. Движение подачи осуществляется от отдельного электродвигателя; суппорту 3 можно сообщать продольное и поперечное движения подачи.

Из-за невысокой точности, сложности установки заготовки, а также низкой производительности лобовые станки используют редко. Они вытеснены более совершенными карусельными станками.

Карусельные станки применяют для обработки заготовок тяжелых деталей большого диаметра, но сравнительно небольшой длины. На них можно обрабатывать и растачивать цилиндрические и конические поверхности, подрезать торцы, прорезать кольцевые канавки, сверлить, зенкеровать, развертывать и др. Основными размерами карусельных станков считают наибольший диаметр и высоту обрабатываемой на станке заготовки. При этом каждая последующая по размеру модель станка позволяет обрабатывать заготовку в 1,25 раза большую по диаметру, чем предыдущая, т. е. у карусельных станков принят знаменатель размерного ряда $\phi = 1,26$.

По компоновке карусельные станки подразделяют на одно- и двухстоечные. Двухстоечные станки предназначены для обработки

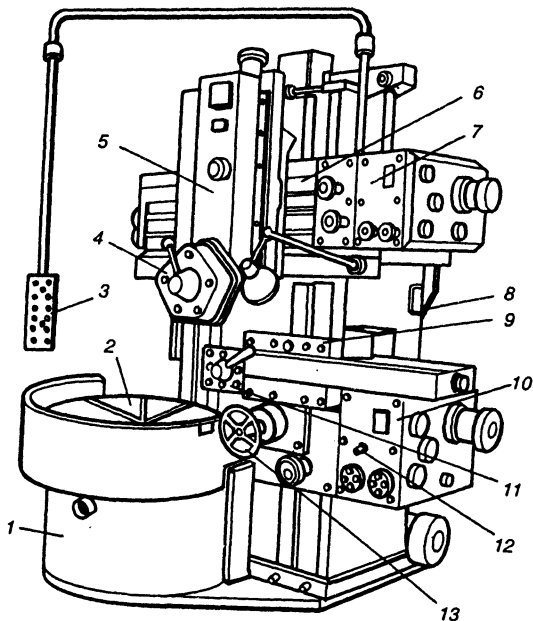


Рис. 90. Одностоечный карусельный станок

деталей свыше 2000 мм. Карусельные станки, на которых обрабатывают заготовки диаметром свыше 6300 мм, выпускают поштучно, и их принято называть уникальными.

Станина одностоечного карусельного станка 1 (рис. 90) жестко скреплена со стойкой 9, имеющей вертикальные направляющие для перемещения по ним траверсы 6 и бокового суппорта 10 с четырехместным резцедержателем 11. На станине на круговых направляющих расположена планшайба 2 для установки на ней обрабатываемых деталей или приспособлений. Коробка скоростей размещена внутри станины. На горизонтальных траверсах может перемещаться вертикальный револьверный суппорт 5 с пятипозиционной револьверной головкой 4. Привод подач револьверного и бокового 10 суппортов осуществляется от коробок подач 7 и 12. Револьверный суппорт можно перемещать вручную маховичком 8, а боковой маховичками 13. Станком управляют с пульта 3.

Одностоечный карусельный станок 1512. Предназначен для обработки крупных деталей типа корпусов, маховиков и т. п.

Техническая характеристика станка. Диаметр планшайбы 1120 мм; размеры обрабатываемых заготовок: диаметр до 1250 мм; высота до 1000 мм; частота вращения планшайбы 5—250 мин⁻¹; подача суппортов 0,07—12,5 мм/об; мощность электродвигателя главного движения 30 кВт; частота вращения электродвигателя главного движения 1450 мин⁻¹.

Главное движение (вращение планшайбы) сообщается от электродвигателя М1 (рис. 91) через клиноременную передачу 230/266, коробку скоростей, коническую пару (28/28) и цилиндрическую передачу (25/125). Коробка скоростей имеет десять электромагнитных муфт ЭМ1 — ЭМ10, переключая которые можно получить 24 теоретических и 18 практических частот вращения планшайбы. Частота вращения планшайбы с 1-й по 12 ступень изменяют включением соответствующих

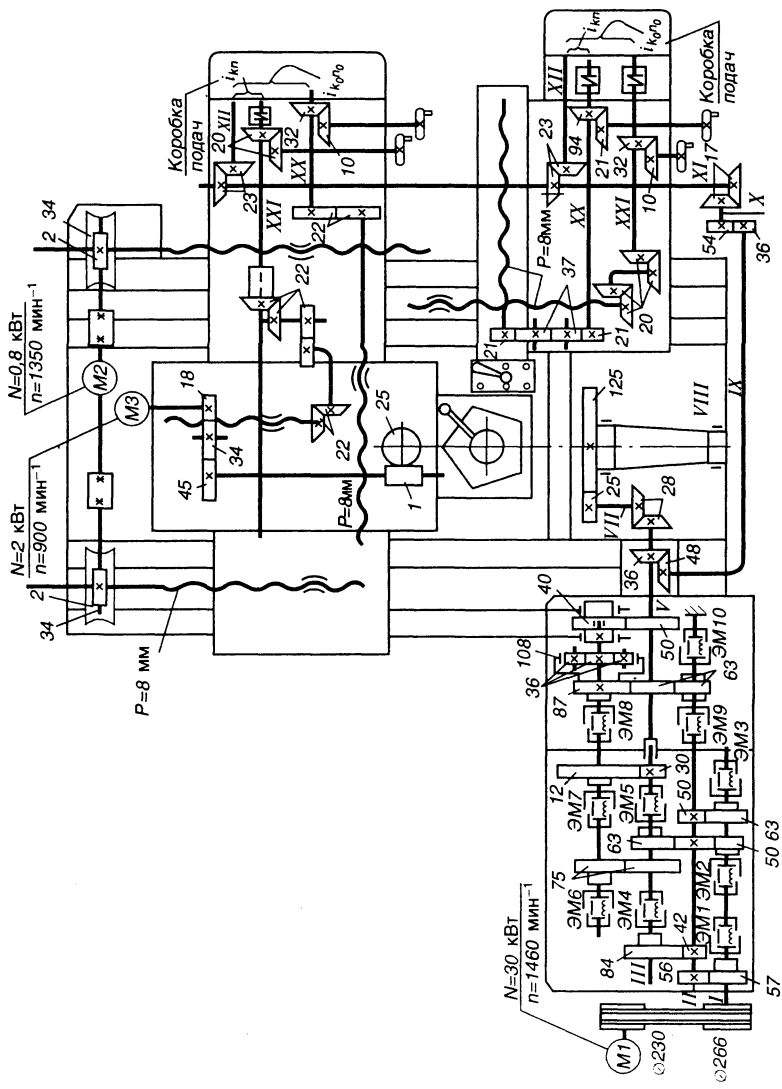


Рис. 91. Кинематическая схема станка I512

комбинаций электромагнитных муфт, при этом муфта ЭМ8 выключена, и передаточное отношение планетарного механизма $i_{пл} = 1/4$ (муфты ЭМ9 и ЭМ10 включены). При включении 13—18 практических ступеней частот вращения планшайбы муфты ЭМ10 и ЭМ9 выключены, а муфта ЭМ8 включена, и передаточное отношение планетарного механизма $i_{пл} = 1$. Низшие 12 ступеней частот планшайбы получают по следующей кинематической цепи: $n_{пл} = 1460 \times (230/266) \times 0,985 \times (50/63)$ или $(57/65)$, или $(63/50) \times (42/84)$, или $(63/63) \times (30/120)$, или $(75/75) \times 1/4 \times (40/50) \times (28/28) \times (25/125)$.

Высшие шесть ступеней частот вращения планшайбы получают по кинематической цепи: $n_{пл} = 1460 \times (230/266) \times 0,985 \times (50/63)$ или $(57/66)$, или $(63/50) \times (42/84)$, или $(63/63) \times (75/75) \times 1 \times (40/50) \times (28/28) \times (25/125)$. В коробке скоростей отсутствуют тормозные устройства и торможение планшайбы осуществляется при одновременном включении трех электромагнитных муфт ЭМ8, ЭМ9, ЭМ10, замыкающих две различные кинематические цепи. Остальные муфты коробки скоростей выключены.

Поддачи суппортов (револьверного и бокового) заимствуются от планшайбы через две независимые коробки подач (на рис. 91 не показаны), оснащенные электромагнитными муфтами с одинаковой кинематикой.

Горизонтальная подача револьверного суппорта осуществляется от планшайбы через зубчатые передачи $(125/25) \times (28/28) \times (36/48) \times (36/54) \times (17/17) \times (23/23)$ на вал XII коробки подач. От коробки подач вращения получает вал XX механизма суппорта, и далее через зубчатые колеса 22/22 и винтовую пару с шагом $p = 8$ мм револьверный суппорт получает горизонтальную подачу.

Вертикальная подача револьверного суппорта осуществляется от планшайбы до вала XII коробки подач по той же цепи; далее движение передается валу XXI, затем через конические зубчатые колеса 22/22, цилиндрическую передачу 22/22, коническую передачу 22/22 и винтовую пару с шагом $p = 8$ мм револьверный суппорт получает вертикальную подачу.

Ускоренное перемещение оба суппорта получают от отдельных электродвигателей, которыми снабжены коробки подач этих суппортов. Подъем и опускание траверсы осуществляется двумя ходовыми винтами с шагом $p = 8$ мм от электродвигателя М2 ($N = 2$ кВт; $n = 900$ мин⁻¹). Револьверная головка вертикального суппорта поворачивается от электродвигателя М3 ($N = 0,8$ кВт; $n = 1350$ мин⁻¹) через зубчатую передачу $(18/34) \times (34/45)$ и червячную пару 1/25.

Стол является наиболее важным узлом, от которого в основном зависит геометрическая точность и параметры шероховатости деталей, производительность, долговечность и надежность работы карусельного станка. Направляющие и шпиндельные опоры стола должны иметь

высокую работоспособность и долговечность с длительным сохранением первоначальной точности.

Токарно-револьверные станки. Применяют в серийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков или штучных заготовок. В зависимости от этого токарно-револьверные станки делятся на прутковые и патронные. На токарно-револьверных станках можно выполнять почти все основные токарные операции. Применение таких станков рационально в тех случаях, если по технологическому процессу обработки заготовки требуется последовательное применение различных режущих инструментов (резцов, сверл, разверток, метчиков и др.). Инструменты в необходимой последовательности крепят в соответствующих позициях револьверной головки и резцедержателях поперечных суппортов. Все режущие инструменты устанавливают заранее при наладке станка, и в процессе обработки их поочередно или параллельно вводят в работу.

При наличии специальных державок можно в одном гнезде револьверной головки закрепить несколько режущих инструментов. Ход каждого инструмента ограничивается упорами, которые выключают продольные и поперечные подачи. После каждого рабочего хода револьверная головка поворачивается и рабочую позицию занимает новый режущий инструмент.

По конструкции револьверной головки станки делят на станки с вертикальной и горизонтальной осями вращения револьверной головки. Револьверные головки, кроме того, бывают цилиндрические и призматические.

Типажом станков предусмотрен ряд токарно-револьверных станков с наибольшим диаметром обрабатываемых прутков 16, 18, 25, 40, 65 и 100 мм. Патронные токарно-револьверные станки выпускают с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки от 160 до 630 мм. В токарно-револьверных станках частота вращения шпинделя и подача переключаются в основном с помощью командоаппаратов, а также штекерных устройств.

Основными размерами, характеризующими прутковые револьверные станки, являются — наибольший диаметр обрабатываемого прутка и диаметр отверстия в шпинделе, а размерами, характеризующими станки для работы в патроне, — наибольший диаметр обрабатываемой в патроне заготовки над станиной и над суппортом. К основным размерам также относят максимальное расстояние от переднего конца шпинделя до передней грани или торца револьверной головки и наибольшее перемещение револьверной головки.

Преимуществами токарно-револьверных станков по сравнению с токарными является возможность сокращения машинного времени в результате применения многорезцовых головок и одновременной обработки инструментами револьверной головки и поперечного суппорта, и сравнительно малой затраты вспомогательного времени в

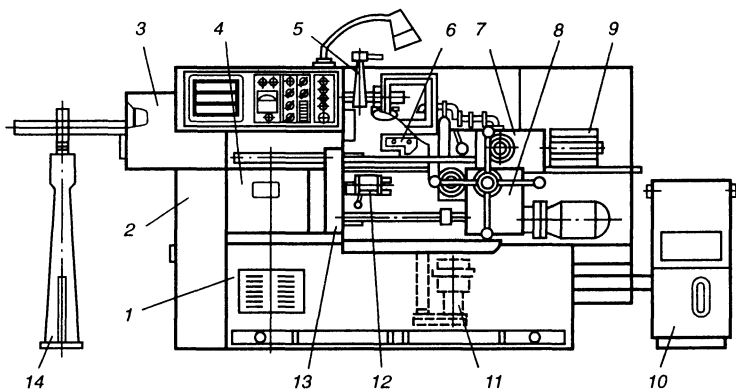


Рис. 92. Токарно-револьверный станок 1Г340П:

1 — станина, 2 — коробка скоростей, 3 — механизм зажима и подачи прутка, 4 — коробка подачи, 5 — резьбонарезное устройство, 6 — копировальное устройство, 7 — револьверный суппорт, 8 — фартук револьверного суппорта, 9 — барабан упоров револьверной головки, 10 — насосная установка, 11 — станция охлаждения, 12 — передний барабан упоров, 13 — редуктор, 14 — стойка

результате предварительной наладки станка на обработку несколькими инструментами.

Токарно-револьверный станок 1Г340П является универсальным токарно-револьверным станком. Он может быть прутковым или патронным и на нем можно выполнять работы, требующие последовательного применения различного режущего инструмента (черновое и чистовое точение, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и т. п.). Его применяют в условиях серийного производства. Станок 1Г340П (рис. 92) относят к револьверным станкам с горизонтальной осью револьверной головки. Ось вращения головки расположена ниже оси шпинделя и параллельна ей. Револьверная головка имеет 16 гнезд, в которых с помощью различных державок крепят режущий инструмент. Этот станок не имеет бокового (поперечного) суппорта. Револьверная головка получает продольную и поперечную подачи.

Автоматическое переключение частоты вращения шпинделя и подач суппорта при смене позиций револьверной головки в соответствии с программой, заданной на штекерной панели пульта управления, значительно повышает производительность работы на станке и удобство его обслуживания. Для наладки и обработки мелких партий деталей предусмотрено ручное управление станком.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр прутка 40 мм; наибольшая длина прутка 3000 мм; наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной, 400 мм; наибольшая подача прутка 100 мм; расстояние от переднего торца шпинделя до револьверной головки: наименьшее 128 мм, наибольшее 630 мм; число частот

вращения шпинделя: прямое — 12, обратное — 6; частота прямого вращения шпинделя: прутковое исполнение 45—2000 мин⁻¹, патронное исполнение 36—1600 мин⁻¹, скоростное исполнение 56—2500 мин⁻¹; число подач револьверного суппорта: продольных 12(0,035—1,6 мм/об), поперечных 12(0,02—0,8 мм/об).

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя (рис. 93) осуществляется от электродвигателя M ($N = 6,0/6,2$ кВт; $n = 960/1440$ мин⁻¹) через коробку скоростей. На станке применена унифицированная автоматическая коробка скоростей типа АКС 206—32—21 (рис. 93). В коробке скоростей с четырьмя валами имеется пять электромагнитных муфт 9 (ЭТМ-114) и пять электромагнитных муфт 10 (ЭМ-104), которые, включаясь попарно, дают на выходном валу 12 ступеней частоты вращения (с учетом двухскоростного электродвигателя). Частоты вращения можно переключать на ходу и под нагрузкой. Торможение выходного вала коробки скоростей осуществляется одновременно включением муфт на этом валу при отключенных остальных муфтах. Реверсирование шпинделя осуществляется электродвигателем.

Уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения шпинделя $n_{\min} = 960 \times (d_1/2) \times (34/46) \times (32/48) \times (27/53) \times (16/64) \times (d_3/d_4)$ мин⁻¹.

Продольная подача револьверного суппорта осуществляется от выходного (IV) вала коробки скоростей через плоскозубчатые ременные передачи (d_5/d_6) и (d_7/d_8), коробку подач и механизм фартука. Коробка подач (рис. 93) имеет пять электромагнитных муфт 3 типа ЭТМ и блок зубчатых колес $I(Z = 18)$ и ($Z = 28$), что обеспечивает 12 подач револьверного суппорта в двух диапазонах (по шесть автоматических подач). Уравнение кинематической цепи минимальной продольной подачи: $S_{\min} = 1$ об. шпинделя $\times (d_4/d_3) \times (d_5/d_6) \times (d_7/d_8) \times (18/58) \times (19/62) \times (21/75) \times (28/39) \times (2/34) \times (24/72) \times m_3 \times 12$, мм/об.

Продольное перемещение револьверного суппорта вручную осуществляют штурвалом при соответствующем положении муфт в механизме суппорта. Схемой станка предусмотрена возможность переключения скоростей и подач вручную переключателями, установленными на пульте управления, и автоматической установкой штекера в соответствующее гнездо на штекерной панели.

Поперечная (круговая) подача осуществляется от шпинделя станка до ходового винта по той же кинематической цепи, что и при продольной подаче, а далее через плоскозубчатую ременную передачу d_9/d_{10} , или цилиндрическую пару 32/34, конический реверсивный механизм ($Z = 36$; $Z = 36$; $Z = 36$), червячную передачу 1/33 и зубчатую передачу 19/152 на револьверную головку, при вращении которой происходит поперечная (круговая) подача. Уравнение кинематической цепи минимальной поперечной (круговой) подачи:

$$S_{\min} = 1 \text{ об. шпинделя } \times (d_4/d_3) \times (d_5/d_6) \times (d_7/d_8) \times (18/58) \times (19/62) \times$$

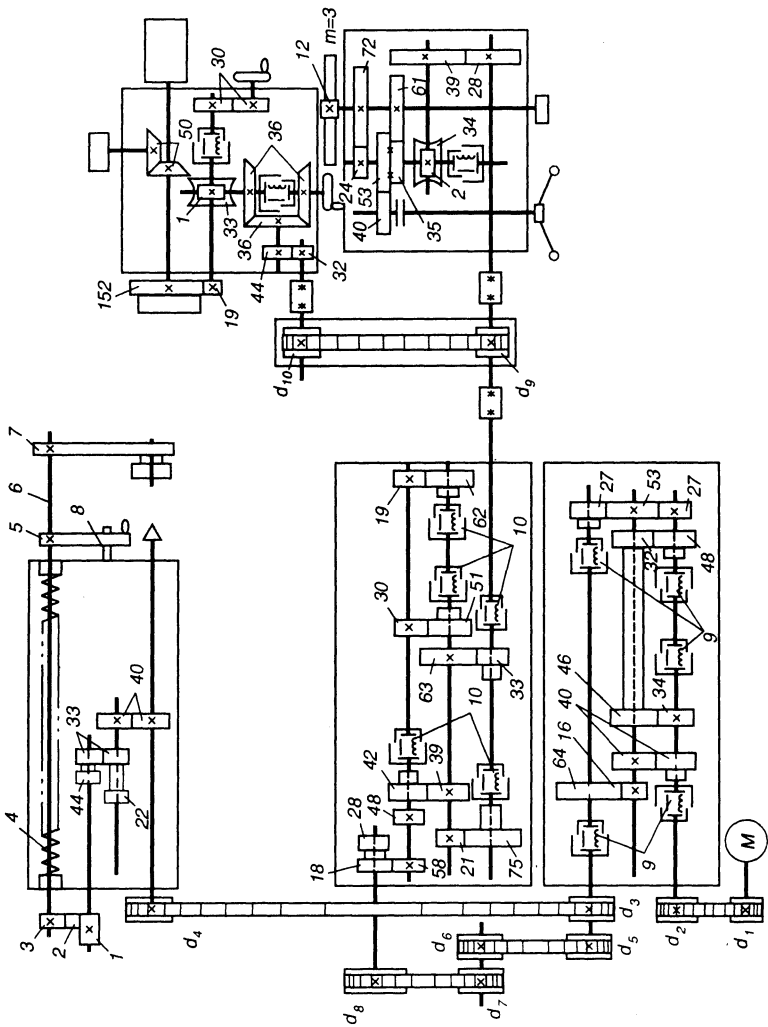


Рис. 93. Кинематическая схема станка 1Г340П

$x(21/75) \times (d_9/d_{10}) \times (32/44) \times (36/36) \times (1/33) \times (19/152) \times 2\pi R$ мм/об, где R — радиус окружности центров инструментальных гнезд, мм (для данного станка 100 мм).

На станке имеется копировальное устройство, предназначенное для продольного и поперечного копирования. Для этого на револьверной головке I закрепляют специальную державку с роликом, который упирается в копировальную линейку. Копировальную линейку устанавливают под необходимым углом к горизонтали и закрепляют в этом положении.

Продольное копирование осуществляется при продольной подаче револьверного суппорта, при этом ролик державки движется по наклонной линейке и поворачивает вокруг оси револьверную головку вместе с резцом, сообщая ему поперечную подачу. Ролик прижимается к поверхности копировальной линейки силой резания. При одновременном осуществлении резцом продольной и поперечной подач на заготовке образуется коническая или иная фасонная поверхность. При поперечном копировании включается поперечная подача, а продольное перемещение суппорта происходит под действием копировальной линейки.

Резьбонарезное устройство предназначено для нарезания по копиру I (рис. 93) резцами или гребенками наружных или внутренних резьб различных шагов. От шпинделя через кинематическую цепь с передаточным отношением $i_1 = (40/40) \times (22/44) = (1/2)$ или $i_2 = (40/30) \times (33/33) = 1$ вращение передается на сменный копир при передаточном отношении $i_2 = 1$ шаг нарезаемой резьбы равен шагу резьбы установленного копира I , а при передаточном отношении $i_1 = 1/2$ — половине этого шага.

Для нарезания резьбы нужно опустить рычаг 5 до упора винта этого рычага в планку 8 . Вместе с рычагом 5 поворачивается суппорт 7 и рычаг 3 , закрепленный на нем резьбовой губкой 2 и грузом. При этом резьбовая гребенка, закрепленная на суппорте, занимает положение, нужное для нарезания резьбы, а резьбовая губка 2 , перемещаясь по резьбе копира I , будет двигать в осевом направлении штангу 6 , рычаг 5 и суппорт 7 , обеспечивая продольную подачу инструмента на шаг нарезаемой резьбы.

Продольное перемещение суппорта 7 ограничено упором, который прикреплен к рычагу 5 . В результате действия упора рычаг 5 и губка 2 поднимаются над резьбой копира I и штанга 6 под действием пружины 4 возвращается в правое положение. Нарезание резьбы происходит за несколько рабочих ходов. Перед каждым следующим ходом резьбовую гребенку нужно подавать в поперечном направлении.

Наладка станка состоит из следующих этапов:

1) установка соответствующих диаметру прутка зажимной и падающей цапг или патрона для штучных заготовок;

- 2) установка последовательности циклов и режимов обработки на штекерной панели в соответствии с технологической документацией;
- 3) установка в гнездах револьверной головки заранее настроенных инструментов согласно карте наладки;
- 4) установка упоров на барабане в соответствии с картой наладки;
- 5) установка упоров круговых перемещений на станке при обработке в наладочном режиме первой детали согласно технологической документации.

Со станком по особому заказу может быть поставлен отрезной суппорт, который устанавливают на корпусе шпиндельной бабки.

3.2. ТОКАРНЫЕ АВТОМАТЫ И ПОЛУАВТОМАТЫ

Токарные автоматы и полуавтоматы могут быть универсальными, специализированными, горизонтальными и вертикальными, одно- и многошпиндельными. Одношпиндельные прутковые токарные автоматы подразделяют на револьверные, фасонно-отрезные и фасонно-продольные. Одношпиндельные токарно-револьверные автоматы в универсальном исполнении могут иметь шестипозиционную револьверную головку и поперечные суппорты.

В массовом производстве широко применяют многошпиндельные токарные автоматы. Они являются, как правило, многоинструментальными станками. По числу шпинделей их можно различать на одно- и многошпиндельные; по расположению шпинделей — на горизонтальные и вертикальные; по назначению — на универсальные и специализированные.

Горизонтальные одношпиндельные токарные полуавтоматы подразделяют на многорезцовые (центровые и патронные), копировальные и многорезцово-копировальные. На центровых станках обрабатывают заготовки, устанавливаемые в центрах, когда длина заготовки в несколько раз больше ее диаметра. На патронных станках в основном обрабатывают короткие заготовки большого диаметра. Одношпиндельные полуавтоматы, снабженные магазинным устройством, превращаются в автоматы.

Токарные копировальные полуавтоматы служат для изготовления деталей сложной конфигурации. Заготовки на таких станках обрабатывают одним или несколькими резцами. При обработке резцы могут перемещаться в продольном и поперечном направлениях в соответствии с профилем копира или эталонной детали. На копировальных полуавтоматах обработку можно вести на более высоких скоростях резания, чем при многорезцовой обработке.

Многошпиндельные автоматы и полуавтоматы по принципу работы подразделяют на автоматы (полуавтоматы) параллельного и последовательного действия.

Одношпиндельный токарно-револьверный автомат 1Б140. На токарно-револьверном автомате 1Б140 в условиях крупносерийного производства обрабатывают сложные по форме детали с применением нескольких последовательно или параллельно работающих инструментов.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр обрабатываемого прутка 40 мм; наибольший диаметр нарезаемой резьбы: в стальных деталях — М24, в деталях из латуни — М32; наибольшая подача прутка за одно включение — 100 мм; наибольший ход револьверной головки — 100 мм; время изготовления одной детали — 10,1—608,3 с. Частота вращения шпинделя: при левом вращении — 160—2500 мин⁻¹, при правом вращении — 63—1000 мин⁻¹; расстояние от торца шпинделя до револьверной головки: наименьшее — 75 мм, наибольшее — 210 мм; мощность электродвигателя — 5,5 кВт.

Принцип работы станка. Пруток пропускается через направляющую трубу и закрепляют в шпинделе станка цанговым зажимом. Инструмент закрепляют в револьверной головке, поперечных и продольных суппортах. Инструментами, установленными в револьверную головку, обрабатывают наружные поверхности, обрабатывают отверстия и нарезают резьбу; инструментами поперечных суппортов обрабатывают фасонные поверхности, подрезают торцы, снимают фаски и отрезают готовые детали, а инструментом продольного суппорта, установленного на переднем поперечном суппорте, обрабатывают конусы и осуществляют другие операции.

Кинематика станка. Главное движение станка осуществляется вращением шпинделя *V* (рис. 94), получаемым от электродвигателя *M1* через коробку скоростей и кинематическую передачу. Электромагнитные муфты в коробке скоростей переключаются переключателями автоматически по установленной программе. Таким образом, на шпинделе можно автоматически получить по три различных частоты при левом и правом вращении. Сменные зубчатые колеса a_1/b_1 позволяют увеличить число частот вращения шпинделя.

Вращение вспомогательного вала *VIII* осуществляется от самостоятельного электродвигателя *M2* через червячную пару (2/24) при включенной зубчатой муфте *1*. Вспомогательный вал вращается с частотой 120 мин⁻¹, а при выключенной муфте *1* его можно вращать вручную в наладочном режиме маховиком *б*.

От вспомогательного вала через червячную пару (1/18) вращение передается командоаппарату *2* переключения скоростей шпинделя, который по ходу технологического процесса обработки детали дает команды на включение соответствующих электромагнитных муфт в коробке скоростей. Через зубчатые колеса (36/72) × (72/72) вращение сообщается барабаном *3* и *4* механизмов подачи и зажима прутка. Револьверная головка *5* поворачивается через передачу (42/84) × (84/42), конические колеса (25/50) и мальтийский механизм *7* и *8*. От

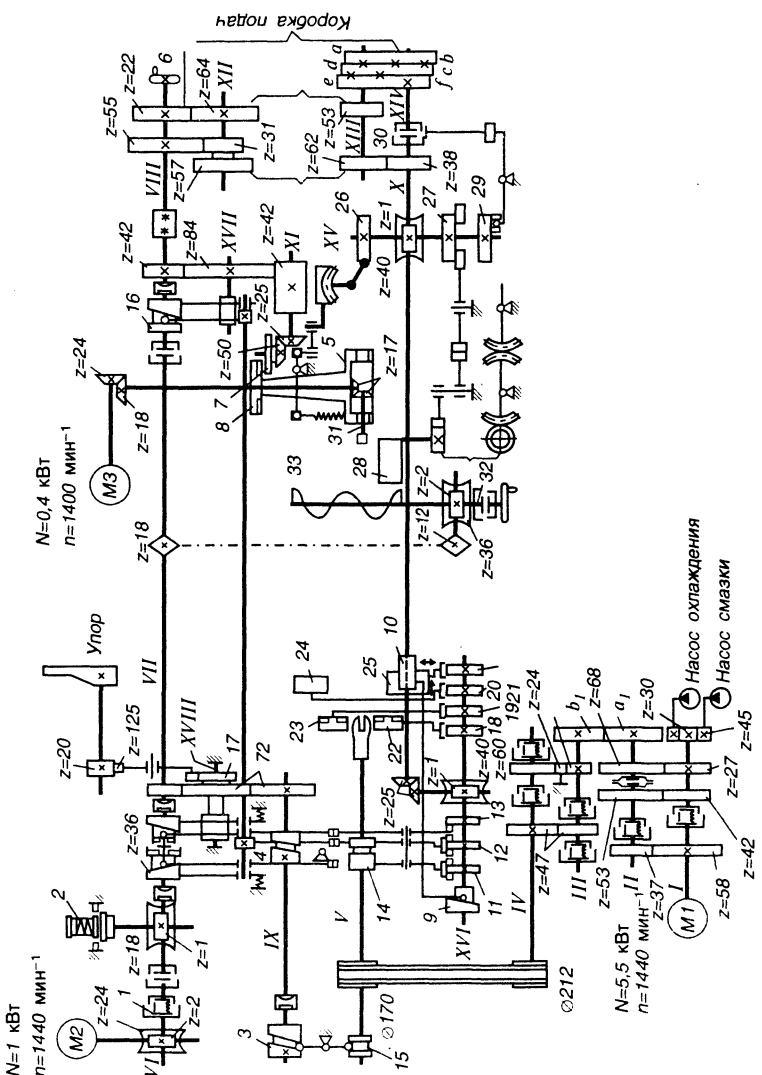


Рис. 94. Кинематическая схема станка ИБ140

вала VIII через коробку подач и червячную пару 1/40 вращение передается первому распределительному валу XV, а через передачи (25/25) и (1/40) — второму распределительному валу XVI. Валы XV и XVI связаны передачей с $i = 1$.

На распределительном валу XVI установлены цилиндрический кулачок 9, осуществляющий подачу продольного суппорта 10, и барабаны 11, 12 и 13, дающие команды на включение однооборотной муфты 14 для поворота барабана командоаппарата 2, муфты 15 для подачи и зажима прутка и муфты 16 для поворота револьверной головки. Перед подачей прутка кулачок 17 (вал XVIII) с помощью зубчатого сектора $Z = 125$ и колеса $Z = 20$ поворачивает упор и устанавливает его напротив переднего торца шпинделя. После подачи прутка упор отходит в исходное положение.

Качающийся упор применяют в том случае, когда все позиции в револьверной головке заняты режущим инструментом. Качающийся упор имеет меньшую жесткость, чем упор, установленный в револьверной головке. Поэтому при его применении для обработки точных деталей подрезают торец заготовки. Справа на валу XVI установлены дисковые кулачки 18 и 19 для подачи вертикальных суппортов 22 и 23 и кулачки 20, 21 для подачи поперечных суппортов 24 и 25.

На распределительном валу XV расположены дисковый кулачок 26 для подачи револьверного суппорта, барабан 27, управляющий приемником готовых деталей 28, барабан 29, переключающий с помощью муфты 30 распределительные валы медленного вращения на быстрое, и наоборот. Медленное вращение распределительных валов осуществляется от вала VIII через передачу (22/64) х (64/53) и сменные зубчатые колеса (a/b) х (c/d) х (e/f), муфта 30 включена вправо.

Вращение быстросверлильного приспособления осуществляется от самостоятельного электродвигателя МЗ. Вращение через конические зубчатые колеса (24/18) х (17/17) передается на шпиндель 31 быстросверлильного приспособления, установленный в одной из позиций револьверной головки. Этот шпиндель, вращаясь в направлении, обратном вращению заготовки, позволяет получить высокие скорости резания при сверлении отверстий малого диаметра.

Винтовой конвейер удаления стружки 33 получает вращение от вспомогательного вала VII через цепную передачу (18/12) и червячную пару (2/36) (муфту 32 включают вручную).

Револьверная головка в процессе работы получает следующие движения: продольное перемещение справа налево — быстрый подвод и рабочая подача, быстрый отвод в исходное положение и переключение с одной позиции на другую. Продольное перемещение револьверной головки осуществляется от кулачка 19 (рис. 95), профиль которого соответствует технологическому процессу изготовления детали. Выступы кулачка, поднимая ролик рычага с зубчатым сектором 20, через рейку 18, связанную тягой 21 и шатуном 22 с кривошипным валом 23,

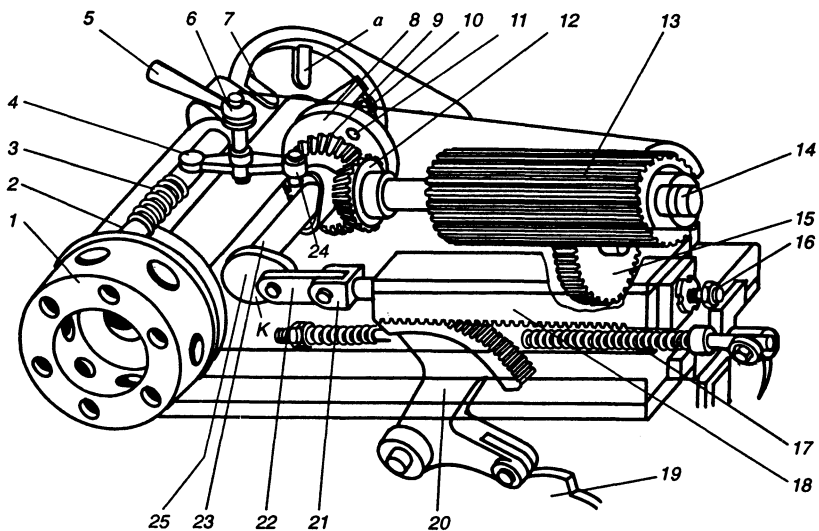


Рис. 95. Схема суппорта револьверной головки

сообщают движение револьверной головке 1. Револьверная головка находится под постоянным действием пружины 17, стремящейся сдвинуть ее вправо. Когда ролик, скатываясь с выступа, попадает во впадину кулачка 19, пружина отводит револьверную головку вправо на расстояние, соответствующее глубине этой впадины.

Револьверная головка поворачивается от вспомогательного вала через зубчатые колеса 15 ($Z = 84$) и ($Z = 42$), вал 14, конические колеса 12 и 9 с передаточным отношением (25/50), кривошипный вал 23 с диском 8 (на диске имеется палец 11 с роликом 13 и мальтийский крест 7 с шестью радиальными пазами «а»). Крест установлен на конце оси револьверной головки 1. При вращении кривошипного вала 23 ролик 10 входит в очередной паз мальтийского креста и поворачивает его на $1/6$ часть оборота вместе с револьверной головкой.

В рабочем положении револьверную головку удерживает фиксатор 2. Механизм фиксации состоит из пружины 3, кулачка 25 и рычага 4 с роликом 14. Когда кулачок 25, связанный с кривошипным валом 23, нажимает на ролик 24, рычаг 4 поворачивается на оси 6 и, преодолевая сопротивление пружины 3, вытягивает фиксатор 2 из гнезда револьверной головки 1. После поворота револьверной головки в новую позицию профиль кулачка 25 позволяет фиксатору 2 под действием пружины 3 войти в очередное гнездо револьверной головки и зафиксировать ее в новом положении. Рукоятка 5 служит для ручного отвода фиксатора.

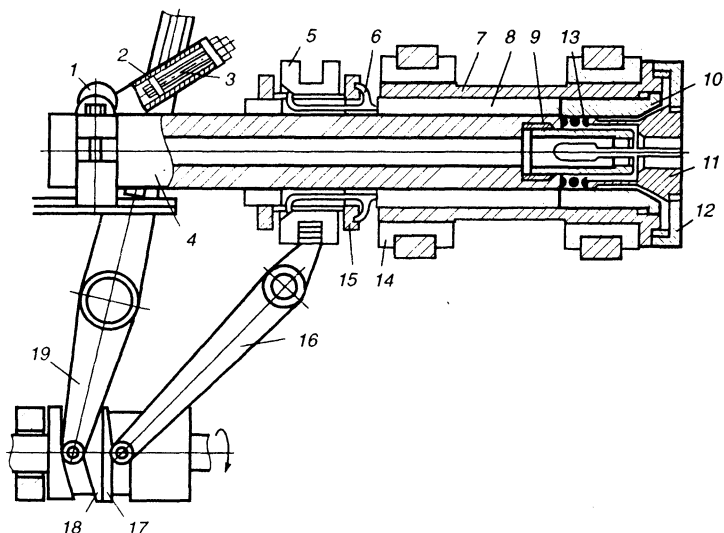


Рис. 96. Механизм подачи и зажима прутка автомата 1Б140

Чтобы при повороте револьверной головки в другую позицию не повредить режущие инструменты и обрабатываемую заготовку, перед каждым ее поворотом револьверный суппорт быстро отводят назад. Это осуществляется следующим образом. При вращении кривошипного вала 23, еще до того как ролик 10 дойдет до радиального паза «а» мальтийского креста 7 и начнется поворот револьверной головки, под действием кривошипа «К» и шатуна 22 револьверная головка быстро отойдет назад. По окончании поворота револьверной головки револьверный суппорт под действием кривошипа «К» займет первоначальное положение, при котором весь кривошипный механизм представляет собой одну жесткую систему (как показано на рисунке). Положение револьверного суппорта относительно торца шпинделя можно менять путем изменения положения тяги 21 в рейке 18 за счет ввертывания или вывертывания резьбовой втулки 16, которая связана с тягой 21.

Механизм подачи и зажима прутка шпиндельного узла 7 (рис. 96) состоит из подающей штанги 9, ввернутой в подающую трубу 4, и зажимной цанги 11, ход которой вправо ограничен гайкой 12. Подающая цанга закреплена в сжатом состоянии, а зажимная — в разжатом. В определенный момент, соответствующий циклу работы станка, получают вращение кулачки барабанного типа 17 и 18, управляющие зажимной и подающей цангами. Это происходит после отрезки обработанной детали. Вращение кулачков 17 и 18 осуществляется от вспомогательного вала через передачу $(36/72) \times (72/72)$ (см. рис. 94).

Первоначально от кулачка 18 (рис. 96) через рычаг 19 на расчетную величину подачи прутка перемешаются влево подающие труба 4 и цанга 9. При этом лепестки цанги скользят по зажатому прутку. Затем от кулачка 17 движение через рычаг 16 передается втулке 5. Во время подачи прутка необходимо, чтобы цанга 11 была в разжатом состоянии, поэтому втулке 5 сообщается перемещение вправо. Втулка 5 освобождает левые (длинные) концы рычажков 6, и труба 8 и втулка 10 под действием пружины 13 быстро отходят влево. Зажимная цанга разжимается и освобождает пруток. После этого подающая цанга получает движение вправо и за счет сил трения перемещает пруток до упора, установленного в револьверной головке. Затем от рычага 16 втулка перемещается влево, нажимает на левые концы рычажков 6, а они, опираясь на шайбу 15, смещают вправо трубу 8 и втулку 10, которая своим внутренним конусом сжимает зажимную цангу 11. Длину хода подающей цанги регулируют изменением положения камня 2, который можно перемещать винтом 3 по пазу рычага 19. Кронштейны 1 и 14 удерживают подающую трубу 4.

Наладка автомата 1Б140 включает разработку технологического процесса обработки и карты наладки, выбор нормальной и изготовленные специальной оснастки, кинематическую наладку и монтаж оснастки на станке. При разработке технологического процесса обработки необходимо соблюдать следующие рекомендации: а) стремиться вести обработку одновременно несколькими инструментами; б) обеспечить по возможности совместную работу инструментов револьверной головки и поперечных суппортов; в) при точении фасонными резцами фаски на переходных кромках заменять дугами окружностей радиусами $R = 0,2 - 0,3$ мм; г) перед сверлением отверстий диаметром менее 10 мм необходимо производить центрирование сверлом с вылетом $l \leq 2d$; д) сверление глубоких отверстий следует разбивать на несколько переходов; е) наиболее точные размеры по длине детали следует получать инструментами, закрепленными в поперечном суппорте; ж) если в револьверной головке занято всего 2—3 гнезда, необходимо переключать ее через одну позицию или изготовить две детали за один цикл.

Наиболее сложный профиль имеет дисковый кулачок револьверной головки. Его профиль вычерчивают на основе данных операционной карты и размеров кулачка. Профиль участков кулачка для переключения револьверной головки состоит из трех различных кривых, последовательно обеспечивающих отвод револьверной головки, ее поворот и последующий подвод. Кривые подвода и отвода головки вычерчивают по специальному шаблону, чертеж которого прикладывают к паспорту станка.

Участки кулачков, сообщающие подачу инструменту, вычерчивают по архимедовой спирали или по дуге, близкой к ней, для равномерного подъема ролика.

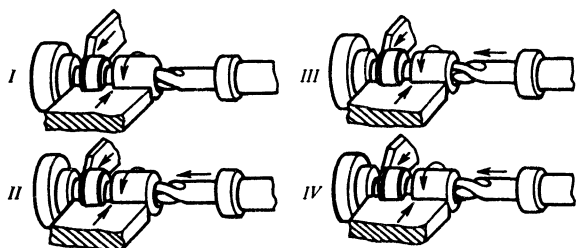


Рис. 97. Принципиальная схема многошпиндельного автомата параллельного действия

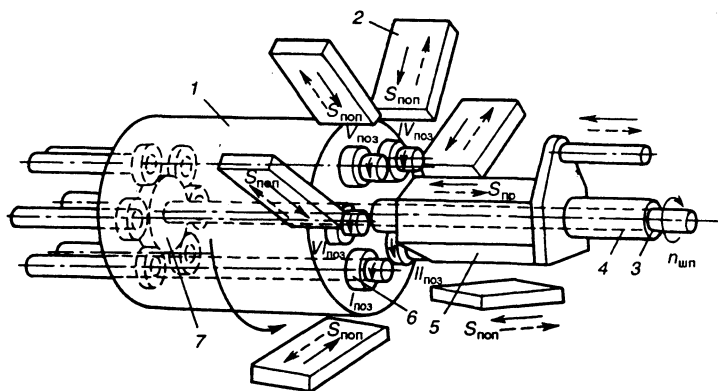


Рис. 98. Схема работы многошпиндельного автомата последовательного действия

По принципу работы многошпиндельные автоматы с горизонтальным расположением шпинделей делят на автоматы параллельного и последовательного действия. При обработке деталей на автоматах параллельного действия на каждом шпинделе выполняются одновременно все переходы, предусмотренные технологическим процессом. В конце цикла работы станка получается столько готовых деталей, сколько шпинделей находится в работе (рис. 97).

Схема работы многошпиндельного автомата последовательного действия показана на рис. 98. Шесть шпинделей 6 расположены по окружности в едином шпиндельном блоке 1. Вокруг этого блока расположено шесть поперечных суппортов 2, а на центральной гильзе 4 перемещается общий для всех шпинделей продольный суппорт 5. Поперечные суппорты получают подачу от индивидуальных кулачков, а продольный суппорт — от одного общего кулачка. При необходимости на продольном суппорте можно устанавливать скользящие держав-

ки с режущим инструментом, получающие другую подачу от индивидуальных кулачков. Здесь же можно установить инструментальные шпиндели с независимым приводом вращения. Шпиндели автомата получают вращение от приводного вала 3 через общее центральное зубчатое колесо 7 и поэтому имеют одинаковую частоту вращения.

У некоторых автоматов могут быть предусмотрены две загрузочные позиции. В этом случае заготовка проходит лишь половину имеющихся позиций и за это время полностью обрабатывается. В этом случае за один оборот шпиндельного блока одновременно завершается обработка двух заготовок. Такой принцип работы называется параллельно-последовательным.

Токарный шестишпиндельный автомат 1Б2656К. Предназначен для обработки деталей из прутков. На станке можно производить черновое, чистовое и фасонное обтачивание, подрезку торцов, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание внутренних и наружных резьб, накатывание резьб.

Техническая характеристика автомата. Число шпинделей 6, наибольший диаметр прутка 65 мм, наибольшая длина обработки 190 мм, частота вращения шпинделей: в обычном исполнении 73—1065 мин⁻¹, в быстроходном исполнении 73—1590 мин⁻¹; число суппортов: продольных 1, поперечных 6; наибольший ход суппорта при нормальных кулачках: продольного — 200 мм; поперечных: верхних и нижних — 80 мм, средних — 70 мм; габаритные размеры станка 6265 x 1830 x 2170 мм.

Автомат состоит из следующих основных частей. На станине А (рис. 99) установлен корпус шпиндельного блока В. Прутковый материал поддерживается трубами со стойкой Б. С правой стороны станины расположена коробка передач Ж, в которой установлен привод главного движения, привод подач распределительного вала Г, привод инструментальных шпинделей. В станке имеется продольный суппорт Е и шесть поперечных суппортов с независимой подачей.

Автомат работает по следующему циклу. Прутковый материал закладывают в направляющие трубы и закрепляют в цанговых патронах шпинделей. Каждый шпиндель получает вращательное движение. Заготовка обрабатывается последовательно в шести позициях шпиндельного блока. Автомат имеет шесть поперечных суппортов, в пазах которых установлены резцедержатели с отрезными и фасонными резцами. Кроме того, имеется один, общий для всех позиций продольный суппорт, на каждой из шести граней которого устанавливаются державки с инструментами, которые в позициях III—VI могут иметь независимую от продольного суппорта подачу.

Инструментальные шпиндели используют для нарезания резьбы и быстрого сверления. Они получают вращение от коробки передач через длинные шлицевые валы. Все суппорты перемещаются от постоянных кулачков, установленных на распределительном валу. Шпиндельный

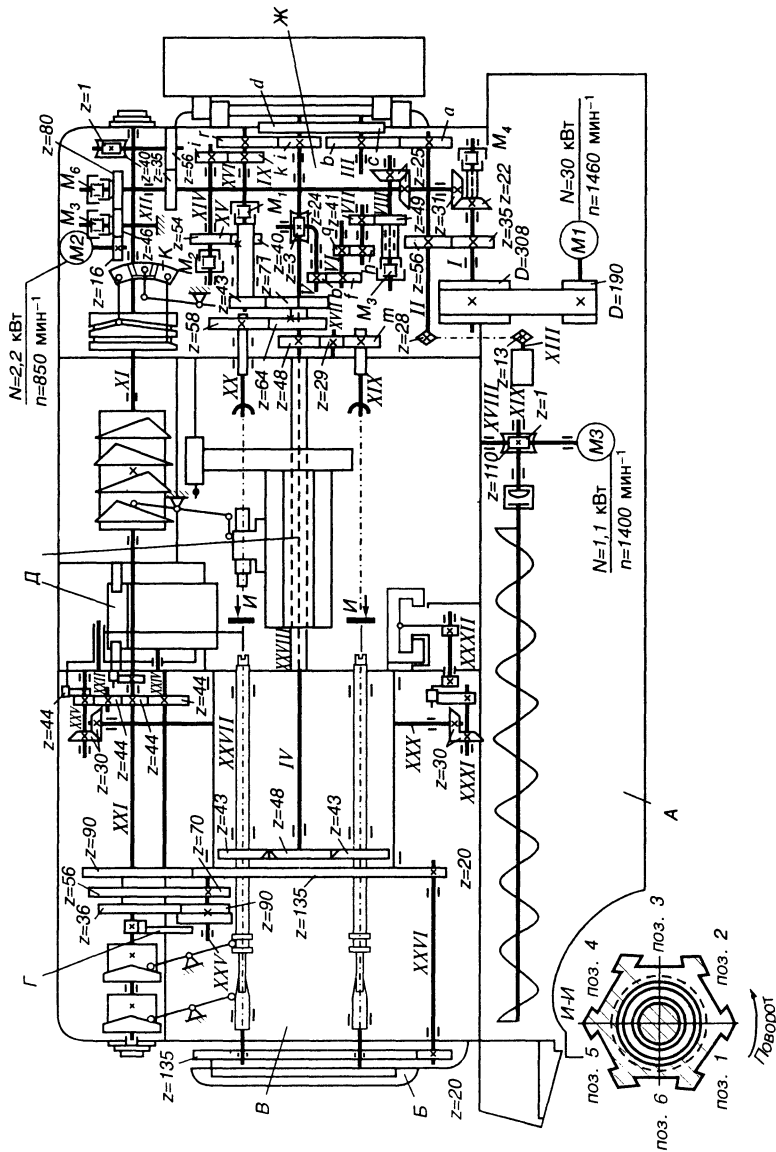


Рис. 99. Кинематическая схема шестишпиндельного автомата 1Б2656К

блок периодически поворачивается на 60° для изменения позиции. Последний этап — отрезка детали, после чего пруток подается до упора.

Движение в станке. Основные шпиндели автомата приводятся во вращение электродвигателем $M1$ (мощность 30 кВт; $n = 1460$ мин $^{-1}$) через клиноремennую передачу $D = 190/308$, цилиндрическую пару (35/56), сменные зубчатые колеса (a/b) и (c/d) и центральный вал IV . На центральном валу IV закреплено зубчатое колесо $Z = 48$, от которого вращение передается колесам $Z = 43$, установленным на концах шести шпинделей.

Уравнение кинематической цепи от электродвигателя к шпинделям $n_{\text{шп}} = 1460 \times (190/308) \times 0,985 \times (35/56) \times (a/b) \times (c/d) \times (48/43)$ об/мин, откуда $(a/b) \times (c/d) \approx n_{\text{шп}}/620$.

Прилагаемый к станку набор сменных зубчатых колес позволяет получить 29 частот вращения шпинделя в пределах 73—1590 мин $^{-1}$.

Инструментальный быстросверлильный шпиндель $XXIX$ получает вращение от центрального вала IV через зубчатое колесо $Z = 48$, промежуточное колесо $Z = 29$ и сменное зубчатое колесо m . Паразитное колесо $Z = 29$ с подвижной осью обеспечивает зацепление колес $Zd = 48$ и m . К станку прилагают зубчатые колеса с числами зубьев 29, 36, 43, 53, 55, 73. Частоту вращения шпинделя находят из уравнения кинематической цепи, составленному от основных шпинделей к быстросверлильному шпинделю: $n_c = n_{\text{шп}}(43/48) \times (48/29) \times (29/m)$, откуда $n_c = 43n_{\text{шп}}(1/m)$.

Так как основной и вспомогательный шпиндели вращаются в разные стороны, относительная частота вращения есть сумма их частот вращения: $n = n_c + n_{\text{шп}} = n_{\text{шп}}[43(1/m) + 1]$. Тогда скорость резания при сверлении $V = \pi d_c n / 1000 = \pi d_c [43(1/m) + 1] / 1000$, где d_c — диаметр сверла.

Вал XX шпинделя резьбонарезного устройства получает вращение от вала IV . Для нарезания правой резьбы (или свинчивания при левой) движение от центрального вала IV передается через сменные зубчатые колеса i/r , вал XVI , а от него при включенной электромагнитной муфте M_1 через зубчатые колеса $(43/71) \times (64/50)$ получает вращение приводная втулка инструментального шпинделя. Уравнение кинематической цепи (от основных шпинделей) для инструментального шпинделя: $n = n_{\text{шп}}(43/48) \times (i/r) \times (43/71) \times (64/50)$ или $n = n_{\text{шп}}K_1$, где $K_1 = (43/48) \times (i/r) \times (43/71) \times (64/50)$.

При свинчивании инструмента (или нарезании левой резьбы) электромагнитная муфта M_1 включается, и выключается муфта M_2 . Тогда вращение от центрального вала IV на приводную втулку инструментального шпинделя подается через сменные зубчатые колеса $(i/r) \times (k/i)$ и далее через передачу. Тогда $n = n_{\text{шп}}(43/48) \times (i/r) \times (k/i) \times 54/40 \times (43/71) \times (64/50)$ или $n = n_{\text{шп}}K_2$.

Инструмент и заготовка вращаются в одну сторону, а навинчивание или свинчивание происходит вследствие изменения частоты вращения

инструментального шпинделя. При нарезании правой резьбы $n < n_{\text{шт}}$ ($K_1 < 1$), а при свинчивании инструмента $n > n_{\text{шт}}$ ($K_{2d} > 1$). Такой метод обгона применяют при использовании цельных инструментов (метчиков, плашек). При нарезании резьб самооткрывающимися головками привод резьбонарезного шпинделя аналогичен сверлильному, а подача производится специальным резьбовым кулачком.

Подача всех рабочих органов станка осуществляется кулачками, установленными на распределительном валу. Во время рабочих движений станка распределительный вал вращается медленно, а при вспомогательных — быстро, с постоянной угловой скоростью. Распределительный вал состоит из двух валов XXI и XI , соединенных шлицевой втулкой. На валу XXI расположены барабаны с кулачками зажима и подачи прутка, диск с кулачками фиксации, устройство поворота шпиндельного блока. На валу XI расположены барабаны подачи продольного суппорта, барабаны устройств с независимой подачей, диск с кулачками для привода верхних поперечных суппортов, зубчатое колесо привода командоаппарата. Дополнительные распределительные валы $XXXI$ и $XXXII$ имеют диски с кулачками, управляющими движением нижних и поперечных суппортов; с валом XXI эти валы связаны конической передачей (30/30).

Рабочее вращение распределительного вала происходит от основных шпинделей через центральный вал IV , червячную пару 3/24, сменные зубчатые колеса (e/f) \times (g/h), передачу 41/49 при включенной электромагнитной муфте M_4 . Частота вращения распределительного вала на холостом ходу: $n_{\text{всп.р.в}} = 1460 \times (190/308) \times 0,985 \times (22/31) \times (35/56) \times (1/40) = 10 \text{ мин}^{-1}$. Время вспомогательного хода равно 3,5 с.

Вращение в наладочном режиме распределительный вал получает от электродвигателя $M2$ через зубчатые колеса (16/46), (46/80), вал IX , передачи (35/35), (1/40). При этом муфты M_3 — M_5 должны быть выключены, а муфта M_6 — включена. При выключении наладочного привода муфта M_5 включается и тормозит распределительный вал. Частота вращения распределительного вала при наладочном режиме $n_{\text{нал.р.в}} = 950 \times (16/46) \times (46/80) \times (35/56) \times (1/40) \approx 3 \text{ мин}^{-1}$.

Поворот шпиндельного блока осуществляется с помощью пятипазового мальтийского механизма и зубчатых передач 70/56 и 90/135. За один оборот распределительного вала шпиндельный блок повернется на 1/6 оборота. Следовательно, $1_{\text{нал.р.в}} \times 1/5 \times (70/56) \times (90/136) = 1/6$ оборота шпиндельного блока.

При двойной индексации $I_{\text{об.р.в}} \times (1/5) \times (90/36) \times (90/135) = 1/3$ оборота шпиндельного блока. Одновременно со шпиндельным блоком через передачу (135/20) \times (20/135) получает вращение блок, поддерживающий трубы. Перед поворотом шпиндельный блок расфиксируется и поднимется над опорами по команде от кулачка, находящегося на распределительном валу.

Схема подъема шпиндельного блока показана на рис. 100. При эксплуатации станка необходимо следить, поднимается ли блок перед

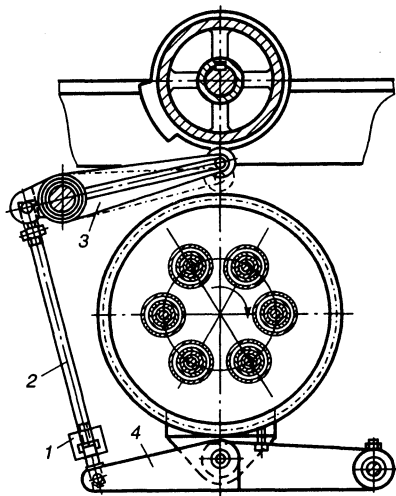


Рис. 100. Схема подъема шпиндельного блока

поворотом. Если нет, то необходимо отрегулировать разрезную гайку 1 на тяге 2, соединяющей верхний 3 и нижний 4 рычаги механизма подъема.

Поперечные суппорты приводятся в движение рычажной системой от дисковых кулачков, находящихся на распределительном валу. Величина рабочего хода поперечного суппорта устанавливается при помощи рычажной системы.

Привод винтового конвейера для уборки стружки осуществляется от электродвигателя МЗ (рис. 99) ($N = 1,1$ кВт; $n = 1030$ мин⁻¹) через редуктор 1/100. Устройство для смазывания узлов станка получает вращение от цепной передачи 28/13.

При работе на токарных автоматах и полуавтоматах необходимо со-

блюдать основные правила техники безопасности, а именно:

1. Проверить состояние станка: убедиться в надежности крепления стационарных ограждений, в исправности электропроводки, заземляющих проводов, рукояток и маховиков управления станком.

2. На холостом ходу проверить исправность кнопок «Пуск» и «Стоп», действие и фиксацию рычагов и ручек включения режимов работы станка, системы принудительного смазывания, а также системы охлаждения.

3. Перед каждым включением станка убедиться, что его пуск ни для кого не опасен; постоянно следить за надежностью крепления станочного приспособления, обрабатываемой заготовки, а также режущего инструмента.

4. При появлении запаха горячей электроизоляции или ощущения действий электрического тока при соприкосновении с металлическими частями станка немедленно остановить станок и вызвать мастера.

5. О всех неполадках в работе станка, если они имели место на протяжении смены, сообщить сменщику или мастеру.

3.3. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ПУ

В мелкосерийном и среднесерийном производстве с частой сменой изготавливаемых изделий наибольшее распространение получили автоматизированные станки с ЧПУ. Станок с ЧПУ позволяет осуществлять взаимное перемещение детали и инструмента по командам без

применения материального аналога обрабатываемой детали (кулачков, шаблонов, копиров). Программа работы станка записывается на перфоленту, перфокарту или набирается на штекерной панели. В последних моделях станков с ЧПУ составление управляющей программы осуществляется оператором с помощью клавиатуры микроЭВМ, а редактирование программы в режиме диалога с графическим дисплеем. Ввиду того, что программа составляется заранее, то благодаря быстрой смене программноносителя, станок с ЧПУ переналаживается в короткое время на обработку заготовки другой детали.

Основные преимущества станков с ЧПУ следующие: простота модификации технологического процесса путем внесения корректирующих программ на программноноситель или в запоминающее устройство микроЭВМ; высокие режимы обработки с использованием максимальных возможностей станка; исключение предвзятых ручных разметочных и пригоночных работ; повышение производительности труда за счет сокращения вспомогательного и машинного времени обработки; повышение точности и идентичности деталей; сокращение числа переустановок деталей при обработке и сроков подготовки производства.

Функции станочника упрощаются и сводятся к установке заготовки и съему детали, контролю за циклом обработки, смене инструмента. Благодаря автоматическому позиционированию устраняются ошибки оператора при установке координат. Коэффициент использования станков с ЧПУ выше, чем универсальных, благодаря сокращению времени наладки, смены инструментов, контроля и повышению процента машинного времени в цикле работы станка (до 75 %). Поэтому срок окупаемости станков с ЧПУ составляет 2—3 года.

Системы ЧПУ вызвали необходимость пересмотра конструкции механизмов и компоновки станка в целом. Особенности обработки программы предъявляют специфические требования к станкам с ЧПУ: повышение жесткости станин и корпусных деталей и повышение собственной частоты колебаний механизмов с целью предотвращения резонансных явлений, которые возникают в случае совпадения частот управляющих импульсов и возмущающих колебаний механизмов; автоматическое переключение скоростей в приводе главного движения и подач: применение регулируемого бесступенчатого привода; выполнение механизмов подач с минимальными зазорами; обеспечение плавности перемещения при малых скоростях, путем применения шариковых и гидростатических винтовых передач и направляющих, механизмов автоматической компенсации износа; создания предварительного натяга в подшипниковых опорах и направляющих; обеспечение максимального быстродействия, что достигается снижением приведенного момента инерции привода, выбором оптимального передаточного отношения; повышение точности и надежности позиционирования; сокращение времени при резком изменении направлений движения; идентичность характеристик механизмов подач по различ-

ным координатам с целью обеспечения высокой точности обработки криволинейных контуров детали; уменьшения изнашивания и нагрева механических узлов во избежание потери точности; повышение КПД приводов; автоматизация зажимных и загрузочных механизмов; применение устройств для автоматической смены инструмента.

Токарный станок с ЧПУ мод. 16K20ФЗС35. Высокой жесткостью и виброустойчивостью обладает компоновка токарного станка 16K20ФЗС35 с ЧПУ. Станок предназначен для токарной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения со ступенчатыми и криволинейными профилями различной сложности за один или несколько проходов в автоматическом цикле, имеет автоматическую смену инструмента с помощью шестипозиционной резцовой головки. Главной особенностью станка является нормализация основных узлов. Среди унифицированных узлов редукторы главного привода, привода продольного перемещения, привода поперечного суппорта, автоматическая коробка скоростей, шариковинтовая передача поперечного и продольного перемещения, гидростанция, электрический привод задней бабки, транспортер для уборки стружки и др.

Главный привод станка включает автоматическую коробку скоростей и редуктор. Передачи винт-гайка качения совместно с беззазорными редукторами служат составными частями приводов поперечной и продольной подачи.

Техническая характеристика: наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной, 400 мм; наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над суппортом, 220 мм; расстояние между центрами 1000 мм; частота вращения шпинделя 12,5—2000 мин⁻¹; пределы подач продольных 6—1200 мм/мин, поперечных 3—600 мм/мин. Скорость быстрых ходов продольных 4800 мм/мин, поперечных 2400 мм/мин; дискретность перемещения продольного 0,01 мм, поперечного 0,005 мм, габаритные размеры.

Кинематика станка. Привод продольной подачи суппорта включает шаговый электродвигатель (ШД), гидроусилитель (ГУ), одноступенчатый редуктор $Z = 30$, $Z = 125$ и передачу винт-гайка качения с шагом 10 мм. При резьбонарезании необходимо точное согласование вращения шпинделя и продольного перемещения резца. Контроль точности поворота шпинделя осуществляют датчиком ВЕ-51, получающим вращение от шпинделя станка через беззазорную передачу $Z = 60$.

Привод поперечной подачи резцедержателя смонтирован на задней стороне каретки и аналогичен приводу продольной подачи. Конструкция резцедержателя обеспечивает автоматическую смену инструментов. Поворотный шестипозиционный резцедержатель с горизонтальной осью вращения установлен на поперечном суппорте 5 (рис. 101). Он предназначен для крепления корпуса 1 съемной инструментальной головки 2 и поворота ее в заданную позицию. В головке крепится шесть резцов 3 или три инструментальных блока. Инструментальная головка

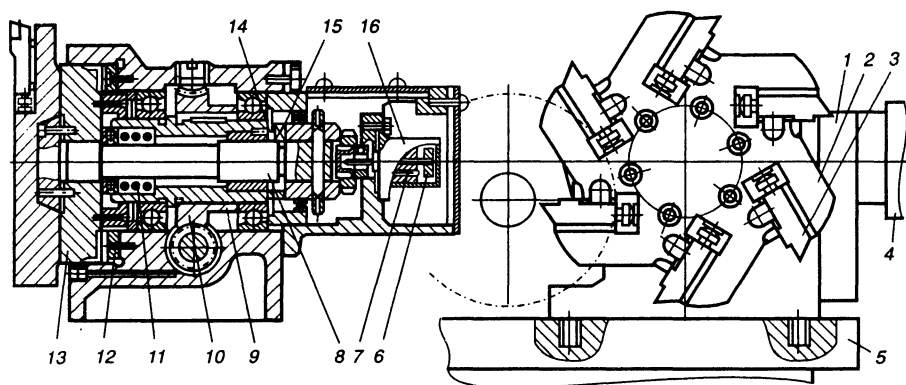


Рис. 101. Шестипозиционный резцедержатель токарного станка 16К20ФЗС5

базируется на валу 8 и жестко крепится с плоскозубчатой полумуфтой 13. Переключение головки происходит от электродвигателя *M4* через пару зубчатых колес $Z = 20$, $Z = 62$ и червячную пару 9—10 ($Z = 1$, $Z = 38$), вращение передается валу через муфты 14, 15. В начале этого движения вал перемещается влево под действием пружины 11, полумуфты 13, 12 расцепляются. Вал с головкой поворачивается в заданную позицию.

Подход головки в требуемую позицию фиксируется срабатыванием выключателя 7 командоаппарата 16, на который воздействует вращающийся синхронно с валом магнит 6. По команде герконов происходит реверс электродвигателя. Муфта 14 начинает вращаться в обратную сторону, а головка с полумуфтой 13 удерживается от поворота фиксатором. Кулачки муфты 14 упираются в кулачок полумуфты 15 и своими скосами отжимают последнюю вместе с валом в осевом направлении, сжимая пружину. Полумуфта 13 плотно сцепляется по плоским зубьям с полумуфтой 12, надежно запирая вал от поворота. Кулачок 6 нажимает на выключатель 7, и электродвигатель отключается. Резцедержатель готов к выполнению очередного рабочего цикла обработки новым резцом. Предусмотрен ручной поворот головки при наладке станка. Резцовые вставки и инструментальные блоки настраивают вне станка с помощью индикаторов и оптических приборов.

Станок оснащен контурной тягово-импульсной системой ЧПУ (рис. 102). Система ЧПУ управляет перемещениями суппорта по двум координатам X , Y автоматическим переключателем частот вращения шпинделя, индексацией резцовой головки, подачей СОЖ и др. Программа обработки, записанная на перфоленте (программоноситель ПН), перемещается относительно считывающего устройства СУ. Преобразование информации в электрические сигналы осуществляется

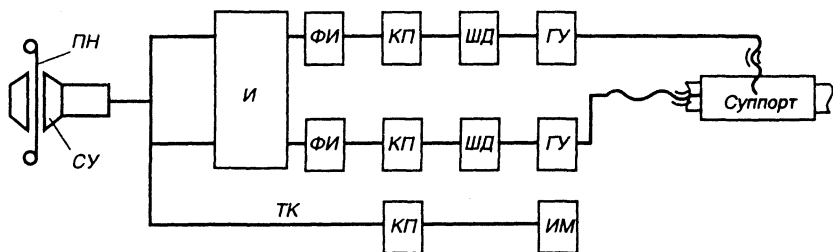


Рис. 102. Схема шагово-импульсной системы ЧПУ

интерполяторами. Интерполятор (*И*) представляет собой устройство, которое по численным параметрам участка контура (координатам начальных и конечных точек прямой или дуги) рассчитывает с определенной дискретностью координаты промежуточных точек. Электрические сигналы поступают в формирователь импульсов *ФИ*. Последовательность импульсов соответствует перемещению рабочих органов станка по траектории, описывающей контур детали. Кодовый преобразователь (*КП*) преобразует импульсы в простой код, «понятный» для работы шагового двигателя *ШД* с гидроусилителем (*ГУ*), связанного с ходовым винтом суппорта (исполнительный механизм *ИМ*).

Для согласования перемещения реза с вращением шпинделя служит электрический датчик оборотов шпинделя ВЕ-51.

В качестве примера рассмотрим обработку детали «корпус штуцера». При составлении управляющей программы указывают: резец подрезной с радиусом режущей кромки 1 мм, материал режущей части резца — твердый сплав, скорость резания 130—120 м/мин ($n = 400 \text{ мин}^{-1}$), подача 0,15—0,2 мм/об. Координаты характерных точек 1—4, ..., 7—11 определяют простым суммированием значений координат точек на чертеже детали и радиуса режущей кромки резца (рис. 103), а точек 5 и 6 из расчетных треугольников. Координаты исходной точки положения резца определяют из наладки станка, которая зависит от положения револьверной головки, вылета резца и длины патрона и кулачков.

Токарный станок 16К20Ф3. Станок предназначен для токарной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей со ступенчатым и криволинейным профилем в осевом сечении при полуавтоматическом цикле, заданном программой на перфоленте.

Техническая характеристика станка: наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной 500 мм; наибольшая длина обрабатываемой заготовки 1000 мм; число частот вращения шпинделя 22, в том числе автоматически переключаемых 9; скорость движения продольной подачи 3—1200 мм/мин; скорость быстрых продольных ходов

4800 мм/мин; дискретность продольных перемещений 0,01 мм; дискретность поперечных перемещений 0,005 мм.

Станок 16К20Ф3 сконструирован на базе станка 16К20, поэтому компоновка, составные части и движения у этих станков одинаковы. Во многом унифицирована также конструкция. Особенностью станка является шестипозиционный резцедержатель с горизонтальной осью поворота и съемной инструментальной головкой.

Кинематика станка. Главное движение сообщается шпинделю VIII (рис. 104). Источником движения служит электродвигатель М1. Автоматическая коробка скоростей (АКС) с электромагнитными муфтами М1...М6 обеспечивает автоматическое переключение частоты вращения в диапазоне, равном 16 (отношение максимальной частоты вращения к минимальной). Коробка скоростей связана с двигателем и со шпиндельной бабкой клиноременными передачами 130/178 и 204/274.

После клиноременной передачи, пары 47/47 между валами IV и V, следует цепь перебора с большой редукцией, соединяющая валы V, VI, VII, VIII. При отключении перебора колесо 45 передвигается по валу VI вправо, а блок 48—60 — по шпинделю влево до включения передачи 60/48 или 30/60 между валами V и VIII. Цепь главного движения становится короче.

Максимальная частота вращения шпинделя $n_{\max} = 1460 \times (130/178) \times (36/36) \times (48/24) \times (204/274) \times (47/47) \times (60/8) = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Вручную переключениями в шпиндельной бабке устанавливают один из трех диапазонов частот вращения шпинделя. В каждом диапазоне может быть получено с помощью АКС девять ступеней частот вращения. При одновременном включении муфт М4 и М6 шпиндель тормозится.

Продольная и поперечная подача осуществляется ходовыми винтами XIV и XVII. Если источником движения служит обычный (не силовой) шаговый электродвигатель (М2 и М3), то необходим гидросилнитель ГУ и редуктор (30/125) и (24/100). Угол поворота у ротора

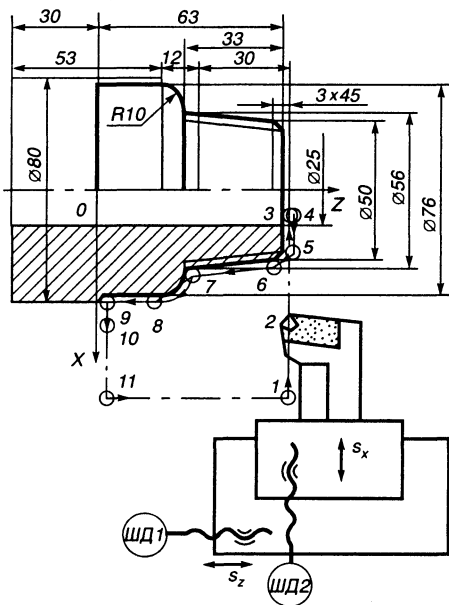


Рис. 103. Схема расчетных программных перемещений суппорта станка

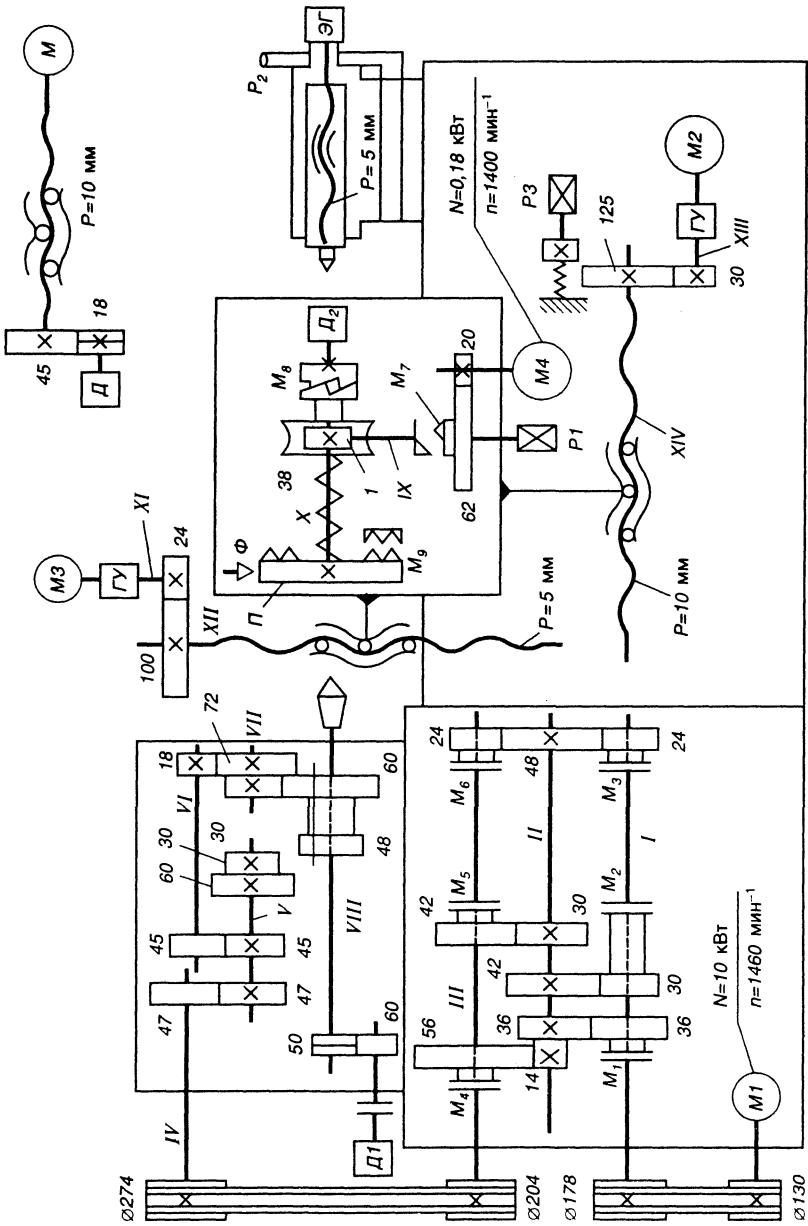


Рис. 104. Кинематическая схема токарного станка 16К20Ф3 с ЧПУ

шагового двигателя за каждый импульс из системы управления составляет $1,5^\circ$. Этому будет соответствовать минимальное продольное перемещение каретки суппорта $S_{\text{прод.мин}} = 1,5/360 \times (30/325) \times 10 = 0,01$ мм. При максимальной частоте импульсов 8000 Гц, т. е. 8000 имп/с, скорость продольного движения $0,01 \times 8000 \times 60 = 4800$ мм/мин. Поперечное движение вдвое медленнее, так как шаг ходового винта $P = 5$ мм.

Нарезание резьбы достигается согласованием сигналов, поступающих от фотоэлектрического датчика резьбонарезания $D1$ (рис. 104) в шпиндельной бабке, и сигналов, поступающих в шаговый двигатель $M2$. Благодаря этому, вращение шпинделя согласуется с продольным перемещением шпинделя. Согласование осуществляет система ЧПУ. В ней же переключателем настраивают соотношения движений, необходимое для заданного шага P_d нарезаемой резьбы. Известные расчетные перемещения 1 об. шпинделя \rightarrow в P_d мм перемещения суппорта выражаются через числа импульсов: 1000 импульсов от датчика $D1 \rightarrow 100P_d$ импульсам на двигатель $M2$, 10 импульсов от датчика $D \rightarrow 1P_d$ импульсу на двигатель $M2$.

Поворот планшайбы $П$ резцедержателя вокруг горизонтальной оси (вал X) производится электродвигателем $M4$ через зубчатые колеса 20/62 и червячную передачу 1/38. В рабочем положении планшайба фиксируется от поворота плоскозубой муфтой M_5 . Ее сцепление, которому препятствует пружина на валу X , и расцепление происходит благодаря винтовой форме зубьев M_5 . В начале поворота червячного колеса поверхности зубьев левой полумуфты M_5 отходят от зубьев правой полумуфты. Под действием пружины вал X с планшайбой сдвигается влево — муфта M_5 размыкается, затем головка поворачивается в нужную позицию. По команде электрического датчика положения $D2$ двигатель $M4$ реверсируется, причем фиксатор Φ препятствует обратному повороту планшайбы, вала X и правой полумуфты M_5 . Из-за винтовой формы зубьев вал и головка перемещаются вправо — муфта M_5 замыкается. При однозубой конструкции муфта M_7 обеспечивает разгон двигателя; используется сила инерции для снятия затяжки в муфте M_8 при зажиме.

Система ЧПУ станка. Станок может быть оснащен различными системами ЧПУ. Предусмотрены следующие модификации: станок 16К20Ф3 комплектуется системой ЧПУ СС221-Т французской фирмы «Алкатель», станок 16К20Ф3С5 — отечественной системой ЧПУ Н22—1М, станок 16К20Ф3С8 — отечественной системой 1Н22-61.

Все эти системы контурного типа с программносителем в виде восьмидорожечной перфоленты. Они управляют двумя координатами вдоль оси изделия, X — поперечная горизонтальная ось. Система М22-1Н — разомкнутая, две другие системы замкнутые (с обратной связью). Система М22-1Н отсчитывает размеры в приращениях, в других системах может действовать также абсолютная система отсчета (от общего нуля).

Токарный станок 16К20Т1 с оперативной системой ЧПУ. Станок создан на базе станка 16К20Ф3 и имеет то же назначение. Большинство узлов унифицировано. Принципиально различаются системы управления.

В отличие от станка 16К20Ф3 в станке 16К20Т1 пределы продольных подач 0,01—2,8 мм/мин; наибольшая скорость движения продольной подачи 2000 мм/мин; скорость быстрых продольных ходов 6000 мм/мин.

Управление станком осуществляется посредством «Электроники НЦ-31». Станок оснащен следящими электроприводами подач: источниками движения являются двигатели постоянного тока; обратная связь выполнена на базе датчиков фотоимпульсного типа.

Оперативное управление обеспечивает ввод и редактирование управляющей программы с помощью клавиатуры пульта, а также возможность передачи программы в кассету внешней памяти для хранения вне станка.

Основные технические данные системы управления: тип системы — контурная, построенная на базе микроЭВМ; интерполяция линейная и круговая; система отсчета размеров в абсолютных и относительных координатах; число команд, которое может храниться в архиве системы (внутри ее), составляет 250 х 6, в том числе объем текущей программы, которую можно просматривать, исправлять и обрабатывать в автоматическом режиме, — 250 команд.

При многопроходных циклах нет необходимости программировать каждый рабочий ход. Система автоматически повторяет набор движений, необходимых для последовательного снятия всего припуска при заданной глубине резания. Если участок программы должен повториться несколько раз, его называют подпрограммой и вызывают для отработки в необходимом месте основной программы.

Пульт системы управления (рис. 105) состоит из клавиш, сигнальных лампочек и цифровых индикаторов. Элементы пульта сгруппированы в четыре зоны. В зоне *I* расположены клавиши для управления перемещением суппорта в ручном режиме. В зоне *II* сгруппированы клавиши для выбора режимов работы и управления работой системы. Набор клавиш в зоне *III* служит для ввода буквенно-цифровой информации программы, верхняя часть пульта занята тремя цифровыми индикаторами: четырехразрядный показывает значение заданной подачи на оборот шпинделя, трехразрядный — номер кадра управляющей программы или номер параметра станка (при вводе и контроле параметров), семиразрядный — числовую часть следующую за буквенными адресами, положение суппорта и другие данные. На пульте установлены также сигнальные лампочки *L*.

Токарно-карусельный станок типа 1512Ф3 с ЧПУ. Станок 1512Ф3 предназначен для обработки заготовок различных деталей из черных и цветных металлов в условиях единичного, мелкосерийного и сред-

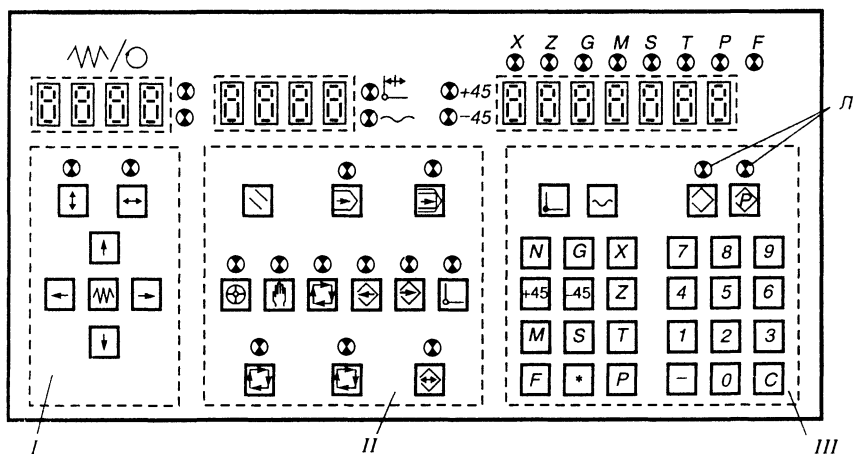


Рис. 105. Пульт оператора станка 16K20T1

несерийного производства (рис. 106). На нем можно производить обтачивание и растачивание поверхностей с прямолинейными и криволинейными образующими, протачивание торцовых поверхностей, прорезание торцовых канавок, сверление, зенкерование и развертывание центральных отверстий и др. Этот станок особенно эффективен при обработке заготовок сложной конфигурации с большим числом точных поверхностей.

Техническая характеристика станка: наибольший диаметр устанавливаемой заготовки 1200 мм; наибольшая длина устанавливаемой заготовки 1000 мм; наибольшее перемещение револьверного суппорта: горизонтальное 775 мм, вертикальное 700; число ступеней частот вращения шпинделя 18; пределы частоты вращения планшайбы 52—500 мин⁻¹; пределы горизонтальных и вертикальных подач суппорта 3—300 мм/мин; наибольший шаг нарезаемой резьбы 40 мм; наибольшая скорость установочных перемещений суппорта 3000 мм/мин; мощность электродвигателя главного привода 30 кВт.

Главное движение — вращение планшайбы — осуществляется от электродвигателя *М1* (рис. 106) через клиноременную передачу со шкивами Ф233 и Ф266, коробку скоростей, вал *V*, конические зубчатые колеса 48/36 и зубчатые колеса 25/125. Уравнение кинематического баланса имеет вид: $1460 \times (230/266)\eta_i \times (48/36) \times (25/125) = n$, где i_v — передаточное отношение коробки скоростей.

От вала *V* коробки скоростей через конические зубчатые колеса 36/48, вал *IX*, зубчатые колеса 36/54 вращение передается на вал *X*, конические зубчатые колеса 17/17, вал *XI*, конические зубчатые колеса 23/23 вращение передается на вал *XII* коробки подач, переключением

электромагнитных муфт которой устанавливается необходимая подача. Уравнение кинематического баланса цепи подач имеет вид $10б.пл.х \times (125/25) \times (36/48) \times (36/48) \times (36/54) \times (17/17) \times (23/23) i_s i_c = S$ мм, где i_s — передаточное отношение коробки подач; i_c — передаточное отношение цепи от коробки подач до соответствующего суппорта.

Горизонтальная подача револьверного суппорта осуществляется от выходного вала XX коробки подач через зубчатую передачу 22/22 и ходовой винт с шагом 8 мм, а для бокового суппорта через зубчатые передачи (21/37), (37/37), (37/21) и ходовой винт с шагом 8 мм. Вертикальная подача осуществляется от выходного вала XXI коробки подач для револьверного суппорта через зубчатые передачи (22/22)(22/22)(22/22) и ходовой винт с шагом 8 мм, а для бокового суппорта через зубчатые передачи (20/23)(20/20) и ходовой винт с шагом 8 мм.

Ускоренные перемещения суппорта получают от отдельного электродвигателя М2. Подъем и опускание траверсы осуществляется при вращении двух ходовых винтов с шагом 8 мм. Поворот револьверного суппорта осуществляется от электродвигателя М3 через зубчатые колеса (18/34)(34/45) и червячную передачу 1/25. Перемещение револьверного суппорта вручную осуществляется при вращении маховичков 3 и 4, а бокового суппорта — маховичков 1 и 2.

Для повышения производительности и точности обработки применяют приспособления для установки заготовок на планшайбу станка без выверки (базовые планшайбы), приспособления для обработки конических и фасонных поверхностей, а также для закрепления и точной установки режущего инструмента.

Станок 1512Ф3 оснащен устройством ЧПУ типа Н55-22, осуществляющим автоматическое управление верхним (вертикальным) револьверным суппортом и приводом главного движения по заданной программе, вводимой с восьмидорожечной перфоленты. Управление исполнительными органами станка может осуществляться также в режиме предварительного набора (ручного ввода данных) с помощью переключателей и кнопок, расположенных на панели управления ЧПУ, и в режиме наладки (от подвесного пульта). УЧПУ обеспечивает работу станка в следующих режимах: «Полная программа», «Основная программа», «Ускоренная программа», «Поиск кадра», «Выход в заданную точку», «Кадр», «Наладка», «Исходное». Система кодирования информации — ИСО — 7 бит. Управление контурное по двум координатам, интерполяция линейная и круговая. Наибольший радиус интерполяции 4999,99 мм, точность интерполяции 0,01 мм. Дискретность отсчета перемещений по обеим координатам 0,01 мм.

Токарный одношпиндельный вертикальный полуавтомат 1А734Ф3 с ЧПУ. Станок предназначен для черновой и чистовой обработки в патроне наружных и внутренних поверхностей заготовок деталей типа диска, зубчатых колес, маховиков прямо- и криволинейными образу-

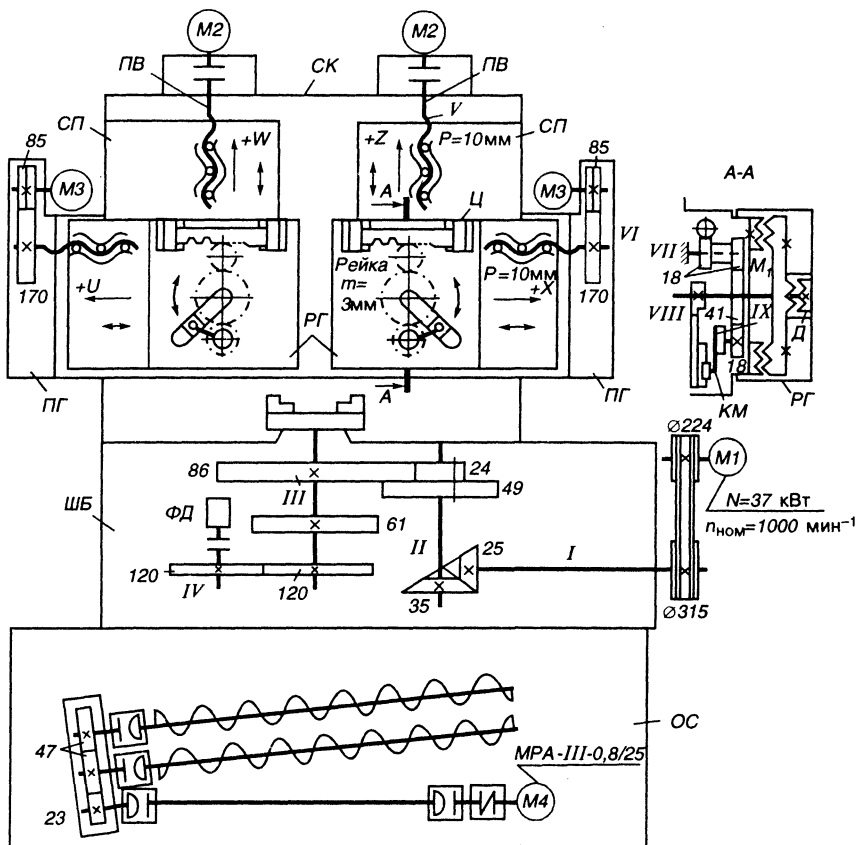


Рис. 107. Кинематическая схема токарного одношпиндельного полуавтомата 1А734Ф3 с ЧПУ

ющими в полуавтоматическом цикле, заданным программой на перфоленте.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки 320 мм; наибольшая высота обрабатываемой заготовки 200 мм; число инструментов 8, частота вращения шпинделя (регулирование мелкоступенчатое) 14—1000 мин⁻¹; рабочая подача суппорта 1—1250 мм/мин; дискретность перемещений: вертикальных 0,01 мм, горизонтальных 0,005 мм.

Основные узлы и перемещения. На основании *ОС* (рис. 107) закреплена массивная шпиндельная бабка *ШБ* с вертикальным шпинделем изделия и его привода (главного движения). Инструменты закрепляют в двух-, четырехпозиционных револьверных головках *РГ*, которые

расположены на суппортах *СП*. Движение вертикальной подачи совершают каретки суппортов по стойке *СК*, установленной на шпиндельной бабке. Движение горизонтальной подачи сообщается ползунам по кареткам. Привод *ДВ* вертикальной подачи размещен на стойке, а горизонтальной *ПГ* — на суппорте. Главное движение сообщается шпинделю *Ш* от электродвигателя *М1* постоянного тока, который имеет двухзонное регулирование: вниз от номинальной частоты вращения с диапазоном 1 : 10 (1000...100 мин⁻¹) и вверх — с диапазоном 2,5 : 1 (1000...2500 мин⁻¹). Диапазон регулирования привода дополнительно расширен применением блока колес 24—49, который переключается гидроцилиндром. Путем мелкоступенчатого регулирования можно установить 29 частот вращения шпинделя.

Фотоэлектрический датчик *ФД*, связанный со шпинделем беззазорной передачей 120/120, служит для контроля скорости вращения шпинделя, а также для связи движения вертикальной подачи с вращением шпинделя при нарезании резьбы. Зажим и разжим изделия в патроне осуществляются гидравлической системой.

Движения подач производятся от высокомоментных электродвигателей постоянного тока, которые соединены с шариковыми ходовыми винтами напрямую (двигатели *М2* и винты *V* вертикальной подачи), или через передачу 85/170 (двигатель *М3* и винт *VI* горизонтальной подачи).

Поворот на 90° каждой револьверной головки *РГ* производится от гидроцилиндра *Ц* через реечную передачу (колесо 18, $m = 3$ мм), ряд колес 18-41-18, соединяющих валы *VII* и *IX* через кривошипно-кулисный механизм *КМ* и диск *Д*. Перед поворотом инструментального корпуса револьверной головки *РГ* расцепляется с помощью гидропривода фиксирующая муфта *М1*, причем ее подвижная часть соединяется с диском *Д*. После поворота и фиксации головки она не связана с диском, что позволяет вернуть плунжер в исходное положение, подготовить механизм поворота к повторению цикла.

Станок имеет два устройства для отвода стружки, которые состоят из сдвоенных шнеков, приводимых в движение от мотор-редуктора *М4* через зубчатые колеса 23-47-47.

Система управления станком представляет собой устройство ЧПУ типа 2С85-62, которое обеспечивает независимую работу каждого суппорта по двум координатам: *X* и *Z* — для правого суппорта, *V* и *W* — для левого суппорта. Система управления контурная, с линейно-круговой интерполяцией, замкнутая, с предварительным контролем исходного положения суппортов посредством бесконтактных торцовых переключателей (срабатывающих от упоров) и с окончательной остановкой по команде от индукционного датчика пути в приводе подачи, т. е. от револьвера (связан с ходовым винтом). Величину перемещения можно задавать в абсолютной системе координат или в относительной системе (в приращениях). Предусмотрены следующие режимы работы:

автоматический от программы на перфоленте, автоматический с по-кадровым вводом программы через пульта, наладочный.

На станке возможно автоматическое изменение частоты вращения шпинделя при обработке торцовых поверхностей, чтобы поддержать постоянство скорости резания. Система управления согласует главное движение и движение продольной (вертикальной) подачи при нарезании резьбы и ведет поиск заданной позиции головки.

Токарные многооперационные станки с ЧПУ имеют широкие технологические возможности. С этой целью их снабжают дополнительными приспособлениями: сверлильными шпинделями, многошпиндельными сверлильными головками и головками для обработки деталей под прямым углом. На одной из кареток станка устанавливают вспомогательный привод, с которым автоматически сцепляются вращающиеся инструменты. В таких станках имеется и система индексации шпинделя, которая помогает установить и закрепить шпиндель в любом заранее запрограммированном положении по углу поворота. Все эти устройства позволяют производить на станке операции как в направлении вдоль оси шпинделя, так и в поперечном направлении. Магазины инструментов содержат 8—25 инструментов и более, смена инструментов происходит автоматически по циклу обработки детали. Распространение токарных многооперационных станков несколько ограничено их высокой стоимостью при сравнительно несложных обрабатываемых деталях.

Токарный патронный многооперационный станок 1П732Ф4. Станок 1П732Ф4 предназначен для обработки деталей сложной конфигурации в патроне с большим числом технологических переходов. На станке можно производить черновую и чистовую обработку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, снятие фасок, прорезку различных канавок, сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, а также фрезерование лысок и пазов. Для выполнения фрезерных и сверлильных работ на торцовой и боковой поверхностях деталей предусмотрен независимый привод инструментального шпинделя.

Устройство ЧПУ Н551 обеспечивает управление исполнительными органами станка по трем координатам, изменение в цикле девяти частот вращения шпинделя, изменение величины подач, смену инструмента и т. д. Программоносителем является восьмидорожечная перфолента, код устройства ИСО (ISO).

Техническая характеристика станка. Наибольшие размеры заготовки 630 мм; наибольшая длина обрабатываемой заготовки 250 мм; наибольшие перемещения суппорта; продольное 1010, поперечное или горизонтальное 365; частота вращения шпинделя 25—1250 мин⁻¹; рабочая подача суппорта 5—1216 мм/мин; скорость быстрого перемещения суппорта: копировального 4,8 м/мин, поперечного 2,4 м/мин; дискретность задания размеров: продольных 0,01, поперечных

0,005 мм; число позиций инструментального магазина 12; мощность электродвигателя главного движения 40 кВт.

Шпиндель станка имеет дополнительный привод, предназначенный для точного углового поворота на заданный угол при обработке ряда нецентрально расположенных отверстий, а также для вращения шпинделя при фрезеровании пазов на торце деталей, фрезеровании лысок и др. Поворот шпинделя происходит от шагового двигателя ШД с гидроусилителем Э32Г18-22 через червячную пару и передвижной блок, находящиеся в зацеплении со шпиндельным колесом. При обработке центрально расположенных торцовых поверхностей передвижной блок расцепляется со шпиндельным колесом.

Инструментальный магазин предназначен для хранения и автоматической смены инструментальной оснастки. Инструментальные державки устанавливаются в каретки, укрепленные на цепи. Привод цепи осуществляется от гидромотора. В инструментальном магазине используется кодирование гнезд. Нужный для работы резцедержатель подводится к установочной базе на суппорте с помощью гидроцилиндра, а затем другим гидроцилиндром он зажимается. Контроль правильности базирования осуществляется пневматическим контрольным устройством.

В магазине хранятся один, два и более инструментальных шпинделей. Продольный инструментальный шпиндель предназначен для сверления и зенкерования нецентральных отверстий, фрезерования лысок и т. д. При включении муфты он получает вращение от гидродвигателя через ряд зубчатых передач. Рабочая подача инструмента обеспечивается перемещением суппорта вдоль станины. Инструментальный поперечный шпиндель предназначен для сверления, развертывания, фрезерования и других видов обработки в направлении, перпендикулярном оси детали. Поперечный шпиндель получает вращение от того же гидромотора.

3.4. СТАНКИ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ

Станки сверлильно-расточной группы используются для сверления отверстий, рассверливания, зенкерования, растачивания и развертывания отверстий, подрезки торцов резцами, фрезерования поверхностей и пазов, нарезания резьбы метчиками, резцами и другими инструментами (рис. 108). Существуют следующие основные типы сверлильных и расточных станков.

1. Вертикально-сверлильные станки применяют преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера (рис. 108, а). Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента на этих станках предусмотрено перемещение стола станка 7 вместе с заготовкой относительно инструмента 6.

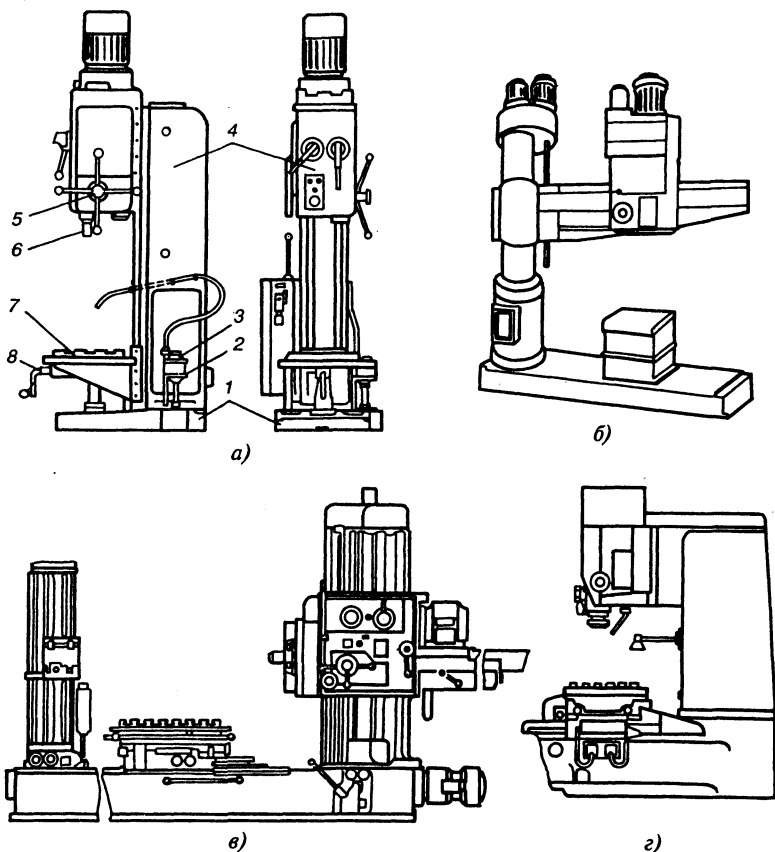


Рис. 108. Станки сверлильно-расточной группы:

а — вертикально-сверлильный, *б* — радиально-сверлильный, *в* — горизонтально-расточной, *г* — координатно-расточной

2. Радиально-сверлильные станки (рис. 108, б) используют для сверления отверстий в деталях больших размеров. На этих станках совмещение осей отверстий и оси шпинделя с инструментом *б* достигается перемещением шпиндельной бабки *5* по направляющим поворотной траверсы *4* относительно неподвижной детали.

3. Горизонтально-расточной станок (рис. 108, в) предназначен для растачивания и сверления отверстий, фрезерования и обтачивания вертикальных плоских поверхностей набором фрез или резцом, нарезания резьб и других операций при обработке заготовок корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производстве.

4. Координатно-расточные станки предназначены для обработки отверстий (рис. 108, г) с высокой точностью и их взаимным располо-

жением относительно базовых поверхностей в корпусных деталях, кондукторных плитах, штампах в единичном и мелкосерийном производстве.

Вертикально-сверлильный станок 2Н135. Станок предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, зенкования, цекования, резьбонарезания метчиками в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Техническая характеристика станка

Наибольший условный диаметр сверления, мм	35
Число частот вращения шпинделя	12
Диапазон частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5—1400
Число подач шпинделя	9
Диапазон подач шпинделя, мм/об	0,1—1,6

Инструменту, закрепленному в шпинделе *б* (рис. 108, *а*) сверлильной головки (СГ) *4*, сообщают вращательное движение резания и поступательное движение подачи. Заготовка, установленная на столе станка *7*, в процессе резания неподвижна. Несущая колонка (К) *2* прикреплена к плите (П) *1* и снабжена вертикальными направляющими типа ласточкиного хвоста для установочного перемещения стола и сверлильной головки. В сверлильной головке размещена коробка подач и коробка скоростей. Станок имеет систему подвода СОЖ *3*.

Перемещение стола и сверлильной головки, а также шпинделя станка осуществляется рукоятками *5* и *8*.

Цепь главного движения, движения резания (рис. 109) соединяет электродвигатель *М1* со шпинделем *VI* через коробку скоростей *КС*, блок *25-30-35, 35-42, 50-15*.

Штурвальное устройство сверлильной головки (рис. 109 разрез *А—А*) позволяет вручную подвести инструмент к заготовке и отвести его, включить и выключить рабочую подачу, ускорить движение без выключения рабочей подачи, осуществить подачу, используемую при нарезании резьбы, из четырех полумуфт *М4* и *М5* с валом *XII* шлицами связана ведомая часть *М4*. Она получает вращение от штурвала *Р1* через ведущую часть *М4* при подводе. По окончании подвода при нарезании требуется большой крутящий момент, который не может быть передан зубьями муфты *М4*, сжатыми пружиной на валу *XII*. Полумуфта *М4* отжимается, преодолевая пружину, муфта *М5* включается и передает вращение валу *XII* от червячного колеса *60* через собачки *С* и полумуфту *М4*. Если необходимо осуществить ручную рабочую подачу, вал *XII* поворачивают штурвалом непосредственно через штифт *Ш1*, при этом собачки *С* проскакивают по зубьям торцового храповика на полумуфте *М5*. Этот храповой механизм является механизмом обгона. Ручная подача при нарезании резьбы включается нажимом кулачка со штиф-

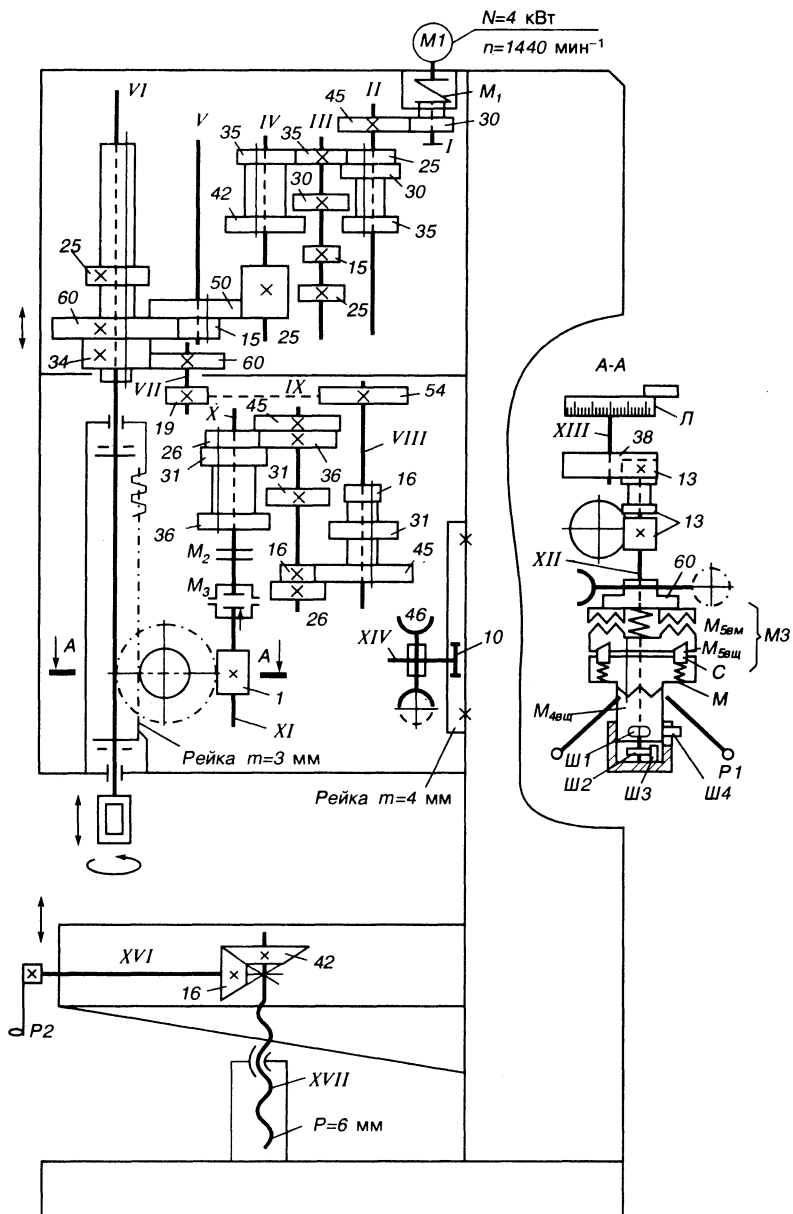


Рис. 109. Кинематическая схема станка 2Н135

том ШЗ (на рис. включена), тогда вращение от штурвала передается через штифты Ш4, ШЗ, Ш2.

Лимб Л связан с валом ХII передачей 13/38 с внутренним зацеплением и позволяет вести отсчет глубины обработки, а также настраивать положение кулачка, реверсирующего шпиндель, и кулачка, отключающего подачу по заданной глубине (отключающего предохранительную муфту МЗ).

Механизм ручного перемещения сверильной головки состоит из червячной передачи 1/46, реечного колеса 10 на валу ХIV и рейки $m = 4$ мм, привернутой к колонне. Колесо 10 перекачивается по рейке и перемещает головку.

Механизм перемещения стола состоит из рукоятки Р2, конической передачи 16/42, передачи винт-гайка с шагом $P = 6$ мм.

Конструкция шпиндельного узла приведена на рис. 110. Опоры шпинделя 4 смонтированы в гильзе 5. В радиальном направлении шпиндель удерживается шарикоподшипниками 7 и 2. Основную осевую нагрузку воспринимает упорный подшипник 6, а вес шпинделя — подшипник 3. Предварительный натяг в подшипнике 3 и 6 регулируют гайкой 1. Шлицевой хвостовик шпинделя получает вращение от коробки скоростей. Рычаг 8 служит для выталкивания хвостовика инструмента из шпинделя и действует при подъеме шпинделя, когда втулка 9 упирается в корпус сверильной головки.

Для закрепления режущего инструмента конический хвостовик может быть установлен в коническое отверстие шпинделя непосредственно или с помощью переходных втулок (рис. 111, а). Инструменты с цилиндрическими хвостовиками закрепляют в кулачковом или цанговом патроне, вставленном в шпиндель. Быстросменный патрон (рис. 111, б) допускает смену инструмента на ходу. Втулка 2 с инструментом удерживается в корпусе 1 патрона шариками 3. При подъеме

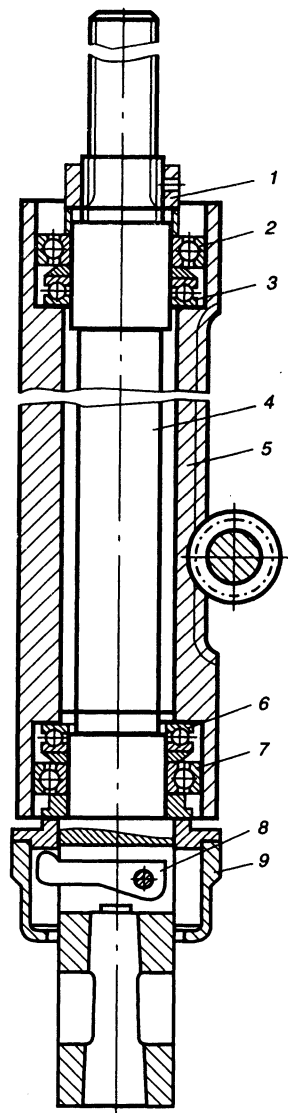


Рис. 110. Шпиндельный узел вертикально-сверильного станка

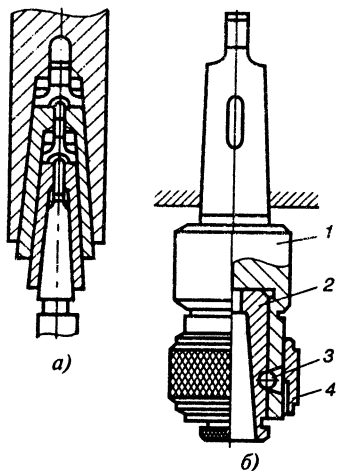


Рис. 111. Устройство для закрепления инструмента в сверлильных станках

кольца 4 шарики выходят из лунок втулки 2 в выточку кольца — втулка освобождается.

Инструменты устанавливаются также в специальные головки, закрепленные на гильзе шпинделя. В револьверной головке может быть от двух до семи последовательно работающих инструментов. У многшпиндельных головок либо постоянное расположение шпинделей, либо можно изменять расстояние между осями одновременно работающих инструментов. Применение шпиндельных головок значительно повышает производительность труда.

Расточные станки предназначены для растачивания и сверления отверстий, фрезерования и обтачивания вертикальных и горизонтальных плоских и фасонных поверхностей набором фрез или резцом, нарезания резьб и других

операций при обработке корпусных деталей в мелкосерийном и серийном производстве. В зависимости от характера операций, назначения и конструктивных особенностей расточные станки подразделяют на универсальные и специальные. Универсальные станки делят на горизонтально-расточные и алмазно-расточные (отделочно-расточные) и координатно-расточные. Для расточных станков наиболее существенными параметрами, определяющими основные данные станка, являются диаметр расточного шпинделя и размеры поворотного стола.

Выпускают горизонтально-расточные станки с диаметром шпинделя 80—32 мм и с рабочим размером поворотных столов от 800—900 до 1600—1800 мм.

Универсальный горизонтально-расточной станок 2620В. Универсальный горизонтально-расточной станок 2620В (рис. 112) предназначен для обработки корпусных деталей из черных и цветных металлов и сплавов. На станке производят растачивание, сверление, зенкерование отверстий, подрезку торцов, обрабатывают наружные и внутренние выточки, канавки, конусы, нарезают наружную и внутреннюю резьбу. На станине 3, имеющей коробчатую форму и внутренние ребра жесткости, справа жестко установлена стойка 10. По вертикальным направляющим стойки перемещается уравновешенная шпиндельная бабка 9, в которой размещены механизм главного движения, механизм перемещения выдвигного шпинделя, механизм вращения планшайбы, механизм радиального перемещения суппорта 8 по пазу планшайбы 7.

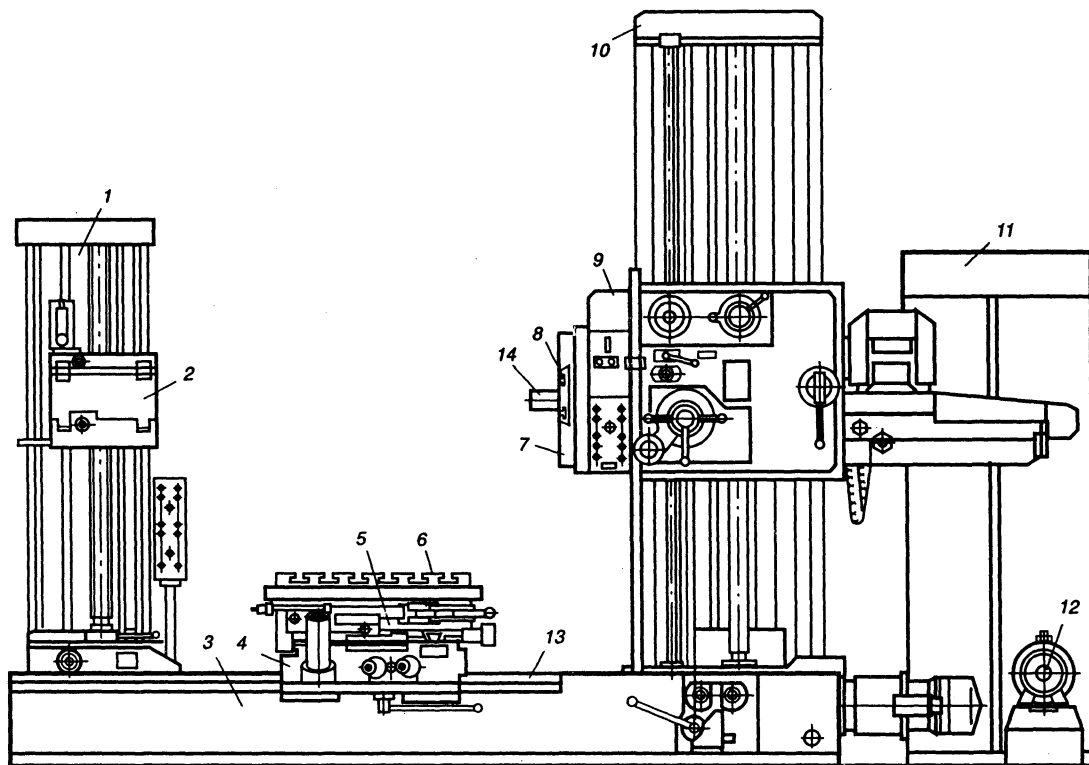


Рис. 112. Универсальный горизонтальный расточной станок 2620В

На горизонтальных направляющих станины 13 установлен стол 4 с зажимным устройством для фиксации положения салазок в продольном направлении. На поперечных направляющих установлен верхний суппорт 5 с поворотным столом 6 и зажимные устройства. В правой нижней части станины установлен привод подачи станка. На станине установлена задняя стойка 1 с люнетом 2, который перемещается по вертикальным направляющим задней стойки вместе со шпиндельной бабкой. Электрошкаф 11 охлаждается вентилятором 12.

Техническая характеристика станка

Диаметр выдвижного шпинделя, мм	90
Размеры стола, мм:	
длина	1250
ширина	1120
Наибольшие перемещения стола, мм:	
поперечное	1000
продольное	1090
Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм	1000
Наибольшая масса изготавливаемой заготовки, кг	2000
Наибольшее осевое перемещение выдвижного шпинделя, мм	710
Частота вращения, мин ⁻¹ :	
шпинделя	12,5—1600
планшайбы	8—200
Осевая подача шпинделя, мм/мин	2,2—1760
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	8,5—10
Масса станка, т	12,5

Принцип работы станка заключается в следующем. Инструмент крепят в шпинделе или в суппорте планшайбы, он получает главное движение — вращение. Заготовку устанавливают непосредственно на столе станка или в приспособление. Столу сообщается продольное или поперечное поступательное движение — движение подачи. Шпиндельная бабка перемещается в вертикальном направлении по передней стойке (одновременно с ней перемещается вертикально опорный люнет на задней стойке). Расточной шпиндель получает поступательное перемещение (при растачивании отверстий, нарезании внутренней резьбы). Суппорт планшайбы перемещается по планшайбе в радиальном направлении. Все эти движения являются движениями подачи.

Главное движение в станке — вращение шпинделя и планшайбы. Шпиндель и планшайба станка вращаются от двухскоростного электродвигателя мощностью 8,5—10 кВт через коробку скоростей с двумя тройными блоками зубчатых колес *Б1* и *Б2* (рис. 113). Планшайба 4 начинает вращаться при включении муфты *М₁*, которая приводит в

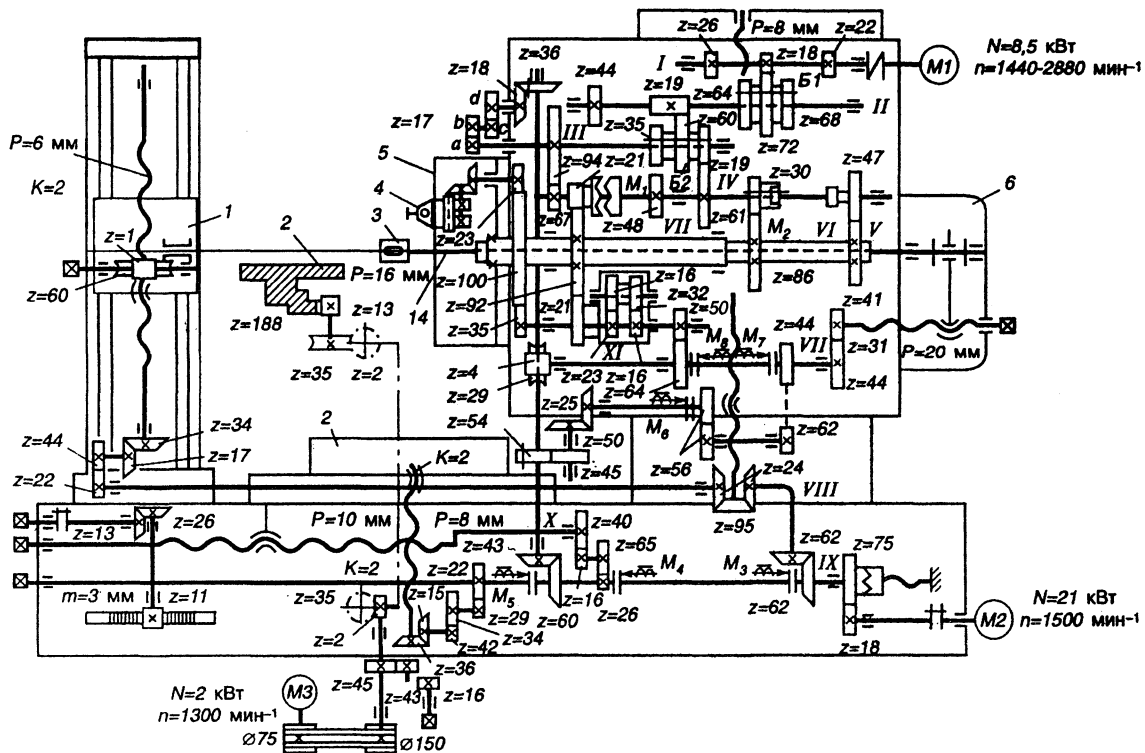


Рис. 113. Кинематическая схема станка 2620В

движение зубчатое колесо 21, свободно посаженное на валу IV. От вала IV через передачу 21/92 получает вращение пустотелый вал VII и закрепленная на нем планшайба 4.

Уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения планшайбы $n_{\text{min.пл.}} = 1500 \times (18/72) \times (19/60) \times (19/61) \times M_1 \times (21/92) = 8 \text{ мин}^{-1}$.

Шпиндель 6 получает вращение через колеса 30/86 (как показано на схеме) или через зубчатые колеса 47/41 в зависимости от положения муфты M_2 .

Уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения шпинделя $n_{\text{min.шп.}} = 1500 \times (18/72) \times (19/60) \times (19/16) \times (30/86) = 12,5 \text{ мин}^{-1}$.

Подачи и быстрые установочные перемещения рабочих органов станка осуществляются от регулируемого электродвигателя $M2$ мощностью $N = 2,1 \text{ кВт}$, работающего в системе генератор-двигатель. Подача и скорость установочных перемещений регулируются в широких пределах путем бесступенчатого изменения частоты вращения вала электродвигателя. Движения рабочих органов станка реверсируются также электродвигателем. От этого электродвигателя могут осуществляться следующие механические подачи и установочные движения рабочих органов: осевая подача расточного шпинделя 14, радиальная подача суппорта 4, вертикальное перемещение шпиндельной бабки 9 и одновременное перемещение люнета 2, поперечная и продольная подачи стола 6.

Осевое перемещение расточного шпинделя может осуществляться механически и вручную. Осевая подача расточного шпинделя сообщается от электродвигателя постоянного тока $M2$ мощностью $N = 2,1 \text{ кВт}$ через цилиндрическую пару 18/75, электромагнитную муфту M_3 , коническую пару 60/48, цилиндрические колеса 54/45, коническую передачу 50/25, муфту M_6 , цилиндрические колеса 56/56, 62/44, 44 /31 и ходовой винт с шагом $p = 20 \text{ мм}$.

При нарезании резьбы необходимо, чтобы за один оборот шпинделя осевое перемещение его было равно шагу нарезаемой резьбы. Расчетная кинематическая цепь при нарезании резьбы начинается от шпинделя 6 и заканчивается его осевым перемещением. Необходимый шаг нарезаемой резьбы обеспечивается подбором сменных колес a/b , c/d .

Радиальное перемещение суппорта планшайбы осуществляется через планетарный механизм. Корпус планетарного механизма вращается от вала VII планшайбы через косозубую передачу 92/21. Кроме того, зубчатое колесо $Z = 16$ этого механизма вращается от вертикального вала через червячную пару 4/29, муфту M_8 и цилиндрическую пару 64/50. Планетарный механизм, суммируя оба эти движения, вращает вал с зубчатым колесом $Z = 35$ и через зубчатую передачу 35/100, 100/23, конические колеса 17/17 и червячно-реечную передачу перемещает радиальный суппорт планшайбы.

Суппорт расположен на планшайбе, которая может вращаться с различной частотой n . Это усложняет механизм подачи суппорта. Для осуществления движения суппорта на планшайбу свободно насажено зубчатое колесо $Z = 35$ на левом, ведомом валу планетарной передачи. У этой передачи для данного станка ведущим является корпус (водило) и вал с зубчатым колесом $Z = 16$. Обозначим частоту вращения вала с колесом $Z = 16$ через n_i , а частоту вращения корпуса (водила) n_0 , а частоту ведомого вала через n_4 . Для определения частоты вращения валов планетарной передачи используем формулу Виллиса:

$$(n_1 - n_0)/(n_4 - n_0) = [(2 \times 4)/(1 \times 3)]/(-1)^m,$$

где m — число наружных зацеплений (для данного случая $m = 2$).

Подставив в формулу Виллиса значение чисел зубьев зубчатых колес Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , получим $(n_1 - n_0)/(n_4 - n_0) = (32 \times 23)/(16 \times 16) = 23/8$.

Отсюда выводим формулу для определений частоты вращения ведомого вала: $n_4 = (8/23)n_1 + (15/23)n_0$.

Теперь находим частоту вращения зубчатого колеса $Z = 100$ при выключенном механизме подач, т. е. при $n_i = 0$ и планшайбе, вращающийся с частотой n :

$$\begin{aligned} n_4 &= (15/23)n_0; \quad n_0 = n(92/21); \\ n_4 &= (15/23)(92/21)n = (20/7)n; \end{aligned}$$

тогда $n100 = n_4(35/100) = (20/7)(35/100)n = n$.

Следовательно, частота вращения зубчатого колеса $Z = 100$ при выключенном механизме подач будет совпадать с частотой вращения планшайбы, т. е. зубчатое колесо $Z = 100$ будет вращаться синхронно с планшайбой и суппорт не будет иметь радиального перемещения. Для определения величин радиального перемещения суппорта необходимо знать передаточное отношение i -передачи от вала с зубчатым колесом $Z = 16$ до вала с колесом $Z = 23$: при $n_0 = 0$, $n_4 = (8/23)n_1$, т. е. $i = (n_4/n_1) = (8/23)$. Тогда уравнение кинематической цепи подачи радиального суппорта имеет вид:

$$S = n_{\text{дв}} \times (16/77) \times M_5 \times (60/48) \times (4/29) \times M_8 \times (64/50) \times (8/23) \times (35/100) \times (100/23) \times (17/17) = 16 \text{ мм/мин.}$$

Вертикальные перемещения шпиндельной бабки осуществляются ходовым винтом с шагом $P = 8$ мм при включенной муфте M_3 . Вертикальное перемещение люнета производится ходовым винтом с шагом $P = 6$ мм одновременно с вертикальным перемещением шпиндельной бабки. Точное положение люнета относительно оси шпинделя по высоте корректируется вручную, вращая гайку, перемещающую люнет. Продольное перемещение стола осуществляется ходовым винтом с шагом $P = 10$ мм при включенной муфте M_4 , поперечное перемещение стола — от электродвигателя $N = 2,1$ кВт с помощью винта с шагом $P = 8$ мм. Стол поворачивается либо от отдельного электродвигателя M_3 мощностью $n = 1,5$ кВт, либо вручную.

Координатно-расточные станки. На координатно-расточных станках можно размечать и центровать, сверлить, развертывать, окончательно растачивать отверстия, обрабатывать фасонные контуры, фрезеровать торцы бобышек и др. Станки этого типа применяются для обработки точных отверстий в тех случаях, когда расстояние между осями или расстояния их осей до базовых поверхностей детали должны быть выдержаны с очень высокой точностью.

Точные расстояния между осями обработанных отверстий и принятыми, базовыми поверхностями получают на этих станках без применения каких-либо приспособлений для направления инструмента. Для точного отсчета перемещений подвижных узлов станка координатно-расточные станки имеют специальные устройства: точные ходовые винты с лимбами и нониусами, жесткие и регулируемые концевые меры вместе с индикаторными устройствами, точные линейки в сочетании с оптическими приборами и индуктивные проходные винтовые датчики. При этом применяют механические, оптикомеханические, оптические, оптикоэлектрические и электрические системы.

Координатно-расточные станки бывают одно- и двухстоечные. Одностоечные координатно-расточные станки обычно снабжают крепостным столом, который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном). Шпиндель имеет вращательное движение и движение подачи в осевом направлении. У двухстоечных координатно-расточных станков стол может перемещаться только в продольном направлении, поперечное перемещение по траверсе получает головка со шпинделем.

Координатно-расточные станки можно использовать как измерительные машины для проверки размеров деталей и особо точных разметочных работ. Во избежание температурных влияний окружающей среды на точность работы эти станки необходимо устанавливать в изолированных помещениях, где поддерживается температура 20° С.

Особенностью координатно-расточных станков является то, что они оборудованы оптическими устройствами, позволяющими отсчитывать целую и дробную части размера. Поэтому точность отсчета перемещений стола не зависит от механизмов, перемещающих стол, и не нарушается также при изнашивании этих механизмов. В условиях нормальной эксплуатации станки обеспечивают точность установки межцентровых расстояний в прямоугольной системе координат 0,001, в полярной системе — 5 угл. с.

Координаты отсчитывают с помощью точных масштабных зеркальных валиков и оптических приборов. Зеркальные валики представляют собой стержни из коррозионно-стойкой стали, на которых нанесены тонкие винтовые риски с точным шагом. Поверхность валика доведена до зеркального блеска. Координаты устанавливают по точным шкалам при наблюдении через специальные микроскопы. Зеркальный валик размещают на столе станка и перемещают вместе с ним.

3.5. СТАНКИ СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ГРУППЫ С ЧПУ

Назначение, классификация и конструктивные особенности сверлильных и расточных станков с ЧПУ.

Эти станки предназначены для обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками, расточным и другим инструментом, во фланцах, плоскостных и корпусных деталях. На этих станках возможна комплексная сверлильно-фрезерно-расточная обработка деталей различной конфигурации и степени точности.

Отечественная промышленность выпускает широкую номенклатуру станков данной группы: сверлильные — вертикальные и горизонтальные; одношпиндельные и многошпиндельные; с ручной сменой инструмента, с револьверными головками или инструментальными магазинами; расточные — горизонтальные; вертикальные и порталные, нормальной и более высокой степени точности; многооперационные станки с инструментальным магазином для комплексной сверлильно-фрезерно-расточной обработки деталей различной конфигурации.

Сверлильная группа станков с ЧПУ первого поколения была построена на базе сверлильных станков 2Н118, 2Н135 и радиально-сверлильного станка 2Н55. Указанные станки сверлильной группы автоматизированы с помощью дополнительных координатных столов, позволяющих автоматически по двум координатам выставлять деталь относительно инструмента. Вся остальная технология обработки осуществлялась в полуавтоматическом режиме настройкой глубины обработки на штекерной панели или установкой кулачков на размер, а также сменой режимов обработки инструмента.

Для повышения технического уровня и расширения технологических возможностей были разработаны станки второго поколения (2Р118Ф2, 2Р135Ф2 и др.). В указанных станках кроме перемещения стола автоматизирована подача инструмента. Учитывая малую эффективность одноинструментальных станков, введена автоматическая револьверная головка на шесть инструментов.

Станки расточной группы первого поколения выполняли на базе существующих моделей (с добавлением следящего привода в системе подач) с одноинструментальной наладкой без существенной доработки базовых моделей (2А620Ф2-1 и др.). Ко второму поколению станков расточной группы относятся многооперационные станки с инструментальными магазинами и автоматической сменой инструмента.

Внедрение сверлильно-расточных станков с ЧПУ позволяет повысить производительность труда в 1,5—2,0 раза, а станков с автоматической сменой инструмента и инструментальным магазином в 3—4 раза.

Сверлильные станки с ЧПУ существенно отличаются от универсальных станков той же группы. В связи с расширением круга работ,

выполняемых на них, стирается грань между сверлильными, расточными, координатно-расточными и бесконсольно-фрезерными станками вертикальной компоновки. Станки выполняют более жесткими и точными, большинство станков имеет точность позиционирования подвижных узлов — $\pm 0,025—0,05$ мм. Системы управления — позиционные, но при необходимости частого выполнения фрезерных работ все чаще применяют системы комбинированные: позиционные и прямоугольные. Станки оснащают крестовым столом при вертикальной компоновке. В СНГ в настоящее время выпускаются станки: а) вертикально-одностоечные с крестовым столом и диаметром сверления от 18 до 50 мм (2Н135Ф2); б) те же станки с револьверной головкой (2Р135Ф2); в) те же станки с инструментальным магазином. Для станков с максимальным диаметром сверления 50—60 мм применяют порталную компоновку во всех указанных выше исполнениях (2306ПФ2).

Координатные столы вертикально-сверлильных станков и радиально-сверлильных станков устанавливают на опоры качения; их перемещение осуществляется через передачи винт-гайка качения. Привод координатных столов осуществляется от шаговых двигателей с гидросилителями или от электродвигателей постоянного тока. Главный привод сверлильных станков строят в виде одно- или двухскоростного электродвигателя с коробками скоростей. Управление по координате Z (перемещение инструмента) может осуществляться упорами и микропереключателями (как в цикловом управлении), или набором программы на штекерной панели, или от перфоленты (последний способ более предпочтителен). Станки оснащают поворотными, наклонными, маятниковыми столами, навесными кондукторами, резьбонарезными патронами. При отсутствии револьверной головки инструмент крепят в быстросъемных патронах.

Горизонтально-расточные станки с ЧПУ имеют различную компоновку: с неподвижной передней стойкой и с крестовым столом; с неподвижной передней стойкой с крестовым и поворотными столами; с поперечно-подвижной передней стойкой, выдвигной бабкой и съемным поворотным столом; с продольно-подвижной передней стойкой и поперечно-подвижным столом и т. д.

Компоновка горизонтально-расточных станков отличается от традиционной отсутствием люнетной стойки и наличием более мощной станины. Вследствие высокой жесткости и точности перемещений и поворота на этих станках можно обрабатывать соосные отверстия в противоположных стенках деталей с помощью консольных оправок, что резко сокращает время, затрачиваемое на смену инструмента. Точность позиционирования у горизонтально-расточных станков находится в пределах $0,01—0,05$ мм.

Станки одной гаммы выполняют с учетом возможности их использования с различной степенью автоматизации: а) с ручным управлением

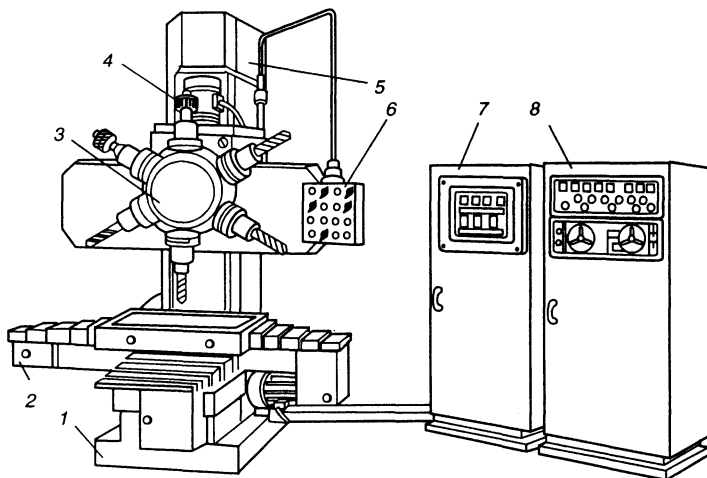


Рис. 114. Вертикально-сверлильный станок 2P135Ф3:

1 — основание, 2 — крестовый стол, 3 — револьверная головка, 4 — стойка, 5 — электродвигатель поворота револьверной головки, 6 — подвесной пульт управления, 7 — шкаф с электрооборудованием, 8 — шкаф с УЧПУ

и отсчета перемещений по оптическим устройствам; б) с ручным управлением, но с отсчетом перемещений по устройствам цифровой индикации; в) с упрощенными системами ПУ и набором программ на штекерных панелях; г) с развитыми системами ЧПУ с записью программ на перфоленту.

Горизонтально-расточные станки оснащают чаще всего позиционными системами ЧПУ, но применяют также прямоугольные контурные и комбинированные системы ЧПУ.

Привод главного движения горизонтально-расточных станков с ЧПУ выполняют в виде регулируемого двигателя постоянного тока в сочетании с коробкой скоростей асинхронного двигателя с механическим вариатором или с многоступенчатой коробкой скоростей. Привод подач строят в виде регулируемых двигателей постоянного тока или шаговых двигателей силовых или с гидроусилением моментов.

Координатно-расточные станки с ЧПУ выполняют на базе серийных координатно-расточных станков, например, на базе станка 2Д450 выпускают станок 2Д450АФ2. Высокая точность обработки обеспечивается применением специального устройства подвода стола в требуемую позицию. Точность позиционирования у этих станков составляет $\pm 0,001-0,005$ мм.

Вертикально-сверлильный станок 2P135Ф2 с ЧПУ. Станок (рис. 114) предназначен для сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы, торцового подрезания деталей и т. д. в условиях мелкого

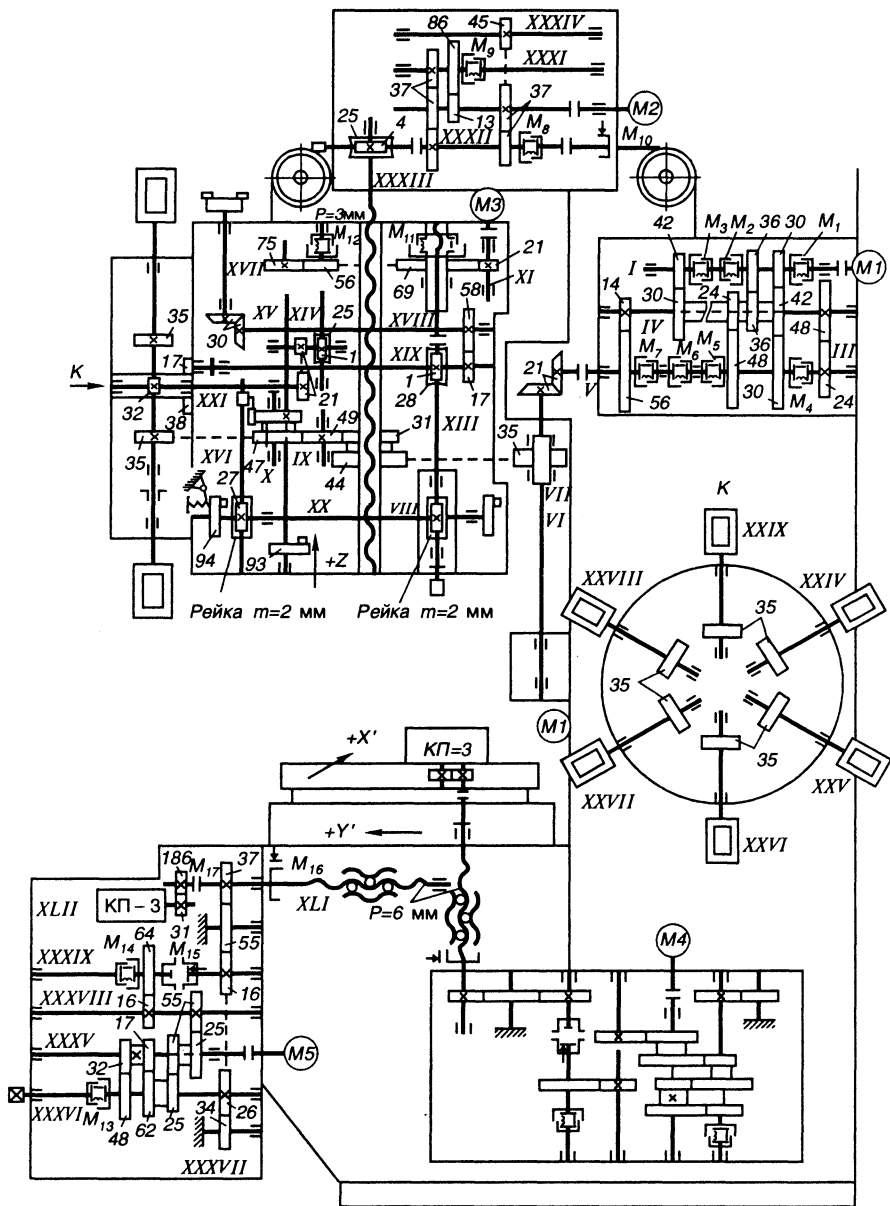


Рис. 115. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка 2P135Ф2

и среднесерийного производства. Наличие на станке шестипозиционной головки 3 для автоматической смены режущего инструмента и крестового стола 2 позволяет осуществлять координатную обработку деталей типа крышек, фланцев, панелей и других без предварительной разметки и применения кондукторов.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр сверления 35 мм: наибольший диаметр нарезаемой резьбы М24; число инструментов 5; число частот вращения шпинделя: общее 12, по программе 12; частота вращения шпинделя 31,5—1400 мин⁻¹; число подач по оси Z—18; рабочая подача по оси Z 10—500 мм/мин; скорость быстрого перемещения по осям координат: X', Y'— 3850 мм/мин. Рабочая поверхность стола 400 x 630 мм.

Станок оснащен устройством числового программного управления «Координата С70-3'', число управляемых координат 3: одновременное управление может осуществляться при позиционировании по двум координатам X' и Y'; задание размеров в программе в абсолютных координатах. В качестве программоносителя применяют восьмидорожечную перфоленту шириной 25,4 мм. Кодирование по ISO — 7 bit. Скорость ввода программы — не менее 45 строк/с. Максимальная величина линейных перемещений по X' — 19999,99 мм, по Y' — 999,99 мм, дискретность задания перемещений 0,01 мм.

Движение в станке (рис. 115). Главное движение — вращение шпинделей револьверной головки осуществляется от синхронного электродвигателя М1 ($N = 4$ кВт; $n = 1000$ мин⁻¹) следующим образом. С вала I на вал II (полый вал) движение передается через передачи (42/30), (36/36), (30/42) в зависимости от включения электромагнитных муфт М₁, М₂, М₃. С вала II на вал III движение можно передать через передачу (24/48) включением муфты М₅ или через передачу (42/30) включением муфты М₄.

От вала III при включенной муфте М₆ движение передается валу V и далее через передачу (21/21) валу VI, с которого через передачу (35/44) движение передается на вал VIII, с вала VIII через передачу (31/49) на вал IX посредством передачи (49/47) на вал X; с вала X через передачу (47/35) на один из работающих шпинделей (XXIII—XXIX), так как на каждом из них установлено колесо Z = 35. Таким образом, шпиндель станка получает шесть высших частот вращения (1400, 1000, 710, 500, 355 и 250 мин⁻¹).

Для получения нижнего диапазона частот вращения шпинделя необходимо выключить муфту М₆ и включить муфту М₇. Движение в этом случае будет передаваться с вала III на вал IV через передачу (24/48), а с вала IV на вал V через передачу (14/56) и далее через передачи (21/21), (35/35), (35/44), (31/49), (49/47), (47/35). В общей сложности шпиндель получает 12 частот вращения шпинделя в пределах 31,5—1400 мин⁻¹.

Уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения шпинделя: $n_{\text{мин}} = 1000 \times (30/42) \times (24/48) \times (24/48) \times (14/56) \times x(21/21) \times (35/35) \times (35/44) \times (31/49) \times (49/47) \times (47/35) = 31,5 \text{ мин}^{-1}$.

Вертикальная подача суппорта с револьверной головкой осуществляется от электродвигателя постоянного тока $M2$ ($N = 1,3 \text{ кВт}$; $n = 52-2600 \text{ мин}^{-1}$), установленного на валу XXX ; через передачу $13/86$ при включенной муфте M_6 движение передается на вал $XXXI$, затем через передачи $(37/37)$, $(37/37)$ на вал $XXXII$ и далее через червячную передачу $(4/25)$ на ходовой винт $XXXIII$ с шагом $p = 8 \text{ мм}$.

Минимальная вертикальная подача револьверной головки: $S_{\text{мин}} = 52 \times (13/86) \times (37/37) \times (37/37) \times (4/25) \times 8 = 10 \text{ мм/мин}$.

На валу $XXXII$ установлена тормозная электромагнитная муфта M_{10} для торможения ротора электродвигателя при реверсировании. Быстрое перемещение суппорта осуществляется от электродвигателя $M2$ через передачу $(37/37)$ при включенной муфте M_8 , червячную пару $(4/25)$ и ходовой винт $XXXIII$.

Поворот револьверной головки осуществляется от электродвигателя $M3$ ($N = 0,7/0,9 \text{ кВт}$; $n = 1400/2720 \text{ мин}^{-1}$) через передачу $(20/69)$ при включенной муфте M_{11} , червячную пару $(1/28)$, вал XIX , передачу $(17/58)$, которая поворачивает револьверную головку. Прежде чем произвести поворот револьверной головки, ее необходимо расфиксировать, так как она закреплена подпружиненными тягами суппорта, находящимися в пазах револьверной головки. При включении электродвигателя червяк $Z = 1$ на валу $XIII$ будет вывертываться из червячного колеса $Z = 28$ и движением вниз через реечную передачу с колесом $Z = 27$ модулем $m = 2 \text{ мм}$ повернет вал XX с эксцентриком $\mathcal{E}1$, который через систему рычагов освободит револьверную головку; одновременно второе реечное колесо $Z = 27$ перемещает рейку на валу XVI и тем самым выводит колесо $Z = 47$ на валу X из зацепления. Таким образом освобождается револьверная головка и развертывается кинематическая цепь, соединяющая привод вращения со шпинделем револьверной головки. После этого червяк доходит до жесткого упора и начинает вращать револьверную головку через передачу $(17/58)$, меняя инструмент (прямое вращение).

Одновременно с вращением револьверной головки через передачу $(17/53)$, вал $XVIII$ и передачу $30/30$ вращается позиционный командоаппарат, установленный на валу $XVII$, который останавливает прямое вращение револьверной головки реверсом электродвигателя, предварительно уменьшив частоту его вращения до 1400 мин^{-1} , при обратном вращении револьверная головка доходит до жесткого упора суппорта и останавливается; при этом червяк $Z = 1$, вывертываясь из червячного колеса $Z = 28$, движется вверх. Вал XX вращается в обратном направлении, зубчатое колесо $Z = 47$ вводится в зацепление с колесом $Z = 35$ шпинделя револьверной головки. Головка фиксируется и шпиндель начинает вращаться. Последовательность работы шпинделей револь-

верной головки выбирают на пульте. Всего предусмотрено шесть циклов обработки.

Выпрессовка инструмента из шпинделей револьверной головки происходит от электродвигателя $M3$ посредством передач (20/69), (63/56) при включенной муфте M_{12} , червячной передачи (1/25), передачи (21/21), вала XII и эксцентрика $\mathcal{E}2$, смонтированного в пазу оси поворота револьверной головки.

Смазывание револьверного суппорта осуществляется посредством плунжерного насоса, подающего масло к суппорту, который приводится во вращение от электродвигателя $M3$ посредством передач (20/69), (69/56), (56/75) вала XV , на котором расположен эксцентрик $\mathcal{E}3$.

Позиционирование осуществляют перемещением стола и салазок. Редукторы продольного и поперечного перемещений одинаковы по конструкции и обеспечивают сначала быстрое, а затем медленное перемещение стола и салазок при подходе к заданной точке за счет применения электропривода со ступенчатым регулированием.

Быстрое перемещение салазок происходит при включении муфты M_{13} по следующей кинематической цепи. От электродвигателя $M5$ ($N = 0,6$ кВт, $n = 1368$ мин⁻¹) через передачи (32/48), (26/34), (34/16), (16/55), (55/37) движение передается на ходовой винт качения XLI с шагом $p = 6$ мм. Скорость быстрого перемещения $V = 1300 \times (32/48) \times (26/34) \times (34/16) \times (16/55) \times (55/37) \times 6 = 3860$ мм/мин. Медленное перемещение салазок происходит при включении муфты M_{14} . Тогда движение от электродвигателя $M5$ передается ходовому винту XLI через передачи (17/62), (25/55), (25/55), (16/64), (16/55), (55/57). На ходовом винте расположен электромагнитный тормоз M_{16} , а на валу $XXIX$ перегрузочная муфта M_{15} . Ходовой винт качения соединен с кодовым преобразователем через муфту M_{17} и передачу 186/31.

Стол станка перемещается от электродвигателя $M4$ ($N = 0,6$ кВт; $n = 1380$ мин⁻¹). Кинематика стола такая же, как кинематика салазок.

Резьбонарезная головка станка служит для нарезания резьбы машинным метчиком и может быть установлена в любую позицию револьверной головки. При нарезании резьбы используют копир, винт-гайку с шагом 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 3,0 мм, набор сменных цанг для закрепления метчиков, переходные квадраты. В револьверной головке имеется механизм для настройки резьбонарезной головки по циклу: прямой ход (резьбонарезание) — реверс (вывертывание метчика после нарезания). Полный цикл работы с суппортом обеспечивается электросхемой станка.

Горизонтально-расточной станок с ЧПУ мод. 2611Ф2. Станок предназначен для сверления, зенкерования, растачивания, фрезерования и нарезания резьб метчиками в заготовках из черных и цветных металлов в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Техническая характеристика. Диаметр расточного шпинделя 80 мм; наибольший диаметр растачивания 250 мм; число частот вращения

шпинделя — бесступенчатое регулирование; пределы частот вращения шпинделя $12,5\text{—}1250\text{ мин}^{-1}$; число подач — бесступенчатое регулирование; пределы подач стола, стойки, шпинделя, бабки и поворота стола $2\text{—}1600\text{ мм/мин}$; скорость быстрых перемещений 5000 мм/мин .

Устройство ЧПУ станка типа «Размер 2М» или ПЗ23 обеспечивает позиционирование и прямоугольное формообразование. Программно-носитель — восьмидорожечная перфолента, код ISO. Имеется цифровая индикация текущего и задаваемого значения перемещений по координатам. Система устройства — замкнутая, в качестве датчиков обратной связи применяют сельсины. Число управляемых осей координат (всего одновременно) равно $5/2$. Дискретность отсчета по осям координат X' , Y' , Z' составляет $0,01\text{ мм}$. Возможно ведение коррекции длины и положения.

Станок (рис. 116) выполнен с выдвигным шпинделем, продольно-подвижной стойкой и продольно-подвижным поворотным столом. Инструмент устанавливают в шпинделе IV ; ему сообщается главное движение. По горизонтальным направляющим станины «А» перемещаются салазки «Е» стойки «Д» от редуктора подачи «Ж» (подача по оси). Стол «В» имеет поперечную подачу по оси X' от редуктора подачи «Б». Кроме того, стол имеет запрограммированный поворот на угол β . По вертикальным направляющим стойки «Д» перемещается шпиндельная бабка «Г» (подача по оси Y). Шпиндель IV имеет возможность осевого перемещения по оси Z .

Главное движение — вращение шпинделя осуществляется от двигателя постоянного тока $M1$ ($N = 8\text{ кВт}$; $n = 1500\text{ мин}^{-1}$) через два двойных блока зубчатых колес $B1$ и $B2$ и через передачу $(22/74)$, $(60/64)$. Регулирование частоты вращения шпинделя в пределах $12,5\text{—}1250\text{ мин}^{-1}$ достигается изменением напряжения в цепи якоря, изменением потока возбуждения двигателя, а также гидравлическим переключением блоков зубчатых колес и муфты M_1 . При переключении механических ступеней подача отключается, а при электрическом регулировании не отключается.

Учитывая, что диапазон регулирования двигателя $n = 600\text{—}3000\text{ об/мин}$, уравнение кинематической цепи для минимальной частоты вращения шпинделя выглядит следующим образом: $n_{\text{шп}} = 600 \times (21/71) \times (17/68) \times (22/74) = 12,5\text{ мин}^{-1}$.

Направление вращения изменяется реверсированием электродвигателя. Механизм главного привода станка защищен от динамического воздействия упругой муфтой на валу I .

Рабочие и установочные перемещения (подачи) узлов станка осуществляются двумя двигателями постоянного тока $M2$ и $M3$ типа ПБСТ ($N = 2,35\text{ кВт}$; $n = 3000\text{ об/мин}$) с диапазоном регулирования $1 : 750$ для рабочих подач при общем диапазоне регулирования $1 : 2500$, включая быстрые и установочные перемещения. От электродвигателя $M3$

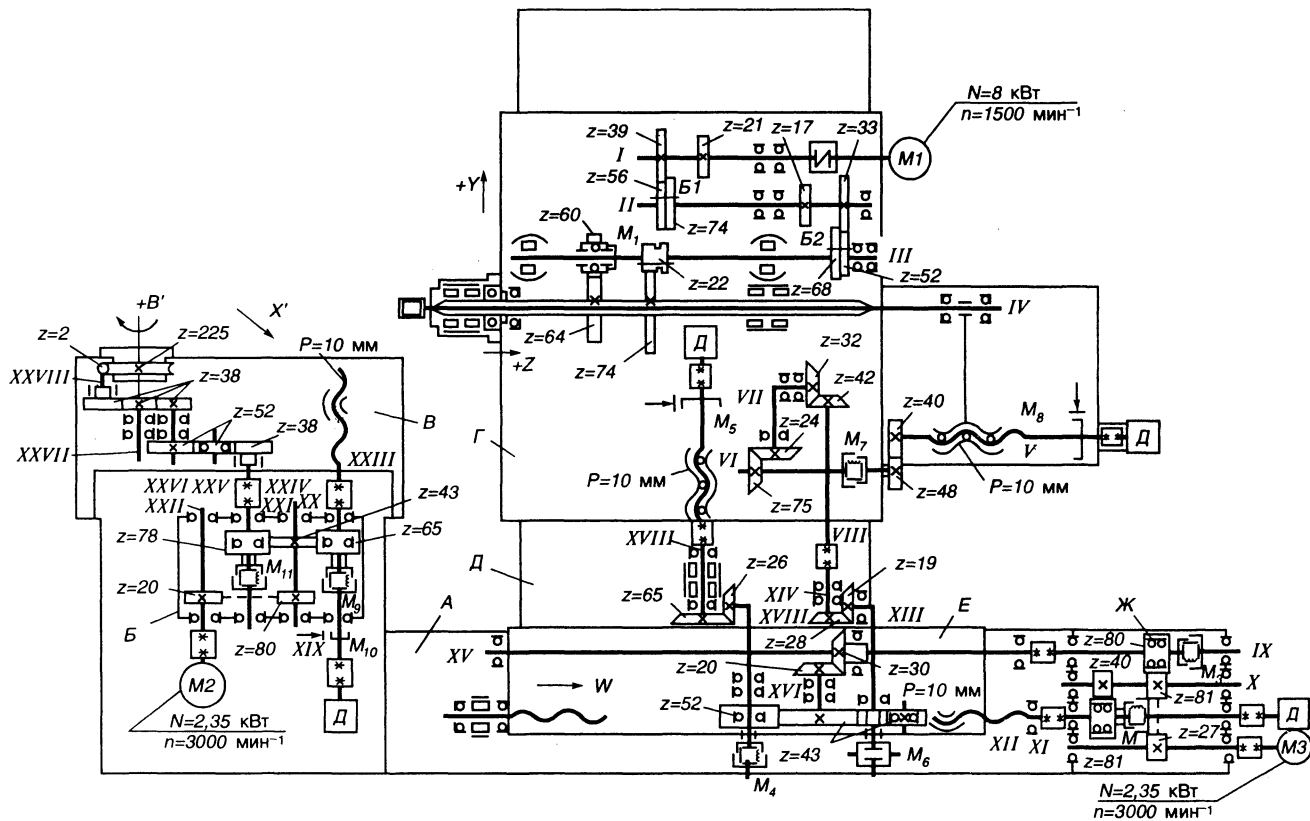


Рис. 116. Кинематическая схема горизонтально-расточного станка с ЧПУ мод. 2611Ф2

происходит осевая подача шпинделя, салазок, стойки и шпиндельной бабки, от электродвигателя M_2 — поперечное перемещение и поворот стола.

Продольная подача салазок стойки осуществляется от вала XI через передачи (27/81), (40/81) при включенной муфте M_2 и ходовой винт XII с шагом $p = 10$ мм. Винт жестко скреплен с выходным валом редуктора, а гайка — с корпусом салазок стойки.

Вертикальная подача шпиндельной бабки осуществляется от вала XI через передачи (27/81), (81/80) при включенной муфте M_3 , вал IX , вал XV , конические колеса с круговым зубом 30/20, через зубчатую пару (43/52) при включенной муфте M_4 , вал $XVII$, конические колеса с круговым зубом (25/65) и ходовой винт качения с шагом $p = 10$ мм. Муфта M_5 — тормозная.

Уравнение кинематического баланса для минимальной подачи шпиндельной бабки $S_{\min} = 1,2 \times (27/81) \times (81/80) \times (30/20) \times (43/52) \times (26/65) \times 10 = 2$ мм/мин, где 1,2 — минимальная частота вращения электродвигателя ПБСТ-33.

Осевая подача шпинделя осуществляется от вала XI через передачи (27/81), (81/80) (включена муфта M_3), валы IX и XV , передачу (30/20), вал XVI , цилиндрическую пару (43/43) (муфта M_6 шариковая предохранительная), вал $XIII$, конические пары с круговыми зубьями (19/28), (42/32) и (24/79), вал VI , электромагнитную муфту M_7 , передачу 48/40 и ходовой винт качения V с шагом $p = 10$ мм. На конце винта V расположена тормозная муфта M_8 .

Максимальная осевая подача шпинделя $S_{\max} = 900 \times (27/81) \times (81/80) \times (30/20) \times (43/43) \times (19/28) \times (42/32) \times (24/75) \times (48/40) \times 10 = 1600$ мм/мин.

Поперечная подача подвижного стола осуществляется от вала $XXII$ через цилиндрические пары (20/80), (43/65) при включенной электромагнитной муфте M_9 и ходовой винт $XXIII$ подача салазок с шагом $p = 10$ мм. Муфта M_{10} — тормозная. Со всеми ходовыми винтами жестко скреплены датчики положения.

Поворот стола происходит от вала $XXII$ через передачи (20/80), (43/78), (включена муфта M_{11}), через зубчатые колеса (38/52), (52/52), вал XXV передачи (38/38), (38/38), червячную пару 2/225. Для установки поворотного стола через 90° на салазках установлен индуктивный датчик, а на поворотном столе четыре репера (магнитопровода). Конструкция реперов позволяет регулировать установку по углу в небольших пределах. При подходе в зону датчика стол перемещается на заранее заданной небольшой скорости.

Гидросистема станка осуществляет переключение механических ступеней главного привода, отжим подвижных органов станка, отжим инструмента в шпинделе, смазку отдельных узлов станка.

Механизм переключения скоростей главного привода (рис. 117) электрогидравлический с дистанционным управлением. В корпусе 3

смонтированы гидроцилиндры, на штоках 11 которых закреплены поводки 5, 6 и 8, передвигающие блоки зубчатых колес. Крайние положения поводков фиксируются пальцами 10, закрепленными на штанге 9; фиксирование производится с помощью пружины 2, расфиксирование — пружиной 2. Перед переключением блока зубчатых колес через указатель частот вращения шпинделя на панели пульта дается команда электромагнитному гидрораспределителю, который пропускает масло в бесштоковую полость цилиндра 1. Тогда поршень, преодолевая сопротивление пружины 2, перемещает штангу 9 вверх, при этом пальцы 10 выходят из-за выступов упоров 7, закрепленных на поводках. Лепесток 4 действует на конечный выключатель, который дает сигнал гидрораспределителю управления гидроцилиндрами поводков о возможности переключения любого блока зубчатых колес.

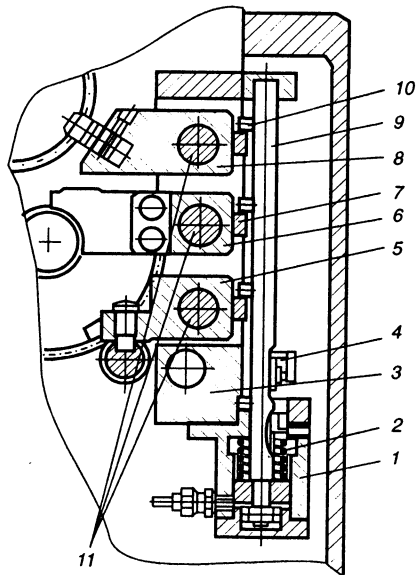


Рис. 117. Механизм переключения главного привода станка 2611 Ф2

По программе, заложенной в электросхеме, соответствующие гидрораспределители управления перебрасывают потоки масла, и гидроцилиндры посредством поводков переводят блоки зубчатых колес. На каждом гидроцилиндре закреплены поводки, в крайних положениях воздействующие на конечные выключатели, установленные в корпусе. При срабатывании конечных выключателей перевод блоков зубчатых колес завершается и подается команда на фиксирование данного расположения поводков.

Гидрораспределитель управления гидроцилиндром фиксатора снимает давление в гидроцилиндре 1 фиксатора; пружина 2 перемещает штангу 9 вниз, пальцы 10 заходят за выступы упоров 7 поводков. Лепесток, закрепленный на штанге, действует на конечный выключатель, который сигнализирует о завершении цикла переключения скоростей.

Радиально-сверлильный станок с ЧПУ мод. 2М55Ф2. Станок предназначен для бескондукторной и безразметочной обработки отверстий в крупных корпусных деталях, фланцах, кронштейнах и т. д. В автоматическом цикле на станке можно производить сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы метчиком и подрезку торцов. Класс точности станка Н.

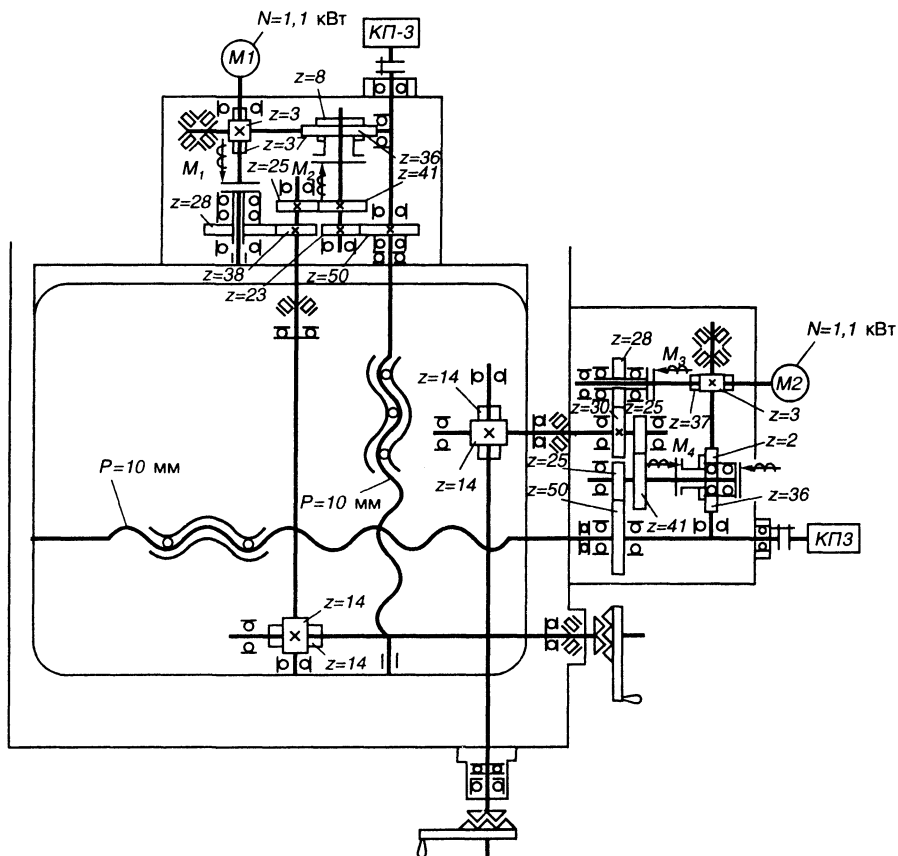


Рис. 118. Кинематическая схема координатного стола с ЧПУ КСУ53

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр сверления 50 мм; наибольшее расстояние от торца шпинделя до поверхности стола 970 мм; число частот вращения шпинделя — 21; пределы подач шпинделя 0,056—2,5 мм/мин.

Станок имеет позиционное устройство типа «Координата С-70» и работает от программы, записанной на перфоленте, осуществляя позиционирование координатного стола по координатам X' , Y' , Z' , автоматический цикл движения шпинделя, выбор инструментов и режимов резания. Переключение режимов резания и смену инструмента производит оператор вручную.

Компоновка станка, основные его узлы и кинематика в основном аналогичны базовому станку 2М5. Станок 2М55Ф2 оснащен коорди-

натным столом с ЧПУ (рис. 118), который осуществляет позиционирование одновременно по двум координатам. Размер рабочей поверхности стола (ширина \times длина) 630 \times 800 мм; скорость быстрого хода стола и салазок 4 м/мин; время перемещения на медленном ходу составляет менее 3 с; точность позиционирования стола и салазок 0,063 мм.

Привод стола и салазок осуществляется от асинхронных электродвигателей $M1$ и $M2$ ($N = 1,1$ кВт) через одноступенчатые редукторы, обеспечивающие быстрое перемещение рабочих органов, а затем медленное при подходе к заданной точке по программе. Быстрое перемещение осуществляется при включенной муфте M_1 (M_3) и отключенной муфте M_2 (M_4), тогда движение от электродвигателя передается ходовому винту качения с шагом $p = 10$ мм через передачи (28/30), (25/41), (25/50). Медленное перемещение происходит при включенной муфте M_3 (M_4) через червячные передачи (3/37), (2/36) и передачи (25/50). Торможение осуществляется электромагнитным тормозом. Цикл позиционирования аналогичен рассмотренному в станке 2P135Ф2 (см. выше). Подход к заданной точке производится при перемещении стола слева направо и от себя независимо от того, в какую сторону происходило перемещение на быстром ходу. На шариковых ходовых винтах установлены кодовые преобразователи.

3.6. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Фрезерные станки предназначены для обработки наружных и внутренних плоских, фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, шлицев на валах, нарезание зубчатых колес и т. д.

Конструкции фрезерных станков многообразны. Выпускают универсальные, специализированные и специальные фрезерные станки. Основными формообразующими движениями являются вращение фрезы (главное движение) и движение подачи, которое сообщают заготовке или фрезе. Приводы главного движения и подачи выполняют раздельно. Вспомогательные движения, связанные с подводом и отводом заготовки к инструменту, механизированы и осуществляются от привода ускоренных перемещений. Основные элементы механизмов станков унифицированы. Основным параметром, характеризующим фрезерные станки общего назначения, является размер рабочей поверхности стола.

В общем случае фрезерные станки можно подразделить на две основные группы: 1) общего назначения или универсальные (вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные); 2) специализированные и специальные (шлицефрезерные, шпоночно-фрезерные, карусельно-фрезерные, копировально-фрезерные и др.). По конструктивным особенностям эти станки подразделяют

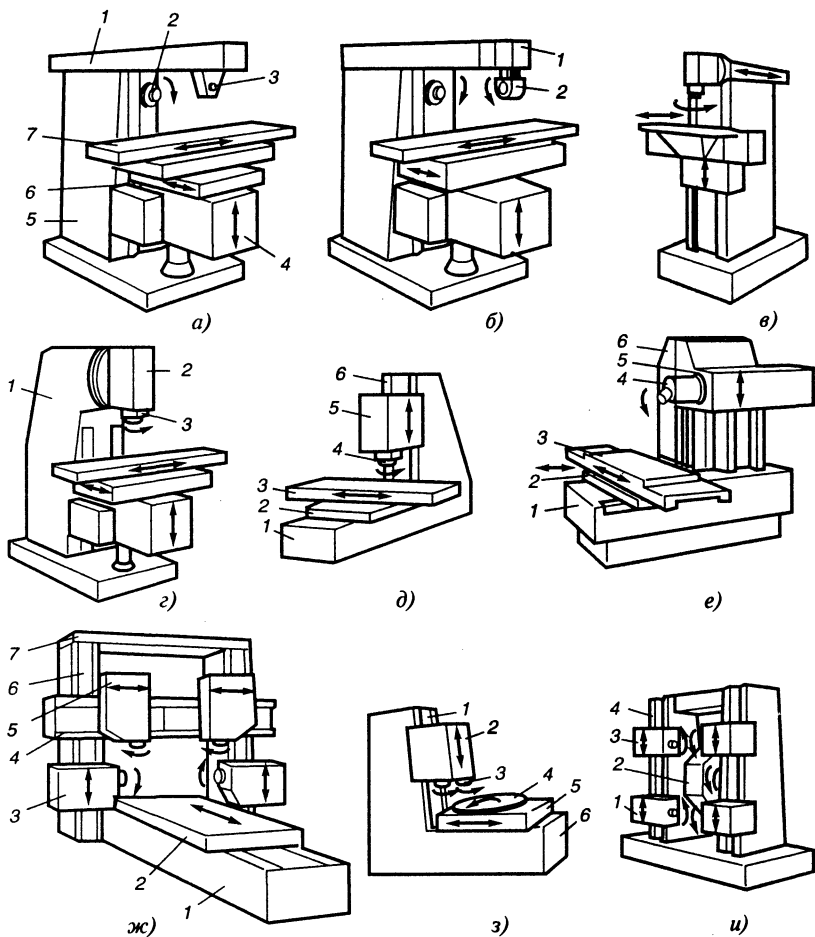


Рис. 119. Фрезерные станки:

а — универсальный консольный горизонтально-фрезерный, *б* — широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный, *в* — широкоуниверсальный бесконсольно-фрезерный, *з* — консольный вертикально-фрезерный, *д* — бесконсольный вертикально-фрезерный, *е* — бесконсольный горизонтально-фрезерный, *ж* — продольно-фрезерный, *з* — карусельно-фрезерный, *и* — барабанно-фрезерный

на консольные (стол расположен на подъемном кронштейне-консоли), бесконсольные (стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях) и непрерывного действия (карусельные и барабанные).

В единичном, мелко- и среднесерийном производстве наиболее распространены консольные фрезерные станки. Универсальный кон-

солный горизонтально-фрезерный станок (рис. 119, а) имеет горизонтальный шпиндель 2 и выдвигной хобот 1, на который устанавливают серьгу 3, поддерживающую оправку с фрезой, консоль 4 перемещается по направляющей стойки 5. На консоли расположены салазки б и стол 7.

Широко универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 119; б) помимо горизонтального шпинделя имеет шпиндельную головку 1, которая может поворачиваться на хоботе в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой можно устанавливать под любым углом к плоскости стола и к обрабатываемой заготовке. На головке 1 монтируют накладную головку 2, предназначенную для сверления, рассверливания, зенкерования, растачивания и фрезерования.

Консольный вертикально-фрезерный станок (рис. 119, в) имеет вертикальный шпиндель 3, который размещен в поворотной шпиндельной головке 2, установленной на стойке 1. Бесконсольные вертикально- и горизонтально-фрезерные станки (рис. 119, д, е), служащие для обработки заготовок крупногабаритных деталей, имеют салазки 2 и стол 3, которые перемещаются по направляющим станины 1. Шпиндельная головка 5 перемещается по направляющим стойки 6. Шпиндель 4 имеет осевые перемещения при установке фрезы.

Продольно-фрезерные станки (рис. 119, ж) предназначены для обработки заготовок крупногабаритных деталей. На станине 1 установлены две вертикальные стойки б, соединенные поперечиной 7. На направляющих стойках смонтированы фрезерные головки 3 с горизонтальными шпинделями и траверса (поперечина) 4. На последней установлены фрезерные головки 5 с вертикальными шпинделями. Стол 2 перемещается по направляющим стоек 4.

Карусельно-фрезерные станки (рис. 119, з), предназначенные для обработки поверхностей торцовыми фрезами, имеют один или несколько шпинделей 3 для чистовой и черновой обработки. По направляющим стойки 1 перемещается шпиндельная головка 2. Стол 4, вращаясь непрерывно, сообщает установленным на нем заготовкам вращение подачи. Стол с салазками 5 имеет установочное перемещение по направляющим станины 6. Барабанно-фрезерные станки (рис. 119, и) используются в крупносерийном и массовом производстве. Заготовки устанавливают на вращающемся барабане 2, имеющем движение подачи. Фрезерные головки 3 (для черновой обработки) и 1 (для чистовой обработки) перемещаются по направляющим стоек 4.

Широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный станок мод. 6P82Ш. Станок служит для выполнения различных фрезерных работ, а также сверлильных и несложных расточных работ в заготовках из чугуна, стали, цветных металлов. Станок может работать в полуавтоматическом и автоматическом режимах, что дает возможность многостаночного обслуживания. На рис. 120, 121, 122 показаны

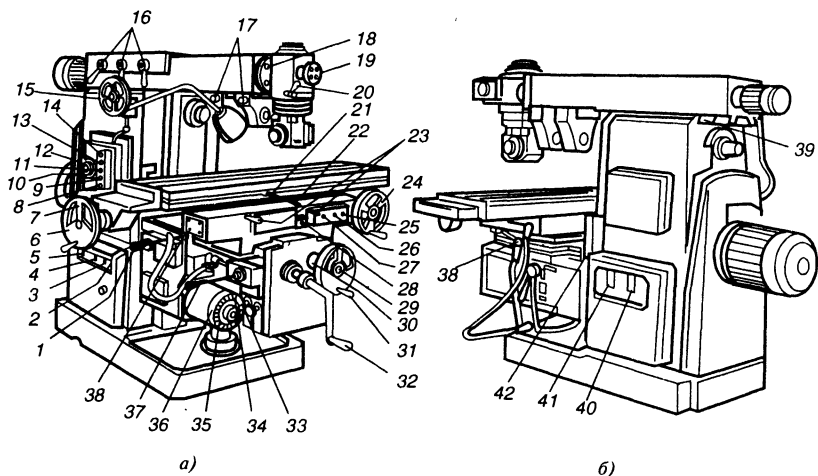


Рис. 120. Общий вид станка мод. 6P82Ш:

1, 22 — рукоятки включения продольных перемещений стола, 2, 37 — рукоятки включения поперечной и вертикальной подачи стола, 3 — переключатель ввода «включено-выключено», 4 — переключатель насоса охлаждения «включено-выключено», 5 — переключатель вращения горизонтального шпинделя «влево-вправо», 6, 24 — маховички ручного продольного перемещения стола, 7 — рукоятка переключения скоростей горизонтального шпинделя, 8, 27 — кнопка «стоп», 9, 26 — кнопка «Пуск шпинделя», 10 — стрелка указателя частоты вращения шпинделя, 11 — указатель частоты вращения шпинделя, 12, 25 — кнопка «Быстро стоп», 13 — кнопка «Импульс шпинделя», 14 — переключатель освещения, 15 — маховичок ручного перемещения хобота, 16 — рукоятки переключения скоростей шпинделя поворотной головки, 17 — механизм зажима серги, 18 — механизм зажима поворотной головки, 19 — маховичок ручного перемещения гильзы шпинделя, 20 — рукоятка зажима гильзы и шпинделя, 21 — звездочка механизма автоматического цикла, 22 — рукоятка включения продольной подачи стола, 23 — механизм зажима стола, 28 — переключатель ручного или автоматического управления стола, 29 — маховичок ручных поперечных перемещений стола, 30 — лимб механизма поперечных перемещений стола, 31 — кольцо нониуса, 32 — рукоятка ручных вертикальных перемещений стола, 33 — кнопка фиксации грибка переключения подачи, 34 — грибок переключения подачи, 35 — указатель подачи стола, 36 — стрелка указателя подачи стола, 38 — рукоятка зажима салазок на направляющих консоли, 39 — винт зажима хобота, 40 — реверсивный переключатель направления вращения шпинделя накладной головки, 41 — переключатель управления «Автоматический цикл — ручное управление — работа с круглым столом», 42 — рукоятка зажима консоли

соответственно общий вид, основные узлы и кинематическая схема этого станка.

Техническая характеристика станка. Размер рабочей поверхности стола (длина x ширина) 1250 x 320 мм; наибольшее перемещение стола: продольное — 800 мм, поперечное — 240 мм, вертикальное — 360 мм; число ступеней частот вращения шпинделя 18; пределы частот вращения шпинделя 31,5—1600 мин⁻¹; число подач стола 18; пределы подач продольных и поперечных 25—1250 мм/мин, вертикальных — 416,6 мм/мин; размеры станка 2305 x 1950 x 1680 мм; масса 2830 кг.

Кинематика станка. Привод горизонтального шпинделя (главного движения) осуществляется электродвигателем *M1* через зубчатые пе-

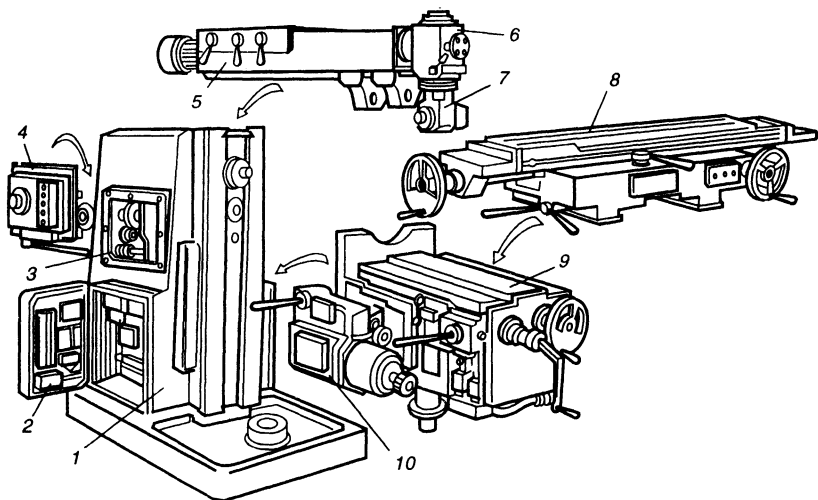


Рис. 121. Основные узлы станка 6P82Ш:

1 — станина, 2 — электрооборудование, 3 — коробка скоростей, 4 — коробка переключений, 5 — хобот, 6 — поворотная головка, 7 — накладная головка, 8 — стол и салазки, 9 — консоль, 10 — коробка подач

редачи. Число ступеней частот вращения равно числу вариантов передаточных отношений от электродвигателя до шпинделя, т. е. $3 \times 3 \times 2 = 18$. Минимальная частота вращения $n_{\min} = 1460 \left[(27/53) \times (60/38) \times (17/46) \times (19/69) \right] = 31,5 \text{ мин}^{-1}$; максимальная $n_{\max} = 1460 \times (27/53) \times (22/32) \times (38/26) \times (82/38) = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

Шпиндель поворотной головки приводится во вращение от электродвигателя *M2* через зубчатые передачи. Число ступеней вращения $2 \times 3 \times 2 = 12$; $n_{\min} = 1430 \times (28/72) \times (34/66) \times (21/59) \times (28/28) \times (19/19) = 1600 \text{ мин}^{-1}$.

Привод подач стола в поперечном и продольном направлениях осуществляется через зубчатые передачи от электродвигателя *M3*. Минимальная подача стола в указанных направлениях $S_{\min} = 1430 \times (26/50) \times (26/57) \times (18/36) \times (18/40) \times (13/45) \times (18/40) \times (28/35) \times (18/33) \times (33/37) \times (18/16) \times (18/18) \times 6 = 25 \text{ мм/мин}$, $S_{\max} = 1430 \times (26/50) \times (26/57) \times (36/18) \times (24/24) \times (40/40) \times (28/35) \times (18/33) \times (33/37) \times (18/16) \times (18/18) \times 6 = 1250 \text{ мм/мин}$.

Ускоренная подача стола в продольном и поперечном направлениях $S_y = 1430 \times (26/33) \times (28/35) \times (18/33) \times (33/37) \times (18/16) \times (18/18) \times 6 = 3000 \text{ мм/мин}$.

Максимальная подача стола в вертикальном направлении $S_{B_{\max}} = 1430 \times (26/50) \times (26/57) \times (36/18) \times (24/34) \times (40/40) \times (28/35) \times (18/33) \times (22/33) \times (23/46) \times 6 = 1000 \text{ мм/мин}$.

Основные узлы и механизмы станка. Хобот 5, в котором смонтиро-

вана коробка скоростей привода шпинделя поворотной головки 6, перемещается по направляющим станины 1 (рис. 121) вращением маховика 15 (рис. 120) при отжатом зажиме 39.

Коробка скоростей горизонтального шпинделя расположена в станине и соединена с валом электродвигателя упругой муфтой. Шпиндель 11 станка (рис. 123) установлен на подшипники 4, 2, 12. Осевой зазор в шпинделе регулируют подшлифовкой колец 9, 10. Повышенный зазор в подшипнике 4 устраняют подшлифовкой полуколец 5 и гайкой 1 следующим образом. Снимают крышку 3 (или боковую крышку), фланец 6, пружинное кольцо 7, кольца 8 и вынимают полукольца 5. Гайкой 1 выбирают зазор так, чтобы при работе нагрев подшипников не превышал 60° С. Замеряют величину зазора между подшипником и буртом шпинделя и в соответствии с этим подшлифовывают полукольца 5. Затем устанавливают полукольца, монтируют детали 6, 8, 7, 3.

Коробка переключения скоростей (рис. 124) обеспечивает выбор требуемой скорости без последовательного прохождения промежуточных ступеней. Рейка 1 (рис. 124, а), перемещаясь посредством рукоятки через зубчатый сектор 2 и вилку 10 (рис. 124, б), передвигает в осевом направлении главный валик 3 с диском 9 переключения с помощью зубчатого колеса 2 и втулки 4. На диске выполнено несколько рядов отверстий, расположенных против штифтов 8 реек 5 и 7, попарно соединенных с колесом 6. На одной из каждой пары реек крепится вилка переключения. Рейки передвигаются при нажиме диска на штифты. В конце хода диска вилки занимают положение, соответствующее зацеплению определенных пар зубчатых колес. Лимб при выборе скоростей фиксируется шариком 1 (рис. 124, б), попадающим в пазы звездочки 11. Рукоятка 5 (рис. 124, а) фиксируется при включении шариком 3 и пружиной 4; при этом шип рукоятки входит в паз фланца.

Поворотную головку (рис. 125) монтируют на хоботе через промежуточную плиту посредством болтов, входящих в кольцевой Т-образный паз и центрируют в кольцевой выточке. Шпиндель 8, смонтированный в выдвигной гильзе 9, получает вращение от коробки скоростей через кулачковую муфту 1 и конические колеса 4, 2 и 5, 4. Колеса 7 и 3 служат для регулировки осевого зазора в подшипниках и шпинделя, а полукольца 2 и гайка 6 — для устранения зазора в переднем подшипнике. Выдвижение гильзы осуществляют маховичком.

Накладную головку (рис. 126) монтируют на поворотной головке болтами, входящими в Т-образный паз, и жестко фиксируют. Шпиндель 5 получает вращение от шпинделя 1 поворотной головки через конические зубчатые колеса 3, 4. Гайкой 2 регулируют зазор в подшипниках шпинделя.

Коробка подач (рис. 127, а) обеспечивает рабочие подачи и установочные перемещения стола, салазок и консоли путем переключения

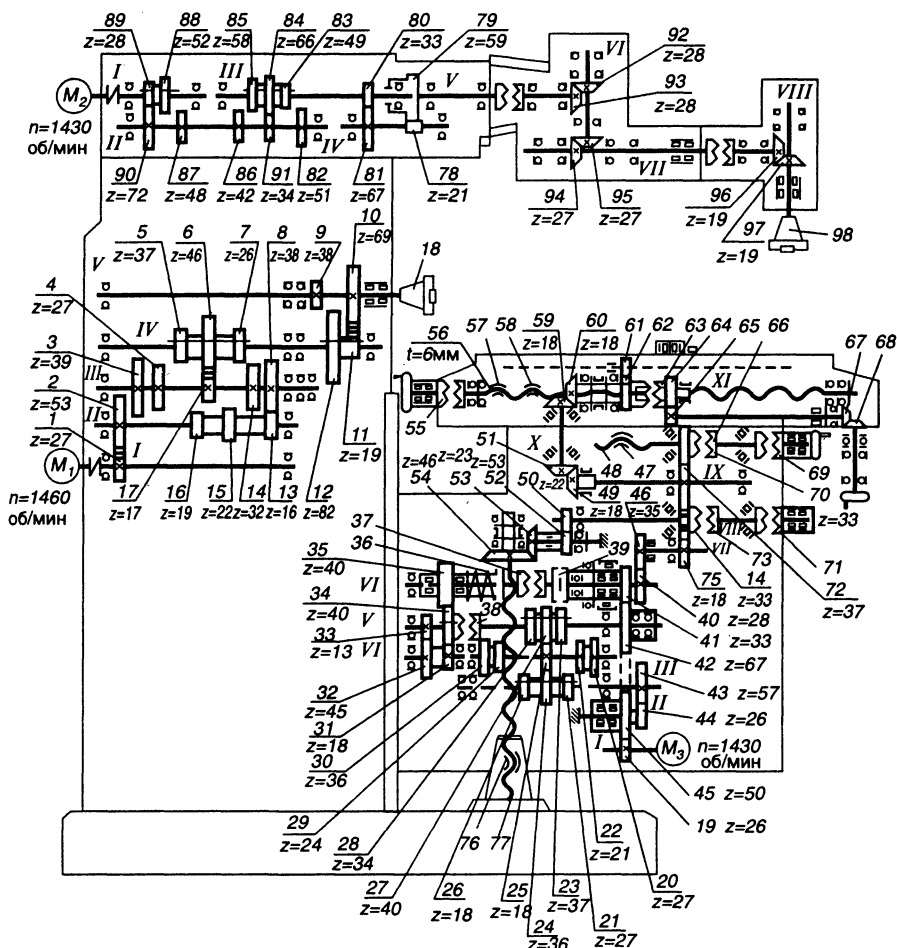


Рис. 122. Кинематическая схема станка мод. 6P82Ш:

1—17 — кинематическая цепь механизма движения горизонтального шпинделя 18 (коробки скоростей), 19—45 — кинематическая цепь коробки подач, 46—77 — детали механизмов передач продольного, поперечного, вертикального перемещения стола, 78—97 — кинематическая цепь механизма движения шпинделя поворотной головки 98

блоков зубчатых колес и передачи вращения на входной вал B через шариковую предохранительную муфту, кулачковую муфту 4 и втулку 3, соединенную шпонкой с муфтой 4 и валом B . Стопор 1 жестко фиксирует положение гайки 15. Когда механизм подачи перегружен, шарики, контактирующие с отверстием муфты 2, сжимают пружины и выходят из контакта. Колесо 14 при этом проскальзывает относительно муфты 2, и рабочая подача прекращается.

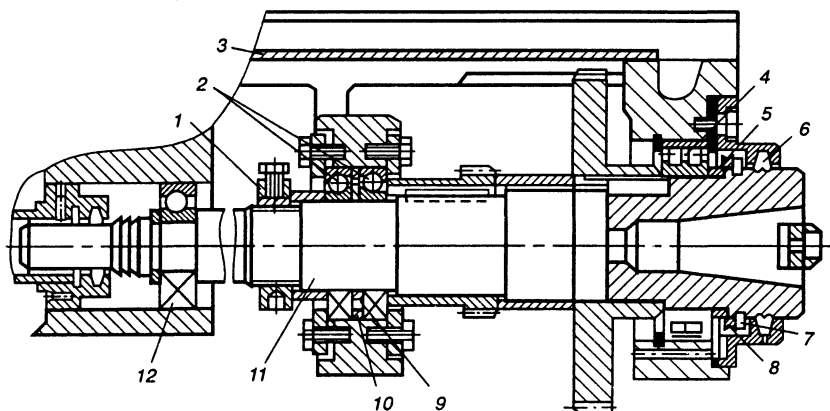


Рис. 123. Шпиндельный узел станка 6P82Ш

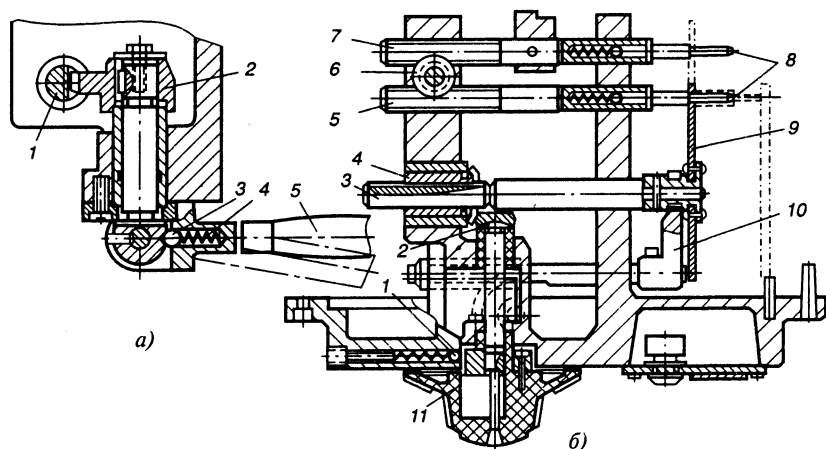


Рис. 124. Коробка переключения скоростей:

а — механизм переключения скоростей, *б* — развертка коробки переключения скоростей

Быстрое вращение передается от электродвигателя (минуя коробку передач) на зубчатое колесо *С*, которое установлено на хвостовике корпуса *9* фрикционной муфты и имеет постоянную частоту вращения. Гайка *10* должна быть обязательно затянута. Корпус *9* вращается свободно. Диски фрикциона соединены (через один) с корпусом *9* и втулкой *12*, соединенной с валом *В*. При нажатии муфты *4* на торце

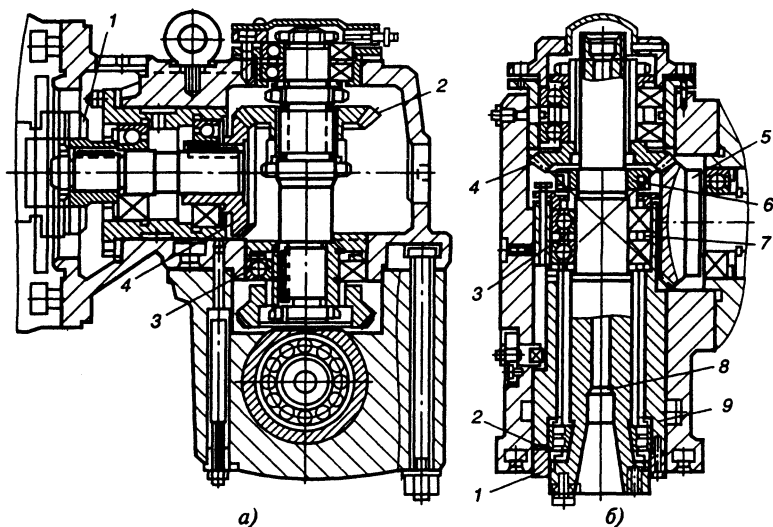


Рис. 125. Поворотная головка (а) и разрез по шпинделю поворотной головки (б)

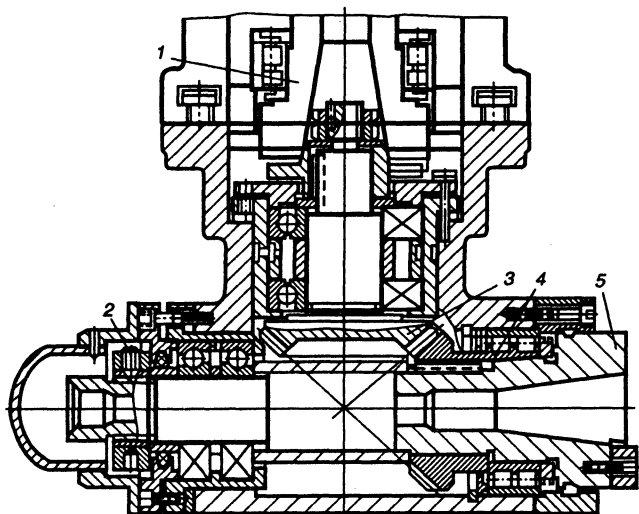
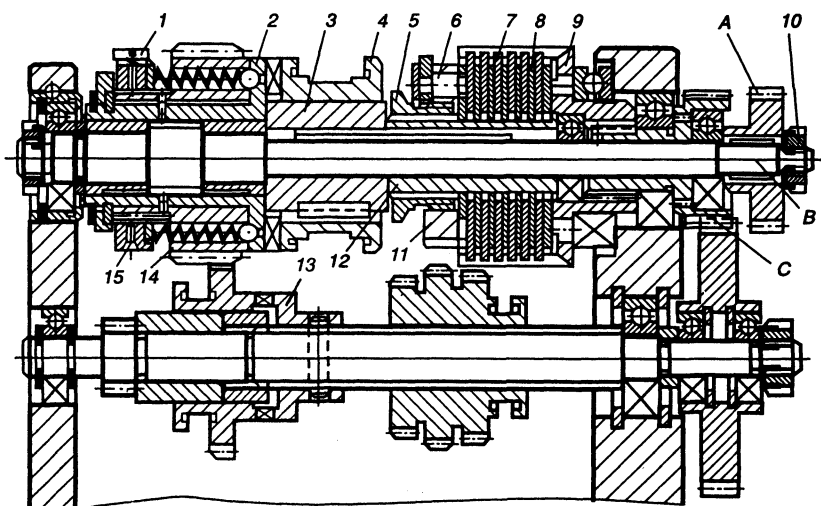
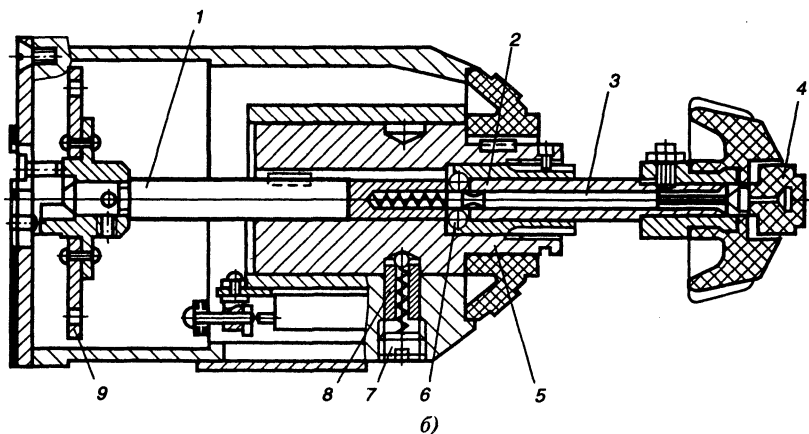


Рис. 126. Накладная головка

втулки 5 и затем на гайку 11 диски 7 и 8 соединяются и передают быстрое вращение валу В и зубчатому колесу А. Усилие сжатия дисков



а)



б)

Рис. 127. Коробка подач:

а — развертка, б — механизм переключения подач

7 и 8 регулируется с помощью штифта 6. Движение с вала В на ведомый вал осуществляется через кулачковую муфту 13.

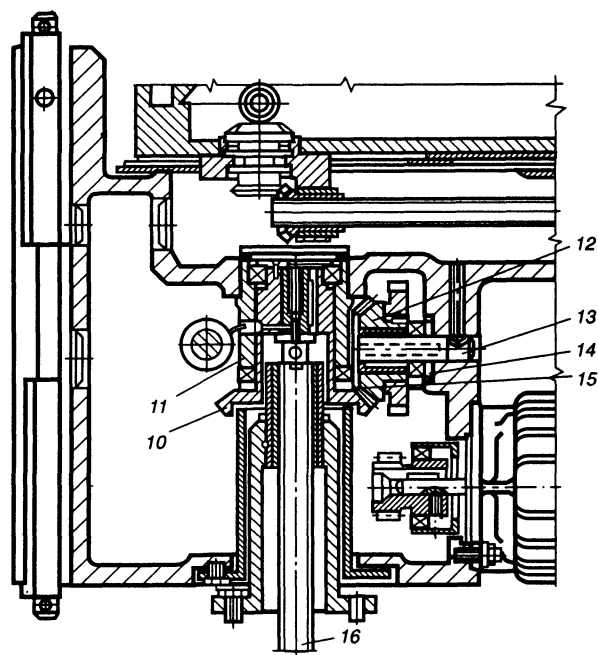
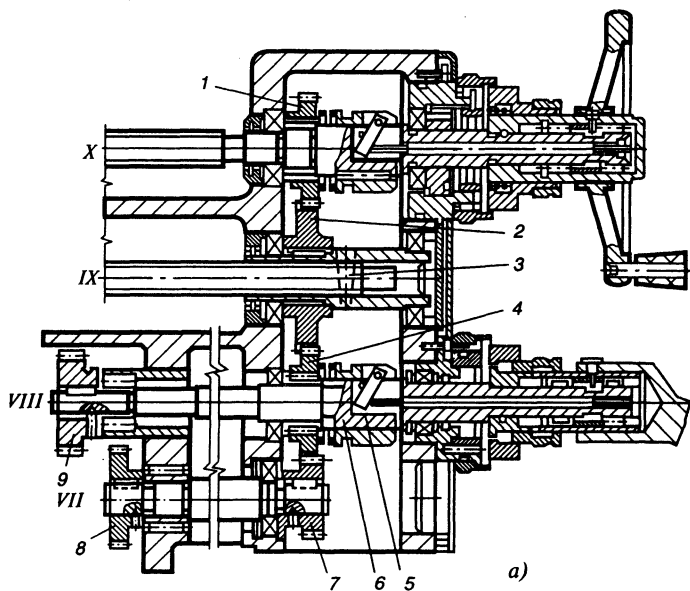
Механизм переключения подач (рис. 127, б) входит в узел коробки подач. Принцип работы механизма аналогичен работе коробки переключения скоростей. Валик 1 при включении запирается шариками 6 и втулкой 2, что предотвращает смещение диска 9 в осевом направлении. При нажатии на кнопку 4 шарика попадают в кольцевую проточку

валика 3 и валик 1 освобождается от фиксации. Диск 9 переключения фиксируется от поворота шариком 8 через втулку 5, связанную шпонкой с шариком 1. Винтом 7 регулируют натяжение пружины.

Консоль (рис. 128) объединяет узлы цепи подач станка. В ней смонтированы валы и зубчатые передачи, передающие движение от коробки подач в трех направлениях (к винтам продольной, поперечной и вертикальной подач); механизм включения поперечных и вертикальных подач. Зубчатое колесо 8 вращается от колеса А (рис. 127, а) и передает движение на зубчатые колеса 7, 4, 2, 1 (рис. 128, а). Колесо 8 может передавать движение валу только через кулачковую муфту 6. Далее через цилиндрические и конические зубчатые колеса движение передается на винт 16 (рис. 128, б). Зацепление пары 16 и 10 отрегулировано компенсаторами 14, 15 и зафиксировано винтом, входящим в палец 13. Втулка 11 не демонтируется, гайка вертикальных перемещений закреплена в колонне. Колесо 2 через шпонку и шлицы вращает вал IX цепи продольного хода. Винт X поперечной подачи вращается от колеса 2 и свободно сидящего на валу колеса 1 при включенной муфте поперечного хода. Валы XII и XIII демонтируются при снятии стопоров у колес 8, 9.

Салазки демонтируют после снятия вала IX, для чего нужно снять верхний щиток на направляющих консоли, выбить штифт 3 и снять вал IX. Механизм включения установочных перемещений (рис. 129) включает муфту и сжимает диски фрикционной муфты. Рычаг 1 заштифтован на оси 4. Последний отжимается в направлении зеркала станины пружиной 6. Правые гайки 2 служат для регулировки усилия пружины, левые 3, упираясь в торец втулки 5, регулируют и ограничивают ход оси. Уступ рычага 1 упирается в кулачок 7. Рычаг 1 при повороте кулачка 7 перемещается, сжимая пружину 6. Второй конец оси 8 имеет мелкий зуб, обеспечивающий монтаж рычага 9, соединяющего под небольшим углом ось 8 с тягой электромагнита. Последний через тягу и шарнир соединен свилкой, от которой через гайку и пружину усилие передается на рычаг 9. Таким образом, независимо от усилия электромагнита усилие на рычаге определяется степенью сжатия пружины.

Механизм включения поперечных и вертикальных подач (рис. 130) управляет включением и выключением кулачковых муфт поперечной и вертикальной подач от электродвигателя подач. Выполнен в отдельном корпусе. При движении рукоятки 5 вверх, вниз, влево, вправо, связанный с ней барабан 1 совершает соответствующие движения и своими скосами через рычажную систему управляет включением кулачковых муфт, а через штифты — конечными выключателями, предназначенными для реверса электродвигателя подач. Барабан связан тягой 2 с дублирующей рукояткой. При включениях и выключениях поперечного хода тяга перемещается поступательно, а при включении



б)
Рис. 128. Консоль:
а — разертка, б — разрез

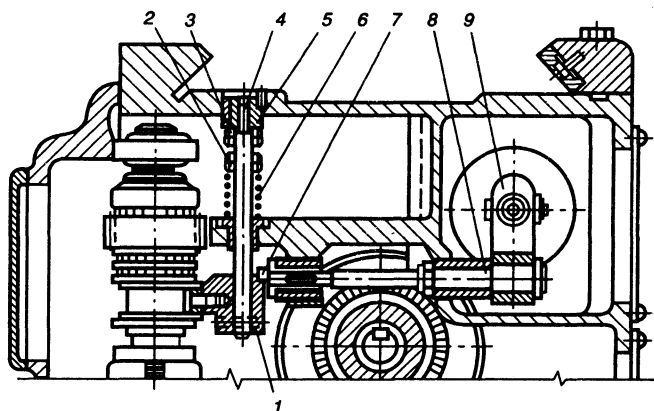


Рис. 129. Механизм включения установочных переключателей

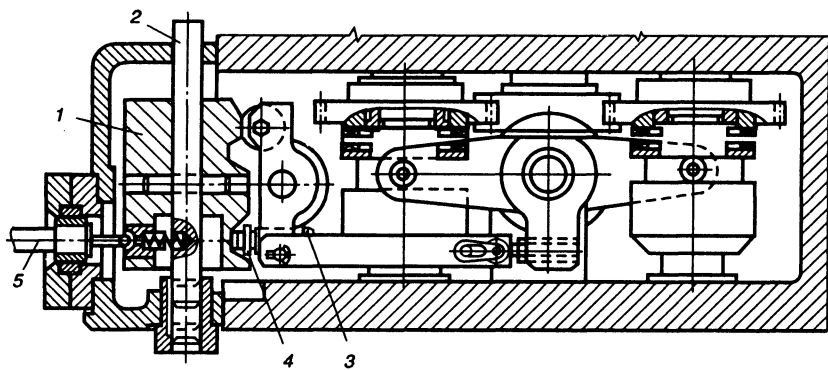


Рис. 130. Механизм включения вертикальной и поперечной подач

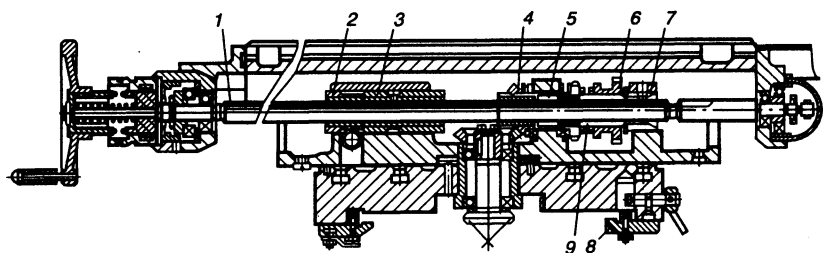


Рис. 131. Ходовой винт стола

вертикального хода — поворачивается. Винт 4 и гайка 3 служат для устранения зазоров в системе.

Ходовой винт 1 (рис. 131) стола получает вращение через скользящую шпонку гильзы 9, расположенную во втулках 5, 7. Гильза 9 вращается от кулачковой муфты 6 через шлицы при ее сцеплении с кулачками втулки 5, связанной с коническим зубчатым колесом 4. На втулке 5 выполнен зубчатый венец, находящийся в зацеплении с зубчатым колесом привода круглого стола. Муфта 6 имеет зубчатый венец для вращения винта продольной подачи от маховичка. Зажим салазок на направляющей консоли осуществляется планшайбой 8. Колесо 9 (рис. 132) подпружинено на случай попадания зуба на зуб. Зацепление колес возможно только при рассоединении муфты 6 и втулки 5. Этим маховичок блокируется при механических подачах. Гайки 2 и 3 ходового винта (рис. 131) расположены в левой части салазок. Зазор в направляющих консоли и салазок выбирается клиньями.

Механизм включения продольной подачи (рис. 132) выполняет включение кулачковой муфты продольного хода, включение и реверс электродвигателя подач. Рукоятка 4 неподвижно соединена с осью 2 поворачивая рычаг 1, по криволинейной поверхности которого при переключении катится ролик 15 (рис. 132). В нейтральном положении рычага 10 ролик расположен в средней впадине, при включенном — в одной из боковых впадин. Движение ролика 15 через рычаг 16 передается штоку 5 через колесо 7 — рейки 6 и вилки 8, ведущей муфту 6 (рис. 131). Пружина 2 (рис. 132) постоянно нажимает на шток 5. Пружина 4 обеспечивает включение рукоятки при попадании зуба на зуб муфты 6. Пружина 4 регулируется винтом 3 через отверстие пробки 1.

На одной оси с рычагом 16 расположен рычаг 18, служащий для включения муфты 6 кулачком 19, прикрепленным к тяге 20, соединяющей основную рукоятку продольного хода с дублирующей. Конечный выключатель 17 производит включение и реверсирование электродвигателя подач. Его отключение происходит после выключения муфты 6. На ступице 5 (рис. 133) рукоятки продольного хода выполнены выступы, на которые воздействуют кулачки ограничения продольного хода или (при автоматических циклах) кулачки управления продольным ходом. Работу путевых выключателей проверяют при снятой крышке 14 (рис. 132).

Механизм автоматического цикла предназначен для управления перемещениями стола от кулачков. На оси рукоятки продольного хода установлены две звездочки, непосредственно связанные со звездочками 6, 5 (рис. 133) включения быстрого хода при работе станка в автоматическом цикле. Звездочка 6 вращается от возвратного пружинного кулачка, расположенного на лицевой стороне стола в Т-образном пазу. Звездочка 3 имеет различную глубину впадин, что при ее повороте

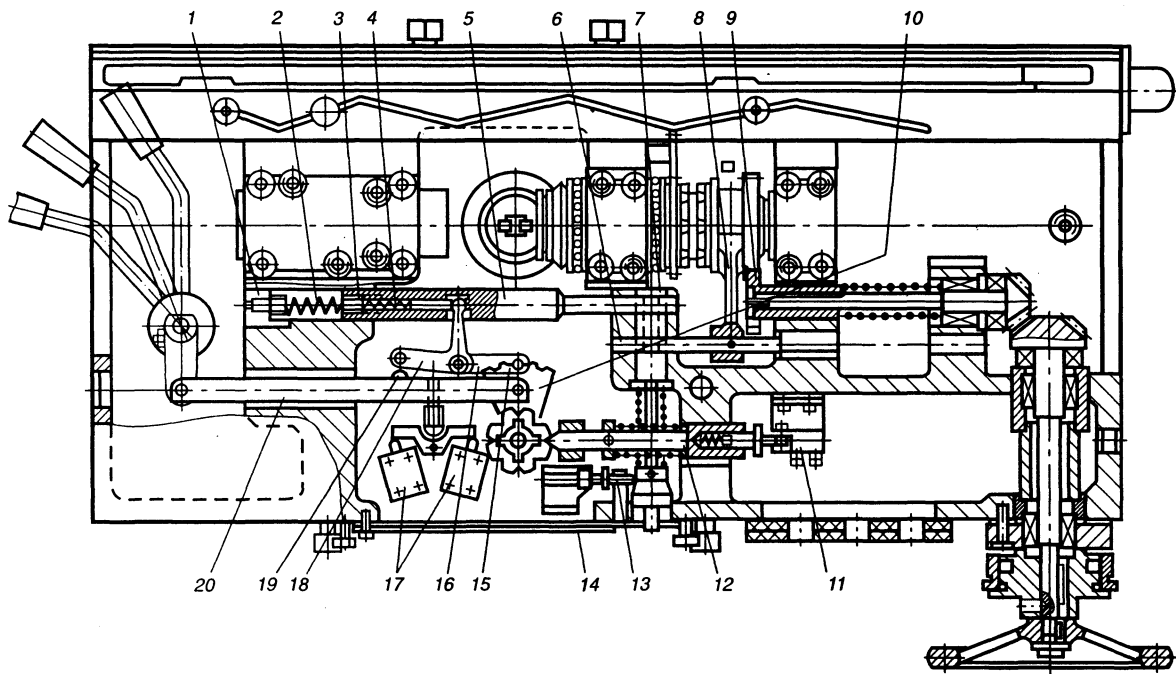


Рис. 132. Салазки

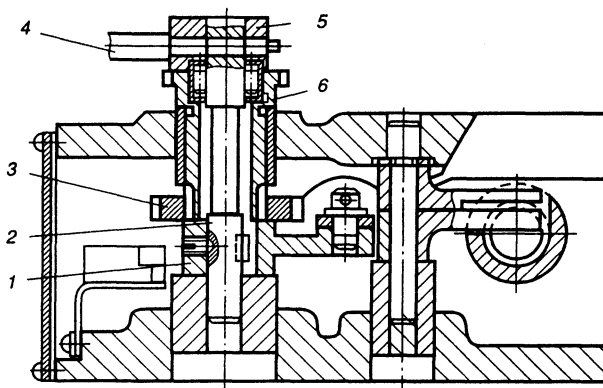


Рис. 133. Механизм включения продольной подачи

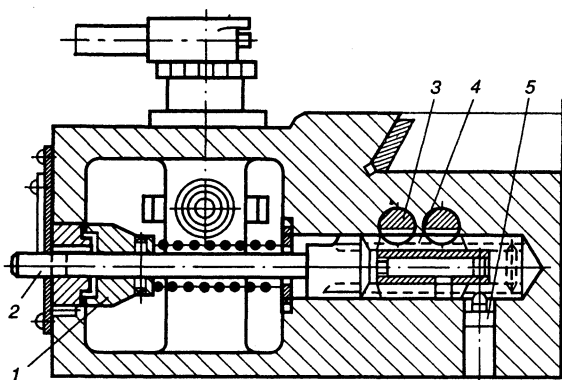


Рис. 134. Механизм запираия муфты

на 45° обеспечивает различную величину хода штока 2 (рис. 134), который, воздействуя на конечный выключатель, включает электромагнит быстрого хода.

Механизм запираия муфты (рис. 134) предназначен для подготовки станка к работе в автоматическом цикле. При нажатии на вал-шестерню 2 рейка 3 расцепляется с зубчатым колесом 4 и зацепляется с валом-шестерней 2. При повороте вала 2 кулачковая муфта перемещается и входит в зацепление с кулачковым зубчатым колесом. С этого момента рукоятка продольного хода включаться не может. Запирание муфты можно выполнить только при среднем (нейтральном) положе-

нии рукоятки. Это обеспечивается Т-образным пазом в колесе 4 и штифтом 5, установленным в корпусе салазок. При нажатии на вал-шестерни 2 конусом 1 и пальцем 13 (рис. 132) размыкаются контакты конечного выключателя, блокирующего цепь включения поперечной и вертикальной подач. Это исключает включение при запертой кулачковой муфте продольного хода двух движений одновременно: стола и салазок или стола и консоли.

Делительные головки. Технологические возможности фрезерных станков расширяют делительные головки. Они служат для периодического поворота обрабатываемой заготовки вокруг оси (при обработке зубьев, шлицев, пазов и др.) на равные или неравные углы, а также для непрерывного вращения заготовки, согласованного с продольной подачей стола станка при нарезании винтовых канавок. Различают головки для непосредственного деления; многошпиндельные; универсальные; оптические. Делительные головки оснащаются принадлежностями: шпиндельными валиками; передним центром с поводком; домкратом; хомутиками; центровыми оправками и консольными оправками для установки заготовки; универсальными подкладками; задней бабкой; гитарами сменных зубчатых колес; трехкулачковыми патронами.

При обработке с использованием делительной универсальной головки заготовку 1 (рис. 135, а, б) устанавливает на оправке в центрах шпинделя 6 головки 2 и задней бабки 8. Модульная дисковая фреза 7 получает вращение, а стол станка — рабочую продольную подачу. После каждого периодического поворота заготовки зубчатого колеса обрабатывается впадина между соседними зубьями. После обработки впадины стол ускоренно перемещается в исходное положение. Цикл движений повторяется до полной обработки всех зубьев колеса.

Рабочую позицию заготовки устанавливают и фиксируют при вращении шпинделя 6 рукояткой 3 по делительному диску 4 с лимбом. Пружинное устройство фиксирует рукоятку 3 при попадании в соответствующее отверстие делительного диска. На последнем с двух сторон концентрично расположены по одиннадцать окружностей с числами отверстий 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

Универсальные делительные головки подразделяют на лимбовые (рис. 136, а, б, в) и безлимбовые (рис. 136, г). Вращение рукоятки 1 относительно лимба 2 передается через зубчатые колеса 5, 6 и червячную передачу 7, 8 шпинделю. Головки настраивают на непосредственное, простое и дифференциальное деление.

Непосредственное деление. Обеспечивается установкой на шпинделе делительного диска с 30 равномерно расположенными отверстиями. Диск поворачивают рукояткой и выполняют деление окружности

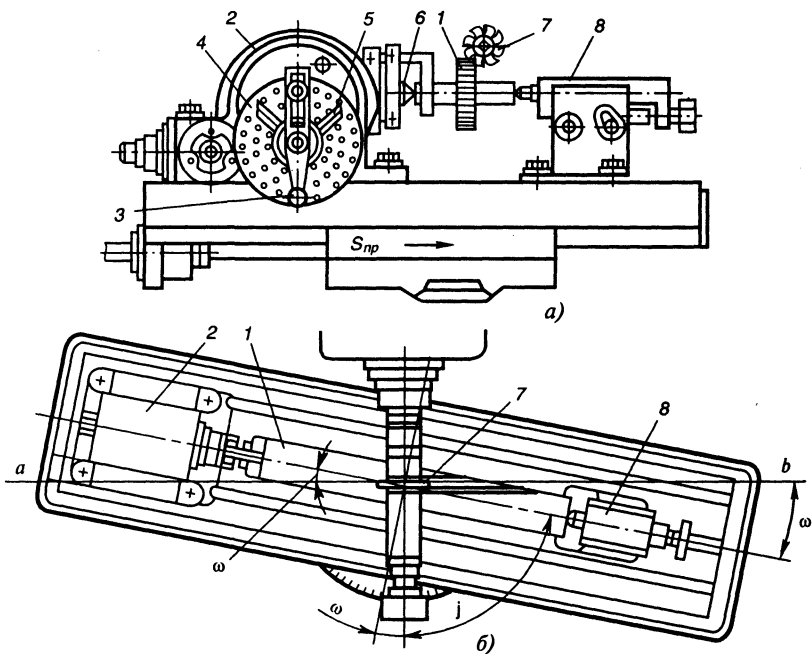


Рис. 135. Схема обработки в делительной головке:

a — зубьев колеса, *b* — винтовой канавки

на 2, 3, 4, 5, 6, 15 и 30 частей. При использовании специального делительного диска можно выполнить деление на неравные части.

Простое деление (рис. 136, *a*) на Z равных частей выполняют при вращении рукоятки относительно неподвижного диска согласно следующей кинематической цепи: $1/Z = n_p(Z_5/Z_6) \times (Z_7/Z_8)$, где $(Z_5/Z_6) \times (Z_7/Z_8) = 1/N$; n_p — число оборотов рукоятки; N — характеристика головки (обычно $N = 40$). Тогда $1/Z = n_p \times (1/N)$, откуда $n_p = N/Z = A/B$, где B — число отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку. Раздвижной сектор 5 (рис. 135, *a*), состоящий из двух радиальных линейек раздвигают на угол, соответствующий числу A отверстий, и скрепляют линейки. Если левая линейка упирается в фиксатор рукоятки, то правая совмещается с отверстием, в которое нужно при очередном повороте ввести фиксатор.

Пример. Настроить делительную головку для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с $Z = 100$. Характеристика головки $N = 40$; $n_p = N/Z = A/B = 40/100 = 4/10 = 2/5 = 12/30$, т. е. $A = 12$ и $B = 30$. Таким образом, используют окружность делительного диска с числом отверстий $B = 30$, а раздвижной сектор настраивают на число отверстий $A = 24$.

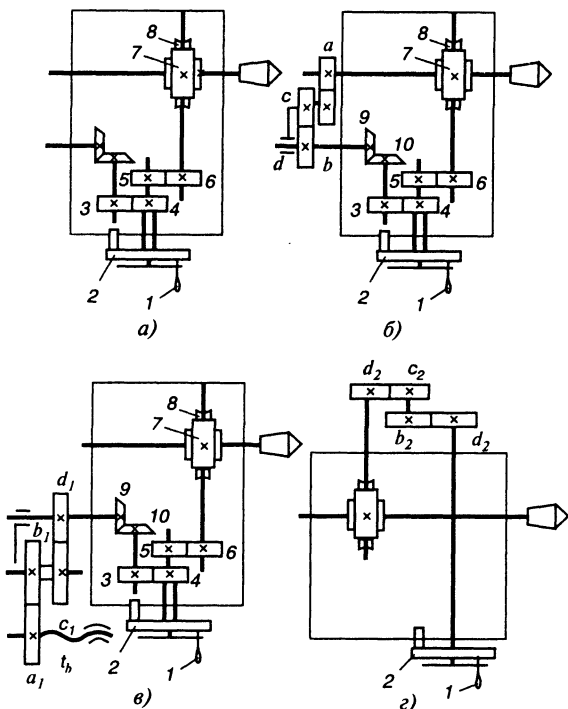


Рис. 136. Кинематические схемы универсальных делительных головок:
а, б — лимбовые, *в* — безлимовые

Дифференциальное деление используют в случае, когда нельзя подобрать делительный диск с нужным числом отверстий. Если для числа Z на диске нет нужного числа отверстий, принимают число Z_Φ , близкое к Z , для которого имеется соответствующее число отверстий. Разность $(1/Z - 1/Z_\Phi)$ компенсируют дополнительным поворотом шпинделя головки на эту разность. Она может быть положительной (дополнительный поворот шпинделя направлен в ту же сторону, что и основной) или отрицательной (дополнительный поворот отрицателен). Это обеспечивают дополнительным поворотом делительного диска относительно рукоятки, т. е. если при простом движении рукоятку поворачивают относительно неподвижного диска, то при дифференциальном делении рукоятку вращают относительно медленно вращающегося диска в ту же или противоположную сторону. Вращение диска передается от шпинделя головки через сменные колеса $a - b$, $c - d$ (рис. 136, б) коническую пару 9 и 10 и зубчатые колеса 3 и 4. Величина дополнительного поворота рукоятки $n_{pg} = N(1/Z - 1/Z_\Phi) = (1/Z) \times a(b) \times (c/d) \times (Z_9/Z_{10}) \times (Z_3/Z_4)$.

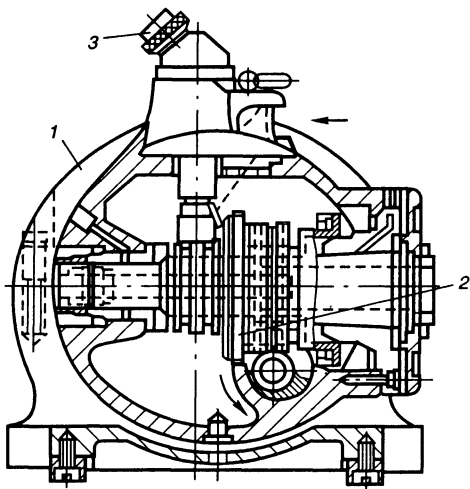


Рис. 137. Оптическая делительная головка

Принимаем $(Z_9/Z_{10})(Z_3/Z_4) = C$ (обычно $C = 1$). Тогда $(a/b)(c/d) = N/C[(Z_\Phi - Z)/Z_\Phi]$.

Пример. Настроить делительную головку для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с $Z = 99$. Известно, что $N = 40$ и $C = 1$. Число оборотов рукоятки для простого деления $n_\Phi = 40/99$. Учитывая, что делительный диск не имеет окружности с числом отверстий 99, принимаем $Z = 100$ и число оборотов рукоятки $n_\Phi = 40/100 = 2/5 = 12/30$, т. е. берем диск с числом отверстий по окружности $B = 30$ и поворачиваем при делении рукоятку на 12 отверстий ($A = 12$). Передаточное отношение сменных колес

определяем по уравнению: $(a/b) \times (c/d) = N/C = [(Z_\Phi - Z)/Z_\Phi] = (40/1)[(100-99)/100] = 40/100$.

Безлиम्бовые делительные головки (рис. 136, з) не имеют делительных дисков. Рукоятку поворачивают на один оборот и фиксируют на неподвижном диске 2. При простом делении на равные части кинематическая цепь имеет вид: $1/(a_2/b_2) \times (c_2/d_2) \times (Z_3/Z_4) = 1/Z$.

Учитывая, что $Z_3/Z_4 = N$, получаем $(a_2/b_2) \times (c_2/d_2) = N/Z$.

Оптические делительные головки (рис. 137) обеспечивают деление с повышенной точностью и состоят из корпуса 1, стеклянного диска 2, имеющего 360 точных градусных делений, видимых в микроскоп 3. Оптическая система имеет 60 делений для отсчета угловых минут. Закрепляют в шпинделе головки и поворачивают на требуемый угол с отсчетом через окуляр микроскопа по шкале диска 2.

Фрезерование винтовых канавок, расположенных равномерно по окружности (см. рис. 135, б), выполняют при установке заготовки в центрах. Стол поворачивают на угол наклона винтовой линии канавки таким образом, чтобы дисковая фреза 7 совместилась с направлением канавки. Заготовка получает непрерывное вращение от ходового винта продольной подачи, а стол — продольную подачу по направлению канавки. Уравнение кинематической цепи от шпинделя делительной головки до винта продольной подачи (см. рис. 136, в): $(Z_8/Z_7)(Z_6/Z_5) \times (Z_4/Z_3) \times (Z_{10}/Z_9)(d_1/a_1)(b_1/d_1)p_B = p$, где p_B — шаг ходового винта. Учитывая, что $(Z_8/Z_7)(Z_6/Z_5)(Z_4/Z_3)(Z_{10}/Z_9) = 1/N$ (см. рис. 134, в), получим $(a_1/b_1)(c_1/d_1) = N(\pi D/\text{tg}\omega)/p_B$.

3.7. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

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; сверление; зенкерование и развертывание.

По компоновке (см. рис. 119) станки делятся на консольно-фрезерные (6Р13Ф3, 6Р13РФ3 и др.), бесконсольные (656ОФ3, 652ОФ3, МА655Ф3 и др.), продольно-фрезерные (6М610Ф3-1 и др.). Выпускают станки с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделя; с ручной и автоматической сменой инструмента; одношпиндельные и многошпиндельные; с числом управляемых координат 3 и более. Станки обладают высокой жесткостью и точностью. Станины станков могут воспринимать большие статические и динамические нагрузки, корпусные детали выполняют с ребрами жесткости. В станках монтируют прецизионные ходовые винты. В тяжелых станках применяют направляющие качения. Станки обеспечивают одинаковую точность обработки как при попутном, так и при встречном фрезеровании, так как коробки подач оснащены устройством для выбора зазоров.

Особенностью консольно-фрезерных станков является возможность перемещения стола (шириной 200, 250, 328 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, 450 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. Н33-1М, Н33-2М, Н55-1 и др.) с линейно-круговой интерполяцией.

Во многих одношпиндельных фрезерных станках с ЧПУ используется механизированный зажим инструмента. Инструмент устанавливают и крепят в шпинделе станка с помощью патронов и оправок, которые позволяют точно устанавливать вылет инструмента. Если инструмент δ (рис. 138) разжат, то масло поступает в гидроцилиндр 4, тарельчатые пружины 1 сжаты. Для установки инструмента на конце

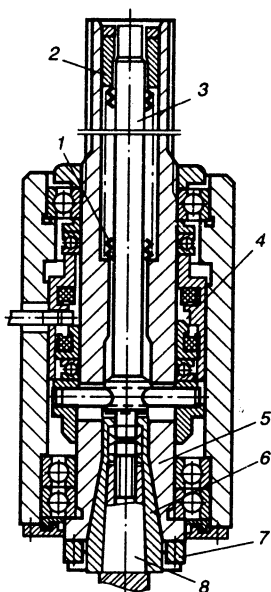


Рис. 138. Механизированный зажим инструмента в шпинделе фрезерного станка с ЧПУ

шомпола 3 выполнен замок. Последний заводят в паз втулки 6 и затем поворачивают ее на 90°. На пульте управления станком имеется кнопка, при нажатии которой прекращается подача масла в гидроцилиндр 4. Пружины 1 расходятся и через гайку 2 и шомпол 3 затягивают оправку с инструментом в шпиндель 5 станка. Сухари 7, которые входят в пазы шпинделя 5 и втулки 6, служат для передачи инструменту крутящего момента.

Вертикально-фрезерный консольный станок 6Р13РФ3 с револьверной головкой и ЧПУ. Станок служит для обработки сложнопрофильных заготовок (кулачков, пресс-форм, штампов и др.) из стали, чугуна, легких и твердых сплавов, а также цветных металлов в условиях единичного и мелкосерийного производства. Обработка может выполняться концевыми и торцовыми фрезами, сверлами, зенкерами и развертками, которые устанавливают в шпинделе шестипозиционной револьверной головки (наибольшие диаметры инструментов: фрезы концевой 40 мм, торцевой 125 мм, сверла 30 мм). Класс точности станка Н.

Техническая характеристика станка. Размер рабочей поверхности стола (длина х ширина) 1600 х 400 мм; число инструментов в револьверной головке 6; число частот вращения шпинделя 18; пределы частот вращения шпинделя 40—2000 мин⁻¹; пределы рабочих подач (бесступенчатое регулирование) по осям X', Y', Z' — 1200 мм/мин; скорость быстрого перемещения по этим осям 2400 мм/мин; габаритные размеры станка 2575 х 188 х 2480 мм.

УЧПУ — контурное Н331М с линейно-круговой интерполяцией. УП выполняется: автоматическая смена инструмента, выбор частот вращения каждого шпинделя, зажим консоли и т. д. Дискретность отсчета по осям координат X', Y', Z' 0,01 мм. Имеется 18 групп коррекции по диаметру вдоль осей координат.

Механизмы и движения в станке. Станина А (рис. 139) обладает высокой жесткостью за счет развитого основания, трапецидального сечения по высоте, внутренних ребер и перегородок. Револьверная головка Г имеет шесть шпинделей, расположенных под углом 60° друг относительно друга. Один из шпинделей усилен для выполнения тяжелых фрезерных работ. Консоль В перемещается по вертикальным

частоты вращения шпинделя $n_{\min} = 575 \times (27/53) \times (22/32) \times (27/37) \times (19/69) \times (34/34)(22/22) = 40 \text{ мин}^{-1}$, где 575 — наименьшая частота вращения вала электродвигателя *М1*.

Для крепления оправки с инструментом служит шомпол *IX*, который смонтирован в отверстии шпинделя. На переднем конце шомпола нарезана резьба, на заднем конце насажено коническое кольцо $Z = 20$. С последним при зацеплении оправки зацепляется колесо $Z = 20$ вала *X*.

К валу *II* присоединен шестеренный насос, обеспечивающий смазывание элементов коробки скоростей револьверной головки.

Револьверная головка состоит из основания, к которому полукольцами притянута поворотная плита. На торце плиты закреплены шесть шпиндельных корпусов. Центральный вал *VI* поворотной плиты соединен с крестовой муфтой с выходным валом *V* коробки скоростей. На валу *VI* закреплено ведущее колесо $Z = 34$ с направляющим зубчатым диском. Вращение от ведущего колеса через передачу $i = 34/34$ и коническую пару $i = 20/20$ (или $i = 22/22$) получает лишь тот шпиндель *VIII*, который находится в рабочем положении. Поворот головки в заданную позицию осуществляется от гидродвигателя *M2* (типа Г12—22) через зубчатые пары $Z = 18-90$, $Z = 18-72$, диск *1* с цевкой и мальтийский крест *2*. Каждый шпиндельный корпус имеет с наружной стороны гнездо, в которое входит фиксатор, выдвигаемый по команде от конечных выключателей. Таким образом фиксируется положение револьверной головки.

Вертикальная, продольная и поперечная подачи и ускоренные перемещения осуществляются от шаговых двигателей ШД5Д1 с гидроусилителями моментов Э32Г1824. Ходовой винт качения *XVI* поперечной подачи (шаг $p = 8$ мм), получает вращение от двигателя *8* через две пары косозубых колес $i = 20/40$, $i = 21/35$. Величина минимального перемещения по координате Y' : $(1/240) \times (20/40) \times (21/35) \times 8 = 0,01$ мм.

Вертикальная подача осуществляется от двигателя *M4* через передачи $i = 27/54$, $i = 21/35$. Величина минимального перемещения по координате y : $(1/240)(20/40)(21/35) \times 8 = 0,01$ мм.

Вертикальная подача осуществляется от двигателя *M4* через передачи $i = 27/54$, $i = 39/65$ и винт-гайку качения *XXIII* (шаг $p = 3$ мм). Пружинная гидравлическая муфта *M* предохраняет консоль *B* от самопроизвольного опускания при остановке станка. Консоль оснащена зажимным устройством, работающим от УП и действующим при отсутствии вертикального перемещения.

Продольная подача осуществляется от двигателя *M5* через беззазорный редуктор $i = 27/45$, $i = 26/52$ и винт-гайку качения *XX* (шаг $p = 3$ мм), величина продольного хода ограничена кулачками.

Кинематические цепи ускоренных подач те же, что и для рабочих

подач. Гнезда рукояток ручных подач имеют конечные выключатели для блокировки. При вытаскивании рукоятки из гнезда размыкается электрическая цепь механической подачи.

Гидропривод станка обеспечивает перемещение исполнительных органов станка по трем координатам; фиксацию и зажим револьверной головки; разгрузку, зажим и блокировку консоли; перемещение подвижных зубчатых блоков коробки скоростей.

Вертикально-фрезерный станок 6520Ф3-36 с крестовым столом с ЧПУ. Станок служит для фрезерования по УП различных заготовок сложной формы из стали, чугуна, сплавов, цветных металлов концевыми, торцевыми, конусными, угловыми и фасонными фрезами. Класс точности станка Н.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности стола (ширина \times длина) 250 \times 630 мм; число вращения шпинделя 18; пределы частот вращения шпинделя 31,5—1600 мин⁻¹; пределы рабочих подач: бесступенчатое регулирование по координатам X' , Y' , Z' 5—15000 мм/мин; величины ускоренных подач по координатам X' , Y' , Z' 5000 мм/мин; габаритные размеры станка 1480 \times 1890 \times 2185 мм.

УЧПУ контурное типа НЗ3-1М. УП задается на восьмидорожечной перфоленте, код 10. Число управляемых координат (из них управляемых одновременно) 3/3. Дискретность перемещения по осям координат 0,01 мм. УЧП может работать в режимах: ручном, автоматическом, ручного ввода. По УП обрабатывается перемещение всех ИО с определенной подачей, включение и отключение шпинделя, насоса охлаждения, зажим и разжим шпиндельной бабки.

Механизмы и движения в станке. Основание 1 станка (рис. 140, а) коробчатой формы с внутренними перегородками и ребрами жесткости имеет прямоугольные направляющие. На последних смонтированы подвижные салазки 2 (подача по координате Y'). На салазках расположен стол 3, который движется по направляющим типа ласточкин хвост (подача по координате X'). Стойка 5 коробчатой формы с ребрами жесткости установлена на основании 1. По направляющим стойки перемещается шпиндельная бабка 4 (подача по координате).

Кинематика станка. Главное движение (рис. 140, б) шпиндель получает от асинхронного двигателя М1 через ременную передачу, девятискоростную коробку скоростей и двухступенчатый перебор, смонтированный в шпиндельной бабке. Минимальная частота вращения шпинделя $n_{\min} = 950 \times (125/190) \times 0,985 \times (23/37) \times (37/47) \times (21/53) \times (34/54) \times (25/63) = 31,5 \text{ мин}^{-1}$.

Торможение шпинделя осуществляется тормозной электромагнитной муфтой (на рис. 140, б не показана). Зажим инструмента в шпинделе выполняется посредством тарельчатых пружин, разжим гидравлический.

Для повышения жесткости технологической системы при обработке

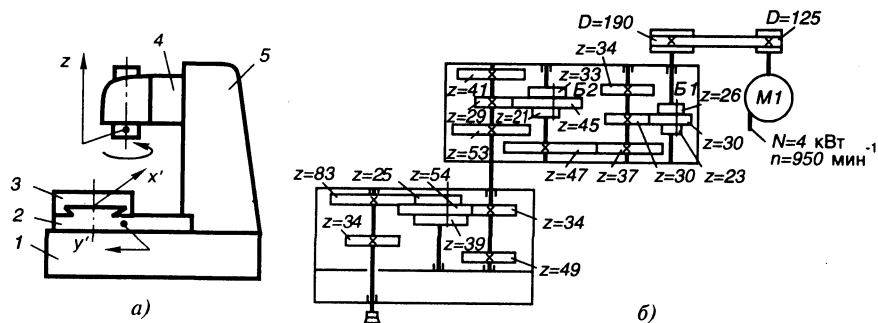


Рис. 140. Общий вид (а) и кинематическая схема привода главного движения станка 6520Ф3(б)

и предотвращения самопроизвольного смещения шпиндельной бабки 3 при включенной гидросистеме станок оснащен механизмом зажима шпиндельной бабки (рис. 141). Зажим выполняется пакетом тарельчатых пружин 8. При разжипе масло поступает в бесштоковую полость гидроцилиндра 2 и перемещает поршень 1 со штоком. Поршень снимает тарельчатые пружины, при этом винт 7 смещается вправо и освобождает прихват 6, которым шпиндельная бабка 3 прижимается к стойке 4. Гайками 5 регулируют зазор между направляющими стойки и прихватом.

Приводы подачи по осям X, Y, Z одинаковы по конструкции и состоят из шаговых двигателей ШД-5Д1М, одноступенчатых редукторов и ходовых винтов. Ходовой винт 3 (рис. 142) установлен на подшипниках 2. Вращение винту передается через полумуфту 1. На винтах для отсчета перемещений имеются лимбы 4 с ценой деления 0,05 мм.

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. Базирование плоских и корпусных деталей, имеющих обработанные базовые поверхности, осуществляют по трем плоскостям (в координатный угол); плоскости и двум отверстиям; плоскости и отверстию. Для сокращения времени установки заготовки на столе станка или в приспособлении их базируют в координатный угол с помощью опор 1 и 2 (рис. 143, а). Эти опоры, базирующие заготовку на столе станка соответственно по

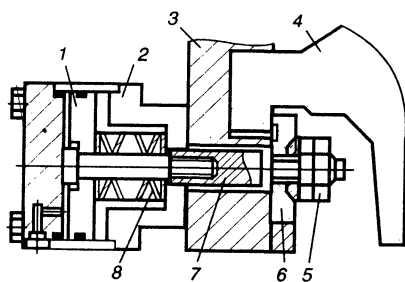


Рис. 141. Механизм зажима шпиндельной бабки

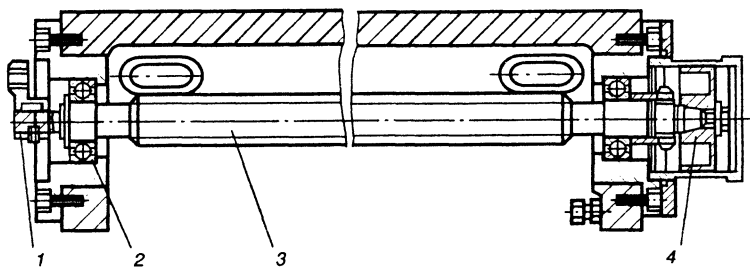


Рис. 142. Ходовой винт станка 6520Ф3-36

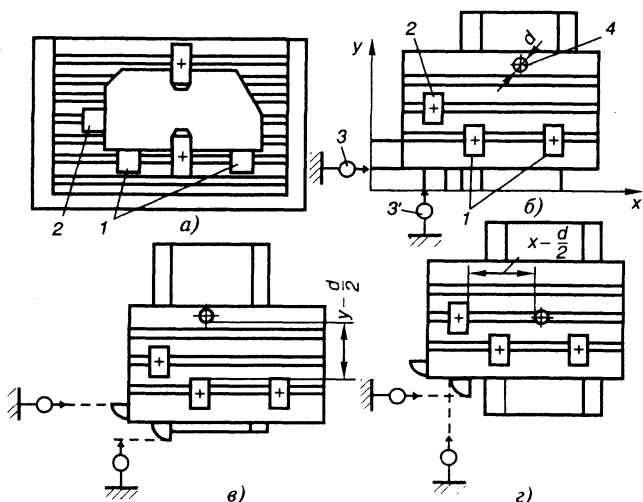


Рис. 143. Базирование плоских и корпусных деталей

направляющей и опорной базовым поверхностям, устанавливают и крепят в Т-образных пазах стола (рис. 143, б). Стол станка перемещают в крайнее поперечное положение, при котором индикатор 3 отчетной 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 $y - d/2$, где d — диаметр поправки (рис. 143, 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 $x - d/2$ (рис. 143, г). Измеренные расстояния по осям Y и X определяют нуль отсчета СЧПУ. Для

закрепления заготовок применяют стандартные зажимные элементы: машинные тиски, поворотные столы, обеспечивающие одноместное или многоместное закрепление заготовок.

3.8. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Резьбу получают на токарных станках резцами, плашками и другими инструментами, на сверлильных и расточных станках — метчиками, на резьбофрезерных — дисковыми и гребенчатыми фрезами, на резьбошлифовальных одно- и многониточными кругами, на резьбонакатных — роликами и плашками.

При накатывании резьбы используют метод пластического деформирования материала без снятия стружки. Заготовка, прокатываясь между круглыми (рис. 144, *а*) или плоскими накатными инструментами, сдвливается, на ней отпечатывается необходимая форма профиля.

При фрезеровании (рис. 144, *б, в*) инструмент вращается с высокой скоростью (главное движение резания). Для образования винтовой поверхности необходимо сложное формообразующее движение. Оно состоит из медленного вращения заготовки (круговая подача S_k) и согласованного продольного перемещения фрезы (продольная подача $S_{пр}$). На одних станках дисковой продольной фрезой (рис. 144, *б*) нарезают резьбу большого шага и на большой длине (например, на ходовых винтах). На других станках гребенчатыми фрезами (рис. 144, *в*) обрабатывают сразу по всей длине короткие, мелкие резьбы, причем на части оборота заготовки происходит радиальное углубление (врезание) в нее инструмента на высоту профиля. Затем следует один полный оборот заготовки, в процессе которого каждая нитка фрезы полностью нарезает резьбу на длине одного шага (хода).

При шлифовании резьбы используют односторонние и многониточные абразивные круги. При шлифовании резьбы односторонними кругами (рис. 145, *а*) его ось вращения устанавливают под углом к оси вращения заготовки, равным углу подъема винтовой линии резьбы. Профиль абразивного круга соответствует профилю впадины шлифуемой резьбы. Во время обработки круг получает вращательное движение (главное движение), а заготовка — вращение с круговой подачей и перемещение вдоль своей оси на шаг резьбы за один оборот заготовки (продольная подача S_n). Этим способом можно шлифовать резьбы высокой точности, различного профиля и длины.

Шлифование резьб многониточными кругами выполняют с продольной подачей и методом радиального врезания (врезное шлифование). Оси абразивного круга и заготовки устанавливают параллельно. Врезное шлифование (рис. 145, *б*) применяют для обработки коротких резьб и деталей с кольцевой нарезкой (резьбовые фрезы). При обработке вращающийся круг врезается с радиальной подачей $S_{пр}$ на полную

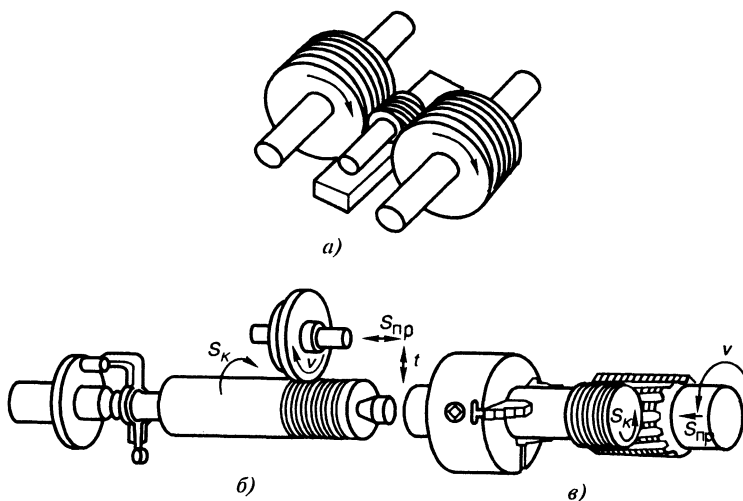


Рис. 144. Схема обработки резьбы:

a — накатными резьбовыми роликами, *б* — дисковой фрезой, *в* — гребенчатой фрезой

или установленную глубину профиля резьбы за время $1/2$ оборота заготовки, при этом заготовка за один оборот переместится вдоль своей оси на шаг резьбы. Обработка завершается за $1,5$ оборота заготовки. Ширина круга должна превышать длину резьбы больше чем на 2 шага. Шлифование резьбы многониточным кругом с продольной подачей (рис. 145, *в*) применяют при шлифовании длинных резьб. Кругу, установленному на полную глубину профиля резьбы, сообщают главное вращательное движение, заготовке — вращение с круговой подачей и перемещение с продольной подачей S_{np} на шаг за каждый ее оборот. Первые по движению нитки круга выполняют предварительное шлифование, а последние — окончательное.

Шлифование многониточными кругами целесообразно применять для резьб невысокой точности с шагом до 4 мм. Так как оси абразивного круга и заготовки расположены параллельно, то при обработке резьбы получается некоторое искажение профиля резьбы. Для нормальных резьб с малым углом подъема винтовой линии резьбы это искажение незначительно. Для шлифования резьб с большим шагом и углом подъема многониточные круги не применяют.

Резьбошлифовальные станки по конструктивным признакам различают по средствам настройки для получения заданного шага резьбы; способу установки на угол подъема винтовой линии резьбы для получения точного профиля резьбы; видам движения затылования при шлифовании инструментов с затылованными зубьями. Для получения заданного шага резьбы столу станка с заготовкой сообщают продольное

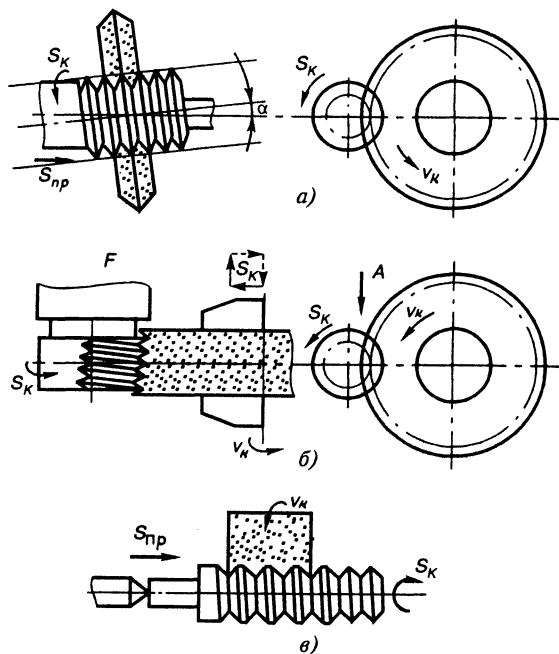


Рис. 145. Шлифование резьб

нарезаемых резьб, наружный диаметр 80 мм, длина 50 мм. Частота вращения фрезы $160 \dots 2500 \text{ мин}^{-1}$.

Полуавтомат состоит из следующих основных узлов (рис. 146): бабка станка *БИ*, закрепленная на станине *С* слева, и фрезерная головка *ФГ* со шпинделем *V*, которая перемещается вместе с кареткой *КР* по станине вдоль оси, а также движется по каретке в поперечном направлении.

Цепь главного движения связывает двигатель *M1* со шпинделем фрезы *V*. Из уравнения кинематической цепи главного движения $n_{\phi} = 1425 \times (112/180) \times (a/b) \times (c/d) \times (33/60) \times (60/36)$ получаем формулу настройки гитары скорости резания $i_v = (a/b) \times (c/d) = n_{\phi}/800$, где n_{ϕ} — частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Цепь круговой подачи передает движение от электродвигателя *M2* на шпиндель *X1* заготовки. Из уравнения $n = 14\,000(90/236) \times (18/66) \times (e/f) \times (g/h) \times (20/25)(1/52)$, где n — частота вращения заготовки (мин^{-1}), получается формула настройки гитары подач.

Винторезная цепь согласования состоит из шпинделя *X1* заготовки, реверсирующего механизма $55/32, 32/43$, передачи $22/37$, муфты *M1*, копира *K1* продольного перемещения. Колесо 43 на валу *XIII* переключу-

перемещение посредством ходового винта и сменных зубчатых колес (станок 5K822B), сменных ходовых винтов, сменных копиров (без ходовых винтов) и специальных линеек (без ходовых винтов) станок МВ-13. Установка на угол подъема винтовой линии фрезы достигается поворотом стола с заготовкой или поворотом шлифовальной бабки или корпуса шлифовального шпинделя.

Резьбофрезерный полуавтомат 5Б63 предназначен для нарезания коротких наружных и внутренних резьб гребенчатыми фрезами. Наибольшие размеры

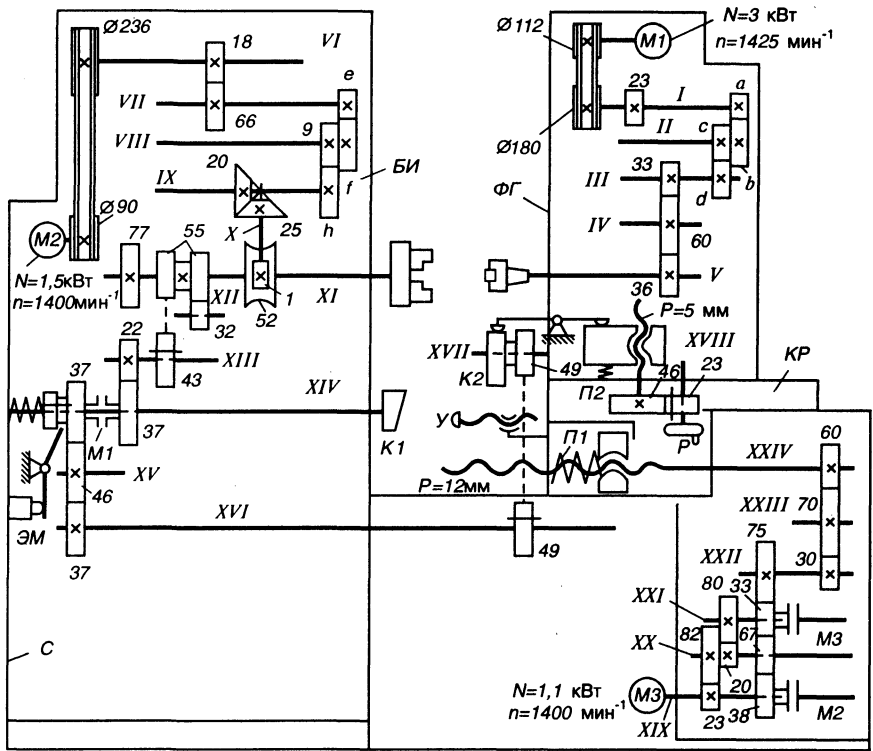


Рис. 146. Кинематическая схема резьбофрезерного полуавтомата 5Б63

чают при настройке на направление получаемой резьбы (правая — левая), при настройке на шаг меняют копир $K1$.

Кулачок $K2$ поперечного перемещения (на оси $XVII$) вращается синхронно с копиром $K1$, которые связаны передачами $37/46$, $46/37$ и $49/49$. Кулачок $K2$ через рычаг толкает гайку вместе с винтом $P = 5$ мм, салазками и фрезерной головкой, при этом преодолевается сила пружины $P2$. В течение цикла копиры совершают ровно один оборот и останавливаются при размыкании муфты M_1 электромагнитом $ЭМ$. За один оборот копира заготовка поворачивается на 1,31 оборота, причем 0,31 оборота занимает врезание и вывод фрезы из резьбы. Установочное движение в радиальном направлении производят маховиком P через колесо $23/46$ и винт, при неподвижной гайке.

Зубчатые колеса 23 и 77 на валах I и XI служат для привода насосов.

Каретка станка (рис. 147) состоит из корпуса 10 и поперечных салазок 5 с направляющими скользящими. Продольное движение осу-

шестьвается по средней призматической и крайним плоским направляющим. От опрокидывания каретку удерживают планки 9 и 12. Опоры продольного ходового винта 21 закреплены на станине. Каретка через планку 19 прижата к корпусу плавающей ходовой гайки 20 пружиной 22, сила натяжения которой регулируется резьбовой втулкой 23. Такая конструкция позволяет перемещать каретку как ходовым винтом, так и копиром продольной подачи.

Поперечные салазки двигаются по комбинированным направляющим: левая имеет форму половины ласточкиного хвоста, правая — широкая прямоугольная. Зазор в горизонтальной плоскости регулируют клином 18. В средней части поперечных салазок имеются дополнительная направляющая в форме ласточкиного хвоста малого размера. Она схватывается корпусом 16 поперечной гайки 6 и зажимной планкой 17. При зажатой планке 17 гайка 6 соединена с поперечными салазками, как и корпус 4 поперечного винта 8. Поперечный копир 15 с опорой скольжения 13 на оси 14 при вращении толкает через рычаг 25 с роликом 24 корпус 16 гайки 3 вместе с поперечными салазками 5 и винтом 8. При этом происходит врезание или отвод фрезы. При наладке отжимают планку 17, разъединяя гайку и поперечные салазки, и маховиком 1 через шлицевой вал 2, зубчатые колеса 3 и 11 вращают винт 8, осуществляя поперечное установочное перемещение салазок. Зазор в поперечной передаче винт-гайка регулируется подтягиванием дополнительной гайки 7.

Универсальный резьбошлифовальный станок полуавтомат 5K822В предназначен для шлифования наружных и внутренних цилиндрических и конических резьб на метчиках, калибрах, накатных роликах, червяках и червячных фрезах, ходовых винтах и т. д. На станке можно затыловать шлифованием зубья модульных дисковых фрез, червячных фрез метчиков, гребенчатых фрез в серийном и крупносерийном производстве. Шлифование резьбы осуществляется одноконтурным и многоконтурным абразивным кругом.

Техническая характеристика. Диаметр шлифуемой резьбы: одноконтурным кругом — 150 мм, многоконтурным кругом 10—120 мм; шаг шлифуемой резьбы: одноконтурным кругом — метрической 0,25—24 мм, модульной 0,3—14 мм; многоконтурным кругом — метрической 1—4 мм; диаметр абразивного круга для внутреннего шлифования 25—125 мм.

Главное движение станка — вращение абразивного круга (рис. 148) осуществляется от электродвигателя *M1* через клиноременную передачу со сменными шкивами, позволяющими сообщать шпинделю шлифовального круга частоту вращения в диапазоне 1430—860 мин⁻¹, при внутреннем шлифовании — 6000, 9000 и 11 800 мин⁻¹.

Круговая подача — вращение заготовки осуществляется от электродвигателя постоянного тока *M2* через ременную и червячную передачи 78/172, 2/36. Частота вращения шпинделя регулируется

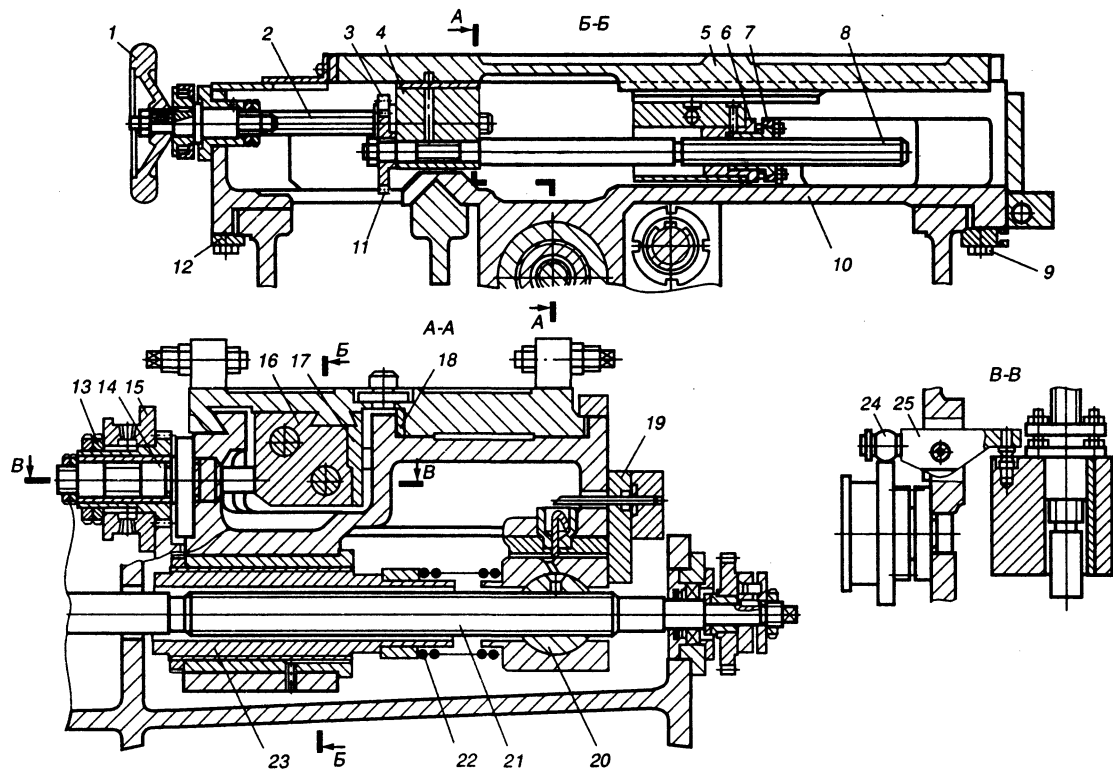


Рис. 147. Каретка станка 5Б63

бесступенчато в диапазоне $0,3-45 \text{ мин}^{-1}$. Ступица блока червячного колеса $Z = 36$ с блоком зубчатых колес $Z = 60$ и $Z = 96$ соединена со шпинделем через палец 7 с механизмом компенсации зазоров в закреплении, что позволяет шлифовать резьбу в обе стороны при реверсировании направления движения стола. Механизм компенсации зазоров расположен на левом конце шпинделя и состоит из втулки 1, соединенный со шпинделем шпонкой хомутика 2, который можно повернуть червяком 3, закрепленного с червячным колесом 4, установленным на втулке зубчатого блока $Z = 96$, $Z = 60$, свободно установленном на шпинделе; пальцев 5 и 6, запрессованных во втулке. При вращении червячного колеса $Z = 36$ против часовой стрелки — палец 7 упирается в палец 6 втулки и поворачивает ее вместе со шпинделем. При реверсировании вращения палец 7 через палец 5 хомутика сообщит шпинделю вращение по часовой стрелке после выборки зазоров в винторезной цепи. Угол холостого хода пальца 7 регулируют поворотом хомутика на втулке через червяк 3.

Винторезное движение — перемещение стола с заготовкой на шаг обрабатываемой резьбы за один ее оборот осуществляется при согласовании вращения шпинделя, от которого через зубчатую передачу $60/60$ или $96/24$, гитару сменных колес a/b , c/d вращение поступает на ходовой винт с шагом $P = 1/6''$, который при вращении ввинчивается в гайку, закрепленную через резьбовое соединение с ползушкой, установленной на станине, и перемещает стол с деталью.

Уравнение кинематического баланса винторезной цепи 1 об. шп $\times i_n \times (a/b) \times (c/d) \times (1/6) 25,4 = P_p$, где i_n — передаточное отношение перебора.

Из уравнения кинематического баланса получаем формулу настройки винторезной цепи $(a/b) \times (c/d) = 6P_p/i_n \times 25,4$. При шлифовании резьб с шагом P_p до 8 мм $i_n = 1$; при шлифовании резьб с шагом P_p более 8 мм $i_n = 4$.

Когда имеющийся набор сменных зубчатых колес не позволяет осуществлять точную настройку станка на требуемый шаг резьбы с переменным шагом, погрешность настройки уменьшают разворотом коррекционной линейки δ на расчетный угол. Линейка, двигаясь вместе со столом, поворачивает рычаг 9 вместе с гайкой. Гайка стола имеет кроме внутренней резьбы с шагом, равным шагу ходового винта, наружную резьбу с иным шагом. Поэтому при повороте гайки от коррекционной линейки происходит дополнительное смещение стола в том или ином направлении. Корпус 10 гайки ходового винта выполнен в виде подпружиненной ползушки и смещается в продольном направлении с гайкой при вращении винта 1. Это необходимо для установки абразивного круга в нитку шлифуемой резьбы. Для шлифования многозаходных резьб применяют точный делительный патрон, укрепленный на фланце шпинделя.

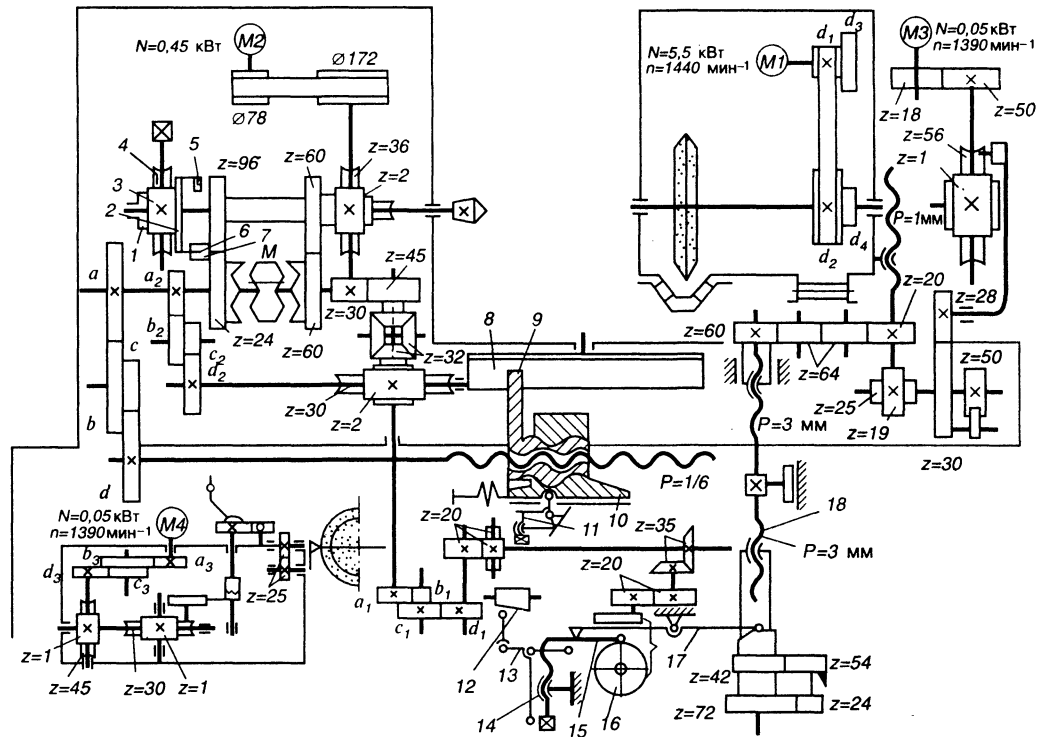


Рис. 148. Кинематическая схема резьбошлифовального станка 5K822В

Быстрый отвод и подвод круга при затыловании осуществляется перемещением шлифовальной бабки по направляющим качения в поперечном направлении от сменного кулачка 16, который при вращении через рычаг 17 перемещает винт 18, соединенный со шлифовальной бабкой. Кулачок связан кинематической цепью со шпинделем бабки и его вращение согласовано с вращением детали. Уравнение кинематического баланса цепи затылования имеет вид: 1 об. шп. $\times \times (36/2) \times (30/45) (i_{\text{диф}} = 1/2) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (20/20) \times (35/35) \times (26/26) = Z$, где Z — число зубьев затылуемого инструмента. Формула настройки цепи затылования $(a_1/b_1) \times (c_1/d_1) = Z/6$.

Затылование регулируют изменением длины левого рычага 17, а также положением рычага 15 относительно кулачка винтом 14. При шлифовании конической резьбы одновременно с продольным перемещением стола шлифовальной бабке сообщается непрерывная подача (поперечная) от рычага 17, поворот которого осуществляется рычагом 13 от линейки 12. Врезное шлифование применяют при нарезании коротких резьб многониточным шлифовальным кругом. В этом случае кинематическая настройка станка включает настройку винторезной цепи на шаг нарезаемой резьбы; вместо кулачка затылования устанавливают кулачок радиального врезания, а на валы гитары цепи затылования устанавливают зубчатые колеса 30/90, 30/120.

Дифференциальное движение используют при затыловании режущего инструмента со спиральными стружечными канавками (червячные фрезы, метчики и др.) для дополнительного поворота кулачка затылования при перемещении стола с деталью в продольном направлении. Уравнение кинематического баланса цепи дифференциального движения имеет вид: 1 об. $\times (d/c) \times (b/a) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (2/30) \times i_{\text{диф}} = 1/2 \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (20/20) \times (35/35) \times (26/26) = P_z/P_k$, где P_z — шаг ходового винта; P_k — шаг спирали стружечной канавки, формула настройки $(a/b) \times (c/d) = 180P/P_k = 762/P_k$.

Привод механизма подачи правящих устройств и компенсирующей подачи шлифовальной бабки осуществляется от электродвигателя МЗ. Уравнение кинематического баланса $(1390) \times (18/50) \times (1/56) \times \times (28/30) (Z_{\text{х.р.}}/50) \times (19/25) \times P = S_{\text{пм}}$, где $S_{\text{пм}}$ — подача правящих механизмов; $Z_{\text{х.р.}}$ — число зубьев храпового колеса $Z = 50$, которое захватывает собачка.

Одновременно от винта с шагом 1 мм через зубчатые передачи 20/64, 64/64, 64/60 вращение передается на гайку подачи круга, т. е. вместе с подачей салазок правящих устройств производят компенсирующую подачу шлифовальной бабки. Уравнение кинематического баланса: $1390 \times (18/50) \times (1/56) \times (28/30) \times (Z_{\text{х.р.}}/50) \times (19/25) \times (20/64) \times \times (64/64) \times (60/60) \times P = S_{\text{кп}}$, где $S_{\text{кп}}$ — компенсирующая подача шлифовальной бабки.

Перемещение алмазов автоматического правящего устройства осуществляется от электродвигателя *M4* через сменные зубчатые колеса $(a_3/b_3)(c_3/d_3)$, червячные передачи 1/45, 1/30, кулисный механизм и систему рычагов, которые сообщают алмазам рабочее возвратно-качательное движение. Уравнение кинематического баланса $1390 \times (a_3/c_3) \times x(b_3/d_3) \times (1/45) \times (1/30) = n_d$.

Станок снабжен приспособлением для шлифования внутренних резьб, зубчатых реек, резьбофрезерных гребенок, плоских плашек и др.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют токарные станки?
2. Каковы основные движения в токарно-винторезных станках?
3. Какие основные механизмы имеет токарно-винторезный станок?
4. Как налаживают токарно-винторезный станок на нарезание различных резьб?
5. Каково назначение, устройство и принципы работы токарно-карусельных станков?
6. Каково назначение, устройство и принцип работы токарно-сверлильных станков?
7. Какого назначения, устройство и принцип работы одношпиндельных и многошпиндельных токарных устройств?
8. Каково назначение, устройство и принцип работы токарных станков с ЧПУ?
9. Каково назначение, устройство и принцип работы станков сверлильно-расточной группы с ручным управлением с ЧПУ?
10. Каково назначение, устройство и принцип работы фрезерных станков с ручным управлением и с ПУ?
11. Какие приспособления расширяют технологические возможности фрезерных станков, конструкция и принцип их работы?
12. Каково назначение, устройство и принцип работы резьбообрабатывающих станков?

3.9. СТАНКИ СТРОГАЛЬНО-ПРОТЯЖНОЙ ГРУППЫ

Группа строгальных, долбежных и протяжных станков единственная, в которой главное движение является прямолинейным. На строгальных и долбежных станках обработка ведется резцами, на протяжных — протяжками.

Строгальные станки разделяют на продольно-строгальные (одно- и двухстоечные) и поперечно-строгальные, главное движение сообщается заготовке, а в поперечно-строгальных — инструменту. Станки эффективны при обработке длинных узких поверхностей, особенно сквозных, прямых канавок и пазов; получают на них и фасонные линейные наружные поверхности. Преимуществом строгальных станков по сравнению с фрезерными является простота конструкции инструмента, что важно для единичного и мелкосерийного производства. Основной недостаток станков данной группы — возвратно-поступательный характер главного движения. Наличие обратного

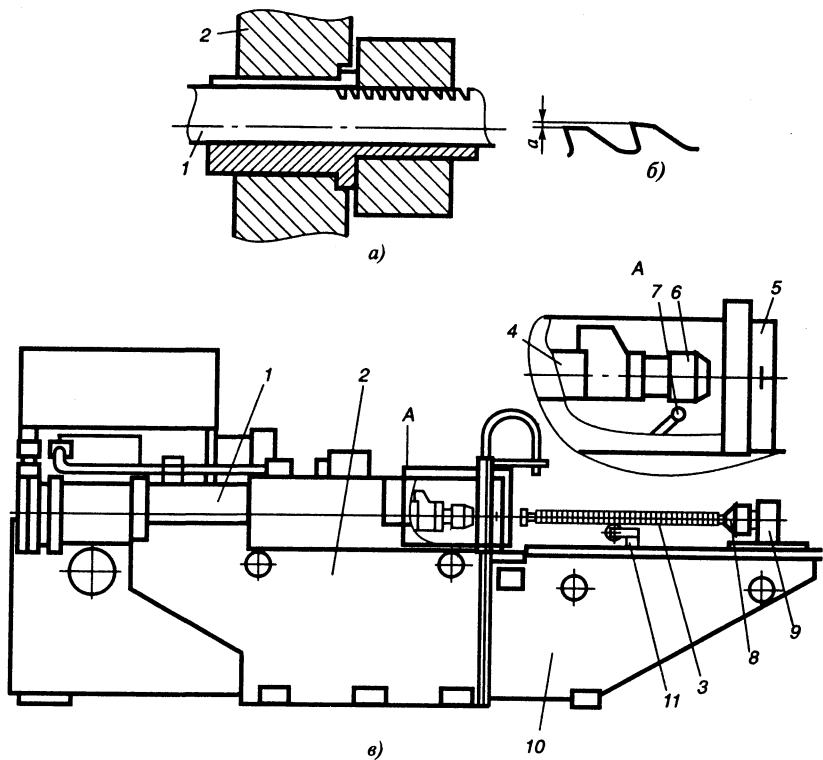


Рис. 149. Схема протягивания и горизонтально-протяжной станок 7Б56:
а — схема протягивания, *б* — режущие зубья протяжки, *в* — горизонтально-протяжной станок 7Б56

(вспомогательного хода), даже ускоренного, и неблагоприятные динамические явления в процессе реверсирования снижают производительность.

Протяжные станки предназначены для обработки протяжками внутренних и наружных линейных поверхностей с разнообразными профилями. Для обработки достаточно одного прямолинейного движения со скоростью инструмента *l* (рис. 149, *а*) или заготовки 2. Разделение припуска на срезаемые слои достигается подъемом *а* (рис. 149, *б*) зубьев протяжки по длине. За счет усложнения инструмента упрощена конструкция станков и достигнута высокая производительность и высокая точность обработки. Эти станки применяют преимущественно в массовом и серийном производстве.

Долбежные и протяжные станки особенно удобны для обработки сложных внутренних поверхностей.

Различают протяжные станки общего назначения и специальные;

для внутреннего или наружного протягивания; горизонтальные и вертикальные; обычные (с обратным ходом) и непрерывного действия (с движением зубьев по замкнутому контуру).

Протяжные станки характеризуются номинальной тяговой силой (50—1000 кН) и наибольшей длиной хода протяжки (1000—2000 мм).

Поперечно-строгальный станок 7Е35 предназначен для обработки плоских и фасонных поверхностей на заготовках деталей небольших размеров в условиях единичного или мелкосерийного производства, например, в инструментальных и ремонтных цехах.

Техническая характеристика: наибольший ход — 520 мм; размер рабочей поверхности стола (длина х ширина) — 520 х 360 мм; частота хода ползуна — 13,2—150 ход/мин; горизонтальная подача стола — 0,2—4 мм.

Станок состоит из следующих основных узлов (рис. 150): по направляющим станины 5 возвратно-поступательное перемещается ползун 4, сообщая резцу главное движение. Заготовка закрепляется на столе 1, она неподвижна во время рабочего хода резца. Периодически (при каждом обратном ходе ползуна) стол может перемещаться в поперечном (горизонтальном) направлении по направляющим поперечины 2 или вместе с поперечиной вертикально по станине. Также периодически можно перемещать в вертикальном направлении суппорт с резцом. Движение стола, суппорта является движением подачи или движением углубления. Стол и поперечину можно перемещать непрерывно и ускоренно (установочное движение). Внутри станины расположен кулисный механизм, коробка скоростей 6 и коробка подач 7.

Кинематика станка состоит из следующих цепей. Асинхронный электродвигатель *M* (рис. 151) служит для всех механических перемещений узлов станка. Привод главного движения соединяет двигатель с ползуном и содержит коробку скоростей (валы *I*, *II* и *III*) и кривошатунный механизм *KK*.

Три двойных передвижных блока зубчатых колес дают восемь ступеней скоростей. Дисковая фрикционная муфта *M₁* позволяет соединить шкив $\varnothing 335$ и вал *I*, чтобы остановить движение рабочих органов без выключения двигателя. Тормоз *T1* заблокирован с муфтой *M₁* и ускоряет остановку.

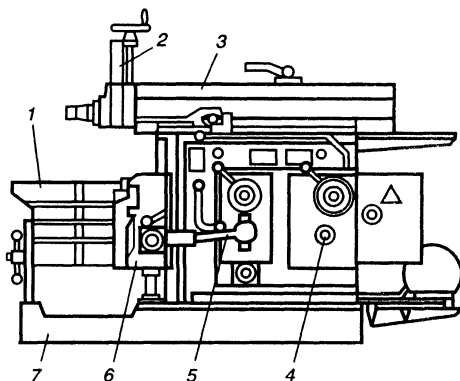


Рис. 150. Поперечно-строгальный станок 7Е35

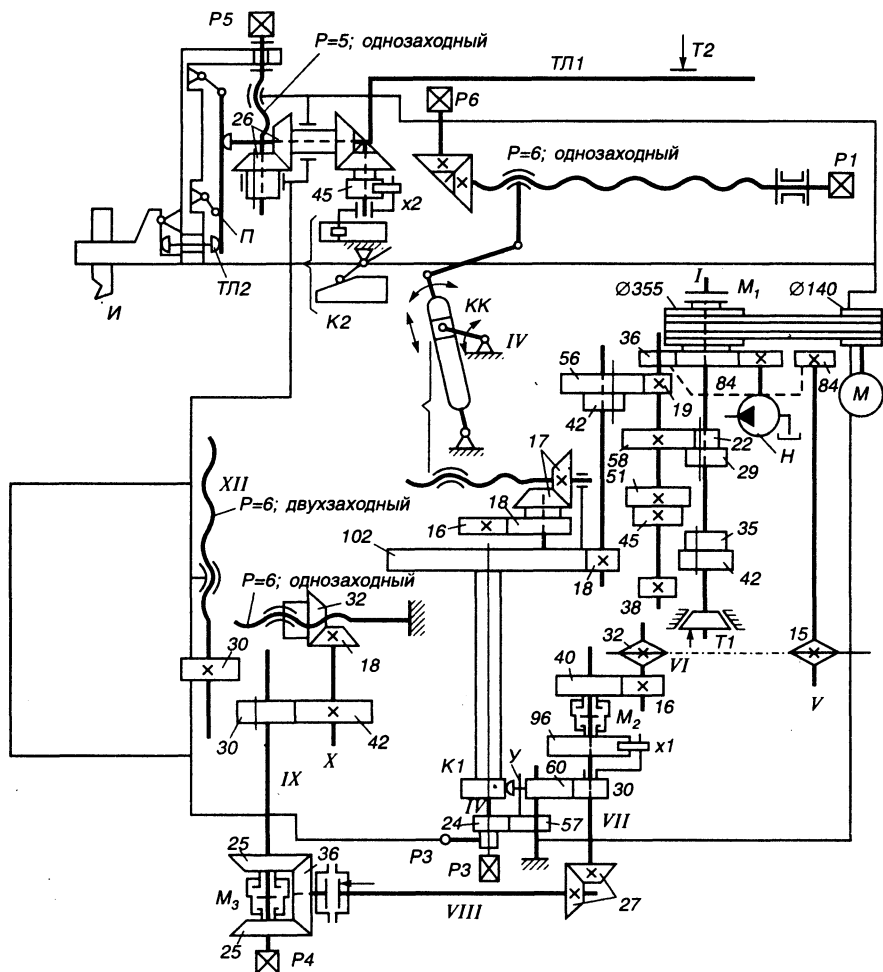


Рис. 151. Кинематическая схема поперечно-строгального станка 7E35

Кривошипно-кулисный механизм преобразует вращательное движение зубчатого колеса 102 вместе с пальцем в возвратно-качательное движение кулисы. Верхний конец кулисы связан серьгой с ползуном. Палец соединен с гайкой, который перемещается квадратом $P2$ вала I при настройке. Передвижение гайки от оси вала I увеличивает радиус кривошипа, а следовательно, угол качания кулисы и ход ползуна. Место хода (исходное положение) ползуна смещается поворотом винта рукоятки $P1$ или $P6$.

Уравнение кинематического баланса при максимальной частоте ползуна (по схеме верхний блок на валу I — в нейтральном положении,

два других блока в нижнем положении) $n_{\max} = 1450 \times (140/335) \times x(42/38) \times (58/42) \times (18/102) = 150$ дв. ход. мин.

Стол станка с заготовкой (движение подачи) получает движение от двухзаходной передачи винт-гайка с шагом $p = 6$ мм, поперечина от однозаходной передачи с таким же шагом. Каждая из передач работает в зависимости от положения зубчатого колеса 30 на валу IX — (по схеме включена поперечина). Направление движения стола и поперечины устанавливают муфтой M_3 реверсирующего механизма. Муфта M_4 — предохранительная.

В зависимости от включения муфт M_2 вал VII получает движение либо от храпового механизма XI (периодическое движение подачи), либо от зубчатой передачи (16/40) (ускоренное перемещение). Храповой механизм действует от кулачка — эксцентриа KI , который жестко связан с кривошипом кулисы. Кулачок KI при каждом двойном ходе ползуна нажимает на рычаг зубчатого сектора 60 , который поворачивает колесо 30 , а с ним поводок собачки и храповое колесо 96 . Рычаг-сектор 60 возвращается пружиной до упора $У$, связанного с другим зубчатым сектором 57 . Рукояткой $P3$ через передачу (24/57) меняют положение упора и, следовательно, угол поворота рычага сектора 60 , храпового колеса 96 , т. е. подачу. Минимальная подача стола $S_{\min} = (1/96) \times x(27/27) \times (36/25) \times (30/30 \times 6 \times 2) = 0,2$ мм/дв. ход.

Стол (поперечина) ускоренно перемещается, получая движение от вала I через зубчатые колеса (84/36), (36/84) и цепную передачу (15/32). От колеса 84 на валу I получает движение насос H смазки.

Механическое перемещение суппорта осуществляется при обратном ходе ползуна, когда рычаг храпового механизма $X2$ поворачивается кулачком $K2$. Вращение храпового колеса 45 передается через две пары конических колес на винт $P5$ х I . Гайка неподвижна, винт и вращается и перемещается так же, как и винт с рукояткой $P1$ (винт стола только вращается, винт поперечины — неподвижен).

Система штанги-толкателя $TЛ1$, шарнирного параллелограмма P и толкателя $TЛ2$ служит для подъема откидной плиты с инструментом $И$ при его вспомогательном ходе. Благодаря тормозу $T2$ оба толкателя в начале рабочего хода штанги $TЛ1$ снова задерживаются, резец опускается.

Двухстоечный продольно-строгальный станок 7212 является универсальным; он предназначен для обработки, в том числе отделочной, плоскостей, например, направляющих, для прорезания длинных пазов различного профиля.

Техническая характеристика: наибольшие поперечные размеры: ширина — 1250 мм; высота — 1120 мм; длина рабочей поверхности стола — 400 мм; подача суппортов: при движении по поперечине — 0,5—25; при остальных движениях 0,25—12,5 мм/дв. ход.

К основному узлам станка относится стол, на котором закрепляется обрабатываемая заготовка и который перемещается возвратно-посту-

пательно относительно неподвижных резцов, закрепленных в суппортах. Движение стола — главное движение резания; обратный ход стола вспомогательный, осуществляемый с большой скоростью, причем во время обратного хода резцы поднимаются.

Станина, стойка и соединительная балка наверху образует замкнутый контур несущей системы. Один суппорт на стойке и два на поперечине совершают те же вертикальные и горизонтальные движения и являются установочными или служат для периодической подачи резцов, а также их углубления. Суппорт может быть повернут на угол 60° . Привод стола смонтирован рядом со станиной.

Главное движение — движение резания, т. е. движение стола с обрабатываемой заготовкой сообщается от двигателя постоянного тока M_1 (рис. 152) через двухступенчатую коробку скоростей с зубчатой муфтой M_1 и косозубую реечную передачу. Максимальная скорость перемещения стола $V_{\max} = (17/63) \times (26/49) \times 3,14 \times 12 \times 10 = 80$ м/мин.

С валом III через колеса (144/94), (93/50) и червячную передачу (1/55) связан механизм пульта управления ПУ. Лимб Л (рис. 152, в) этого механизма показывает длину хода стола. Маховики P9 и P10 через колеса 40 поворачивают зубчатые секторы внутреннего зацепления 180 с упорами и кулачками, которые подают команды на замедление стола перед реверсированием и на самореверсирование. Скорости рабочего и вспомогательного ходов регулируются на пульте отдельно. Маховики удерживаются от поворота колесами 80 и фиксируются рейками.

Движение подачи на левый вертикальный суппорт передается от асинхронного электродвигателя M_2 (рис. 152, б), через червячную передачу 2/58, храповой механизм XI (при включенной муфте M_2 и включенном фрикционе M_3), зубчатые колеса (55/35), (35/22) (на валу XII). От последнего колеса получает вращение колеса 22, составляющие левый ряд на валах X, XI, XII. Включение одной из кулачковых муфт $M_4...M_7$ передают вращение на один из этих валов. При включении муфты M_4 влево вращается ходовой винт X горизонтальной подачи. При включении муфты M_5 влево через три пары колес (23/23), (22/22), (23/23) вращение передается винту XVII вертикальной подачи.

Одновременно левым рядом колес 22 на валах X, XI, XII, XIII в противоположном направлении вращается правый ряд таких же колес. Соответствующее переключению муфт $M_4...M_7$ меняет направление подачи 4. Муфты $M_8...M_{11}$ предохранительные.

Во время вспомогательного хода стола двигатель M_2 реверсируется и храповый механизм, обеспечивающий периодическую подачу, заряжается. Муфта M_3 передает движение собачке до тех пор, пока фрикцион не разожмется. Значение подачи устанавливают маховиком P1, от которого через передачу (19/76) (фиксирующее колесо 15 выводят вправо) поворачивают подвижный упор U2, меняя угол между ними и неподвижным упором U1, т. е. угол, в пределах которого фрикцион M3 зажат, и собачка поворачивается.

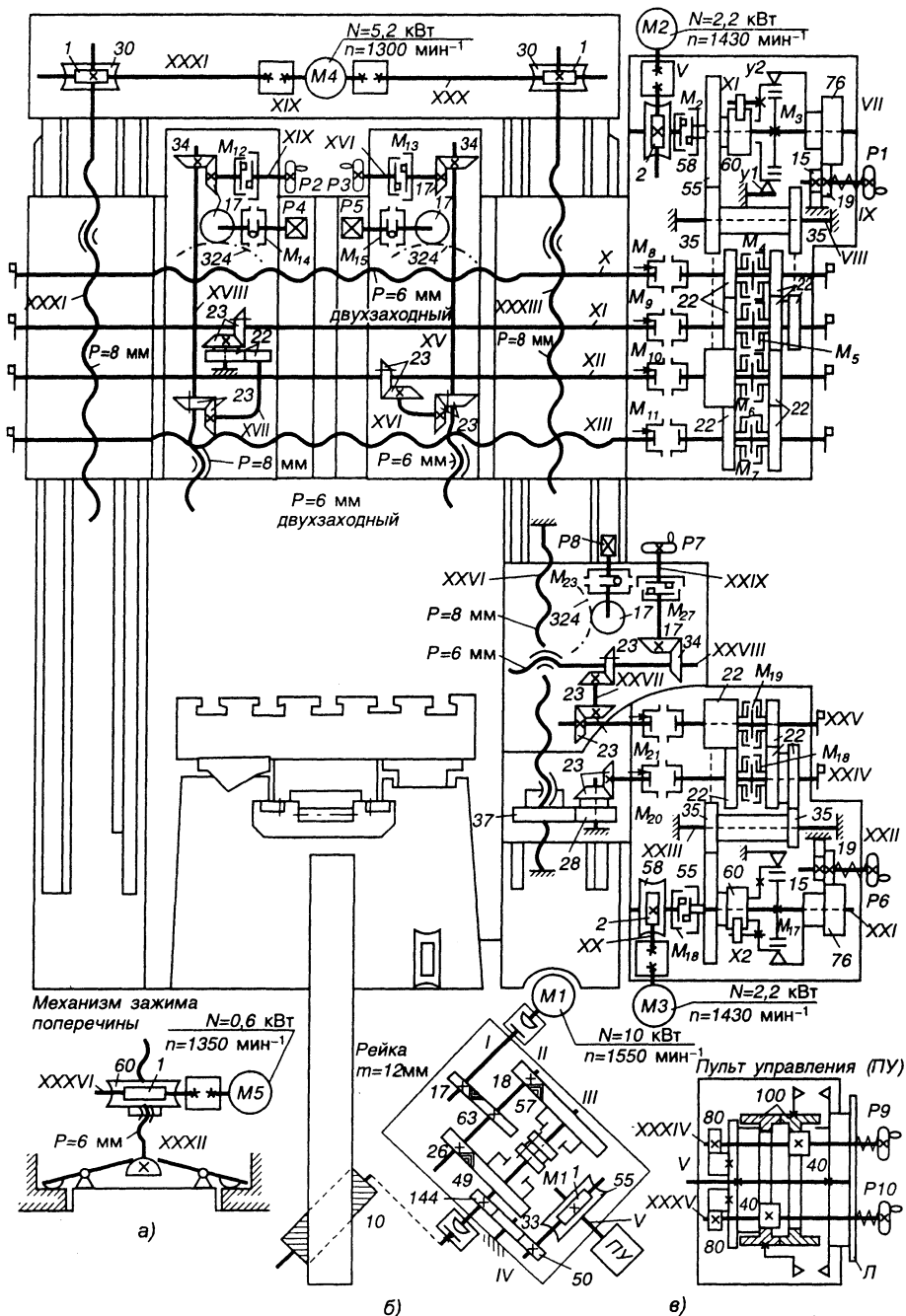


Рис. 152. Кинематическая схема двухстоечного продольно-строгального станка 7212

Минимальная вертикальная подача (на один зуб храповика 60)
 $S_{\min} = (1/60) \times (55/35) \times (35/22) \times 22/22 \times (23/23) \times (22/22) \times (23/23) \times 6 =$
 $= 0,25 \text{ мм/дв. ход.}$

Для ускоренного установочного перемещения суппорта включается электромагнитом кулачковая муфта M_2 . Движение возможно лишь в одну сторону, когда зубья храповика проскальзывают, отжимая собачку. В этом случае фрикцион разжат. Скорость быстрого горизонтального перемещения $V_{\text{гор}} = 1430 \times (2/58) \times (55/35) \times (35/22) \times (22/22) \times (22/22) \times 6 \times 2 = 1480 \text{ мм/мин} = 1,48 \text{ м/мин.}$

На каждом торце поперечины предусмотрены по четыре муфты для перемещения суппортов. Кроме того, для точного вертикального подвода суппортов 324-зубчатый сектор, при этом муфты обгона M_{14} и M_{15} предохраняют от опрокидывания суппорта при повороте.

Коробка подач и механизмы бокового (горизонтального перемещения) суппорта унифицированы.

Поперечина передвигается по стойкам двумя ходовыми винтами $XXXI$ и $XXXIII$ (рис. 152, б), которые получают вращение от двигателя $M4$ через червячные передачи (1/30). Зажим поперечины производится системой рычагов, на которые воздействует винт $XXXII$ (рис. 152, а). Винт перемещается двигателем $M5$ через червячный редуктор 1/60.

Горизонтально-протяжной станок 7Б56 предназначен для протягивания сквозных отверстий разнообразной формы (например, шлицевых отверстий). Используя специальные приспособления, можно на этом станке обрабатывать и наружные поверхности. Станок используют в условиях различных производств (даже единичного — со стандартными протяжками).

Техническая характеристика: номинальная сила — 200 кН; наибольшая длина хода рабочих салазок — 160 мм; скорость перемещения салазок 1,5—13 м/мин.; при рабочем ходе 1,5—13 м/мин; при обратном ходе — 20—25 м/мин.

Основные узлы станка. Станок (см. рис. 149, в) имеет составную сварную удлиненную станину с направляющими скольжения для базирования рабочих салазок 2, которые содержат патрон 6. Патрон служит для захвата переднего рабочего хвостовика протяжки 3 и соединен со штоком рабочего гидроцилиндра 1. Гидроцилиндр является источником прямолинейного движения протяжки — главного движения резания. Обрабатываемая заготовка охватывает протяжку, прижимается по торцу силой резания к неподвижной опоре плиты 5.

Приставная часть 10 станины служит для базирования вспомогательных салазок 9 со вспомогательным патроном 8. Последний удерживает хвостовик протяжки и перемещает ее с помощью вспомогательного гидроцилиндра в период отвода.

Полный цикл станка предусматривает быстрый подвод протяжки к рабочему патрону и захват ее; замедленный ход с большей скоростью

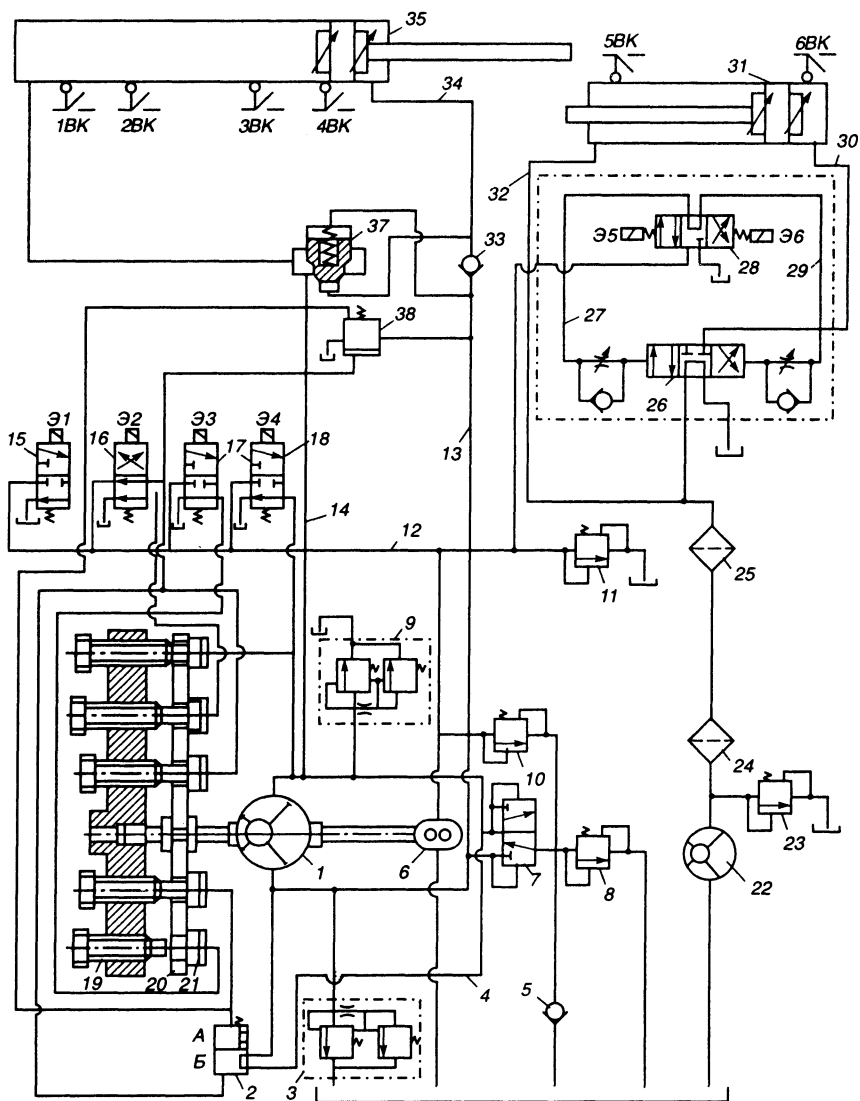


Рис. 153. Гидросхема станка 7Б56

(которая обеспечивает полное использование мощности привода); замедленный рабочий ход (для получения требуемой шероховатости при работе калибрующих зубьев протяжки); раскрытие вспомогательного патрона и вывод протяжки из детали; остановку для выгрузки

детали; обратный ход рабочих салазок после повторного нажатия кнопки «Пуск цикла»; захват заготовки вспомогательным патроном в начале обратного хода; замедление скорости в конце обратного хода и раскрытие рабочего патрона; отвод протяжки вспомогательными салазками; останов. Возможен неполный цикл без подвода и отвода протяжки, когда вспомогательные узлы не действуют.

Во избежание провисания свободного конца протяжки, когда она закреплена только в одном из патронов, предусмотрены поддерживающие ролики 7 и 11, которые могут быть отведены.

Гидропривод (рис. 153) осуществляет рабочие и вспомогательные движения исполнительных органов станка в рабочем цикле.

Протяжка подводится и отводится вспомогательным гидроцилиндром 31, который питается от пластинчатого насоса 22 через фильтр грубой и тонкой очистки 24 и 25. В исходном положении управляющий распределитель 28 находится в средней позиции. Масло от шестеренчатого насоса управления 6 подведено под оба торца гидрораспределителя 26, что удерживает его также в среднем положении. При этом правая часть гидроцилиндра 31 изолирована, а левая — соединена со сливом.

Нажатие кнопки «Пуск цикла» включает электромагнит Э6. Распределитель 28 переключается влево, соединяя магистрали 12 и 29 между собой, а трубопровод 27 со сливом, масло подается под правый торец гидрораспределителя 26, передвигая его влево. Трубопроводы 30 и 32 оказываются соединенными между собой и насосом 22. Давление в обеих полостях цилиндра 31 одинаково, площадь правой, бесштоковой полости больше, чем левой, — поршень движется влево и протяжка проводится к левому патрону. Масло из левой полости цилиндра перетекает в правую полость, увеличивая поток насоса 22.

Рабочий цилиндр 35 получает масло от радиально-поршневого реверсивного насоса 1. При рабочем ходе напорной является магистраль 13—33—34, а сливной 36—37—14. Часть сливающегося масла питает насос; избыток сбрасывается через клапанную коробку 7 и напорный золотник 8. При обратном ходе масло от насоса поступает через трубопроводы 14 и 36. Масло, вытекающее из цилиндра, не может пройти через обратный клапан 33 и перетекает из правой в левую части цилиндра через обратный клапан 37. Из бака масло забирается через обратный клапан 5 и клапанную коробку 7.

В исходном положении обе полости насоса 1 соединены трубопроводом 4 через переливной клапан 2 в позиции Б. Это предотвращает самопроизвольное движение салазок при неточной настройке нулевого положения насоса. Перед движением салазок клапан 2 переводится в положение А и полости насоса разъединены. В зависимости от направления (вправо — влево) смещения статора относительно ротора всасывающая и нагнетательная полости насоса меняются назначением, а следовательно, изменяется скорость перемещения салазок.

Различные смещения статора устанавливают при наладке регулировочными винтами 19, которые служат упорами для штоков поршней 21. Положение диска 20 и связанного с ним статора определяется одним поршнем 21. При включении электромагнита 31, переключающего распределитель 15, происходит рабочий ход, который ускоряется при дополнительном включении 32, вызывает обратный ход, который замедляется при включении электромагнита 34. Порядок и момент переключения электромагнитов зависят от расстановки конечных выключателей. Предохранительные клапаны 3 и 9, напорные золотники 10, 11, 23 и 38 сбрасывают часть масла на слив при повышении давления в определенных магистралях до значения, большего, чем давление при настройке.

3.10. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Типы станков шлифовальной группы. В группу шлифовальных станков входят станки, работающие абразивными инструментами: шлифовальными кругами, сегментами, брусками, шкуркой, порошками и пастами. Абразивная обработка отличается многообразием способов ее реализации и выполняется в диапазоне скоростей резания от 0,1 до 100 м/с и выше. Шлифовальные круги различают по виду абразивного материала, зернистости, твердости, структуре (строению), форме и размерам. Шлифованием обрабатывают гладкие, ступенчатые и шлицевые валы, сложные коленчатые валы, кольца и длинные трубы, зубчатые колеса, направляющие базовых деталей и т. д. С развитием глубинного шлифования возрос диапазон снимаемых припусков (0,01—10 мм), что позволяет эффективно использовать абразивную обработку вместо лезвийной.

В зависимости от формы обрабатываемой поверхности и вида шлифования станки общего назначения, работающие шлифовальным кругом, подразделяют на кругошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, бесцентрошлифовальные и специальные (шлифование зубьев колес, резьб и т. д.).

На рис. 154 показаны основные узлы шлифовального станка. Шлифовальный круг 1 устанавливают и закрепляют на шпинделе шлифовальной бабки 3, которая может перемещаться относительно станины 6 в продольном или поперечном направлении с помощью стола 5 или суппорта. Заготовку 2 закрепляют в патроне 9 шпиндельной бабки 8 (рис. 154, б) или в центрах 10 шпиндельной бабки 8 и задней бабки 4 (рис. 154, а). Круг и заготовка приводятся в движение электрическими или гидравлическими приводами, управляемыми оператором посредством пульта или панели 7.

Главным движением в указанных станках является вращение шлифовального круга, которое определяет величину скорости резания

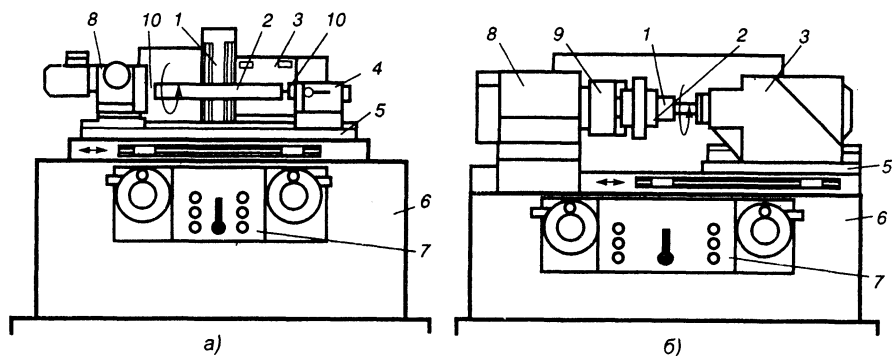


Рис. 154. Основные узлы круглошлифовального (а) и внутришлифовального станка (б)

V , м/с. Движение подачи определяется способом шлифования и формой шлифуемой поверхности. При круглом шлифовании наружных поверхностей заготовка получает вращение со скоростью круговой подачи $S_{кр}$ и возвратно-поступательное движение с продольной подачей $S_{пр}$, а шлифовальный круг — периодическую поперечную подачу $S_{поп}$ (рис. 155, а). Глубинное круглое шлифование выполняют кругом, установленным на глубину припуска t с односторонней продольной подачей $S_{пр}$; поперечная подача отсутствует (рис. 155, б). Врезное шлифование осуществляют по всей ступени заготовки с непрерывной поперечной подачей шлифовального круга (рис. 155, в). В станках внутреннего шлифования: продольного (рис. 155, г) и врезного (рис. 155, д) движения осуществляют аналогично наружному шлифованию.

При плоском шлифовании заготовке придают возвратно-поступательное движение подачи S , а шлифовальному кругу — периодическое поперечное движение подачи $S_{п}$ и после съема припуска по длине заготовки периодическую вертикальную подачу $S_{в}$ на глубину t (рис. 155, е). Плоскошлифовальные станки с круглым столом имеют круговую подачу заготовки и периодическую вертикальную подачу круга.

На специальных торцошлифовальных станках используют глубинное шлифование. Торцевые круги располагают с двух сторон заготовки на глубину припуска, а заготовка (кольца) получают непрерывное движение подачи S между направляющих линеек (рис. 155, и). Если размер по ширине увеличивается, то круги правят и периодически сближают в направлении S_y .

Скорость резания при шлифовании превосходит скорость резания при лезвийной обработке и составляет 25—30 м/с (обычное шлифование), 35—60 м/с (скоростное шлифование) и свыше 60 м/с (высокоскоростное шлифование). При этом скорость резания значительно превосходит скорость подачи.

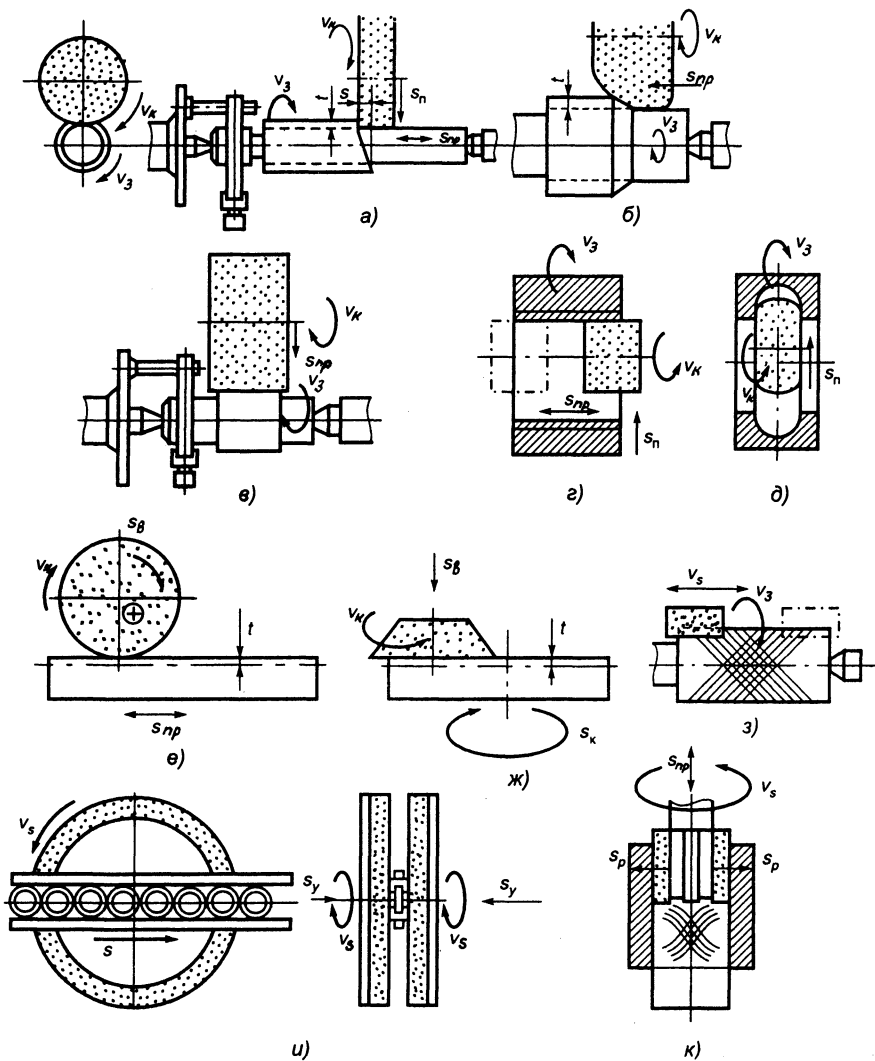


Рис. 155. Наружное круглое (а), шаговое (б), врезное (в), внутреннее напроход (г), врезное (д) и плоское шлифование периферией (е), торцом круга (ж), суперфиниш (з), торцевое шлифование (и), хонингование (к)

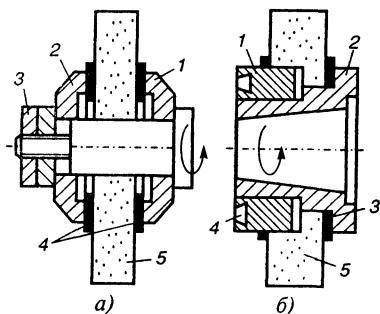


Рис. 156. Схема крепления шлифовальных кругов:

a — фланцами: 1, 2 — фланцы, 3 — гайки, 4 — прокладки, 5 — круг; *б* — на переходных фланцах: 4 — кольцевой паз, 3 — прокладки

движения брусков в радиальном направлении.

Крепление шлифовальных кругов. Крепление кругов на шпинделе станка выполняют тщательно. Неправильно закрепленный и неуравновешенный круг при работе может разорваться. Круги диаметром меньше 100 мм надевают на шпиндель свободно и крепят фланцами и гайкой (рис. 156, *a*). Между кругом и фланцами ставят упругие прокладки из резины или кожи для обеспечения равномерного зажима круга. Круги диаметром от 100 до 1000 мм закрепляют на переходных фланцах (рис. 156, *б*), при этом необходимо, чтобы между кругом и шейкой фланца был зазор 0,1—0,3 мм. Фланцы 2 скрепляют винтами. По торцам круга устанавливают картонные прокладки. В кольцевом пазу 4 располагают балансировочные сегменты.

Балансировка шлифовальных кругов. Если центр тяжести круга совпадает с осью его вращения, то круг сбалансирован и может надежно работать на высоких окружных скоростях. Неуравновешенность кругов возникает из-за их неправильной формы, расположения посадочного отверстия с эксцентриситетом относительно периферии круга, неодинаковой плотности материала и др. Круги балансируют на специальных стендах (рис. 157, *a*). В качестве опор используют призмы, диски и цилиндрические валики. Круг устанавливают на оправку и размещают на валиках. Уравновешивание выполняют двумя сегментами (рис. 157, *б*) путем их перемещения по пазу фланца торцевой стороны. При отсутствии уравновешенности тяжелая часть круга опускается вниз, перемещая сегменты, снова проверяют степень уравновешенности круга до тех пор, пока круг в любом его положении на опорах будет находиться в покое. Необходимо балансировать все круги диаметром больше 100 мм. Перед балансировкой круг нужно осмотреть, чтобы убедиться в отсутствии трещин. Круги можно балансировать непосред-

Отделочные виды абразивной обработки характеризуются скоростью вращательного и поступательного движений инструмента и заготовки. При суперфинише абразивные бруски получают возвратно-поступательное движение со скоростью V_s , а заготовка — вращение со скоростью V_z (рис. 155, *з*). Бруски поджимаются к заготовке с постоянной силой. Соизмеримость скоростей обеспечивает получение перекрестной сетки траекторий абразивных зерен. При хонинговании отверстий в неподвижных заготовках бруски имеют аналогичные движения V_s (рис. 155, *к*). Снятие припуска реализуется за счет принудительного раз-

ственно на шлифовальном станке с помощью специальных механизмов.

Способы подачи СОЖ при шлифовании. В целях отвода из зоны резания выделяющейся теплоты, уменьшения трения и удаления абразива и стружки при шлифовании применяют СОЖ-эмульсии и масла. Чем больше площадь соприкосновения шлифовального круга с заготовкой и больше твердость ее материала, тем больше количество СОЖ необходимо подавать в зону резания. Подачу СОЖ следует осуществлять равномерно по высоте шлифовального круга (5—8 л на каждые 10 мм высоты круга).

Подачу свободно падающей струей (рис. 158, а) применяют на универсальных круглошлифовальных станках в единичном и мелкосерийном производстве при шлифовании заготовок из материалов, отличающихся хорошей шлифуемостью (например, закаленных углеродистых сталей). СОЖ подается в зону резания через сопло с щелевым или круговым отверстием.

СОЖ, обладающую хорошими смазывающими свойствами, подают в зону резания через поры шлифовального круга (рис. 158, а). СОЖ, подведенная к осевому отверстию круга, под действием центробежных сил протекает через поры круга на его периферию. Подачу производят только при вращающемся круге, после чего через две-пять минут начинают шлифование (за это время происходит равномерное заполнение круга жидкостью). Подачу СОЖ прекращают за несколько минут до выключения станка. Этот способ неприемлем для кругов на бакелитовой и вулканитовой связке, не имеющих сквозных пор.

Подачу СОЖ струйно-напорным способом осуществляют через одно или несколько сопел (рис. 158, в). СОЖ, подаваемая под давлением на рабочую поверхность круга вне зоны резания, очищает поры и абразивные зерна от стружки и отходов шлифования.

Подача СОЖ контактным способом (рис. 158, г) заключается в том, что одновременно с поливом зоны резания свободно падающей струей на обрабатываемую поверхность наносят вне зоны резания тонкий слой активного смазочного материала.

Подача СОЖ гидродинамическим способом (рис. 158, д) заключается в использовании воздушных потоков, создаваемых кругом, для повышения скорости движения потоков жидкости относительно рабо-

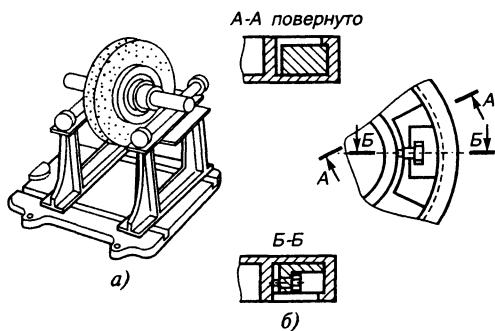


Рис. 157. Схема балансировки шлифовальных кругов

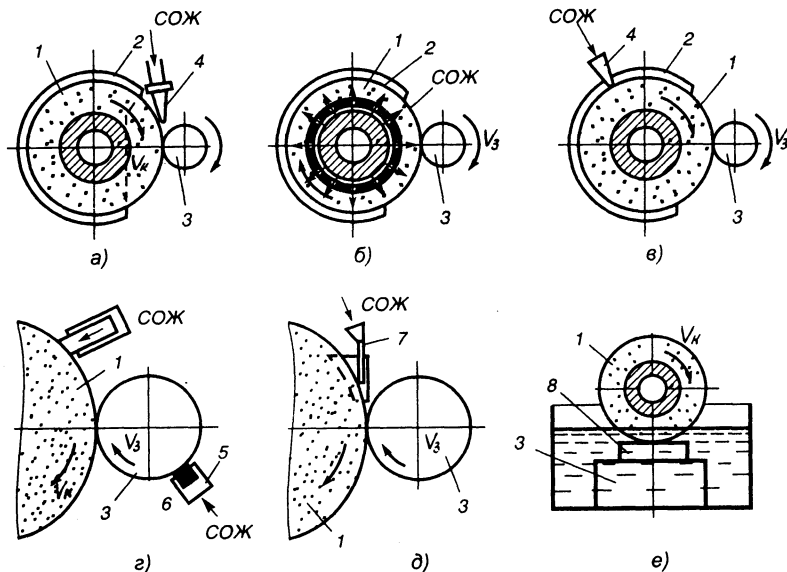


Рис. 158. Схема подачи СОЖ при шлифовании:

1 — шлифовальный круг, 2 — кожух, 3 — заготовка, 4 — сопло, 5 — держатель, 6 — пористый элемент, 7 — насадка, 8 — резервуар

чей поверхности круга и шлифуемой поверхности. Этот способ особенно эффективен при скоростном и обдирочном шлифовании.

Шлифование в среде СОЖ применяют в основном при ленточном и плоском шлифовании. На рис. 159 показаны конструкции устройств для подачи СОЖ.

Установка и крепление заготовок на шлифовальных станках. Для установки и зажима заготовок при круглом наружном шлифовании используют патроны и оправки различной конструкции, поводковые и другие приспособления; при внутреннем шлифовании применяют специальные приспособления и бесцентровые зажимы; при плоском шлифовании используют магнитные (электромагнитные) плиты и тиски со сменными губками. Электромагнитные и магнитные плиты обеспечивают быстрое закрепление заготовки и освобождение детали; прочность закрепления; возможность закрепления на плите нескольких заготовок, а также других приспособлений. Используют стационарные плоские и круговые плиты, наклоняющиеся плоские плиты, плиты-угольники для закрепления заготовок сплошной формы.

Правка шлифовальных кругов. При шлифовании круг изнашивается. Для восстановления режущей способности круга и его геометрической формы (размерная стойкость) применяют правку.

Время работы круга между двумя правками называют периодом

стойкости круга (примерно 3—15 мин для наружного круглого шлифования, 10—20 мин для бесцентрового шлифования, 1—8 мин для внутреннего круглого шлифования с продольной подачей). Период стойкости определяется размерами шлифуемой поверхности и круга, свойствами обрабатываемого материала, характеристиками круга, составом СОЖ, режимом резания и средствами правки.

Правку шлифовальных кругов выполняют алмазным инструментом (рис. 160, а), обкатыванием роликами (рис. 160, б), шлифованием кругами из карбида кремния (рис. 160, в). Правку шлифовальных кругов методом обтачивания осуществляют техническими алмазами, алмазно-металлическими карандашами, алмазными иглами и алмазно-металлическими инструментами из алмазных порошков (бруски, ролики, гребенки и др.).

Плоскошлифовальные станки. По принципу работы их подразделяют для шлифования периферией и торцом круга; по форме стола и характеру его движения на станки с возвратно-поступательным и вращательным движением стола (рис. 161); по степени универсальности — на универсальные, полуавтоматические и автоматические. Станки выпускают с круглым и прямоугольным столом, с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделя, неавтоматизированные и

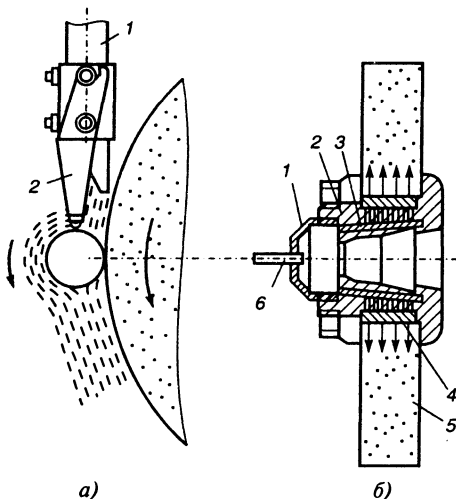


Рис. 159. Конструкции устройств для подачи СОЖ при шлифовании:

а — регулирование струи охлаждающей жидкости: 1 — подводящая труба, 2 — отклонитель струи; б — через поры шлифовального круга: 1 — конусная насадка, 2 — фланец, 3 — осевые каналы, 4 — радиальные каналы, 5 — шлифовальный круг, 6 — патрубков

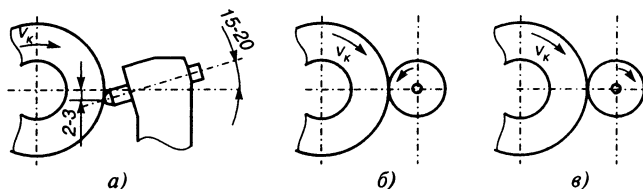


Рис. 160. Схема правки шлифовальных кругов:

а — алмазным инструментом, б — роликами, в — шлифованием

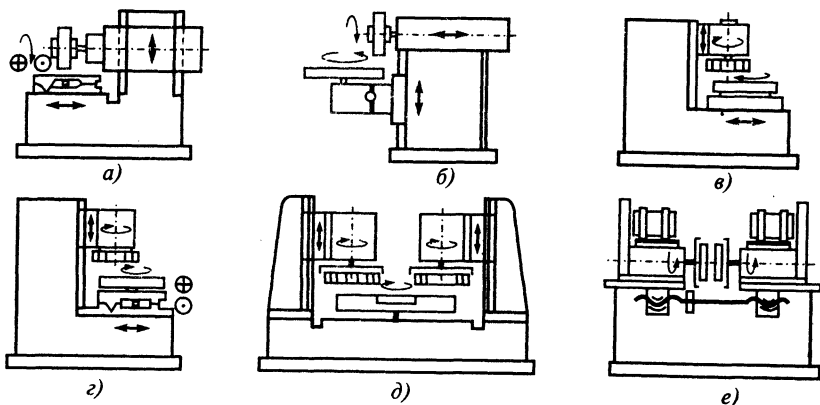


Рис. 161. Схема компоновок плоскошлифовальных станков:

a, б — с горизонтальным шпинделем, прямоугольным столом, работающие периферией круга; *в, г* — с вертикальным шпинделем, круглым столом, работающие торцом круга, *д* — с двумя вертикальными шпинделями, *е* — с двумя горизонтальными шпинделями

полуавтоматические, станки оснащенные приборами активного контроля. Основными узлами плоскошлифовальных станков являются привод шлифовального круга, механизмы продольных, поперечных и вертикальных подач, привод стола (для станков с круглым столом). Механизмы продольной и поперечной подачи выполняют гидравлическими, механизм вертикальной подачи — в виде храпового механизма.

Станок 3Е71В. Станок имеет прямоугольный стол и горизонтальный шпиндель. Он предназначен для обработки плоских поверхностей заготовок. Класс точности станка В.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности стола 630—200 мм, пределы скоростей продольного перемещения стола 2—35 м/мин, пределы скоростей поперечного перемещения крестового суппорта 0,1—0,09, габаритные размеры станка 2700 x 1775 x 1910 мм, пределы вертикальных подач шлифовальной головки 0,01—0,09.

Основные механизмы и движения в станке. На станине *A* (рис. 162) смонтирована колонна *Б*. Крестовый суппорт *В* перемещается по горизонтальным направляющим качения станины. Стол *Д* совершает продольное возвратно-поступательное движение на горизонтальных направляющих качения. Шлифовальная головка *Г* перемещается по вертикальным направляющим колонны. В станке смонтированы механизмы вертикальной *Е* и поперечной *Ж* подачи, а также гидропривод.

Кинематика станка. Главное движение шпиндель *II* и шлифовальный круг получают от электродвигателя *MI* через ременную передачу.

Поперечная подача крестового суппорта осуществляется от электродвигателя постоянного тока через косозубые колеса $Z = 34/100$,

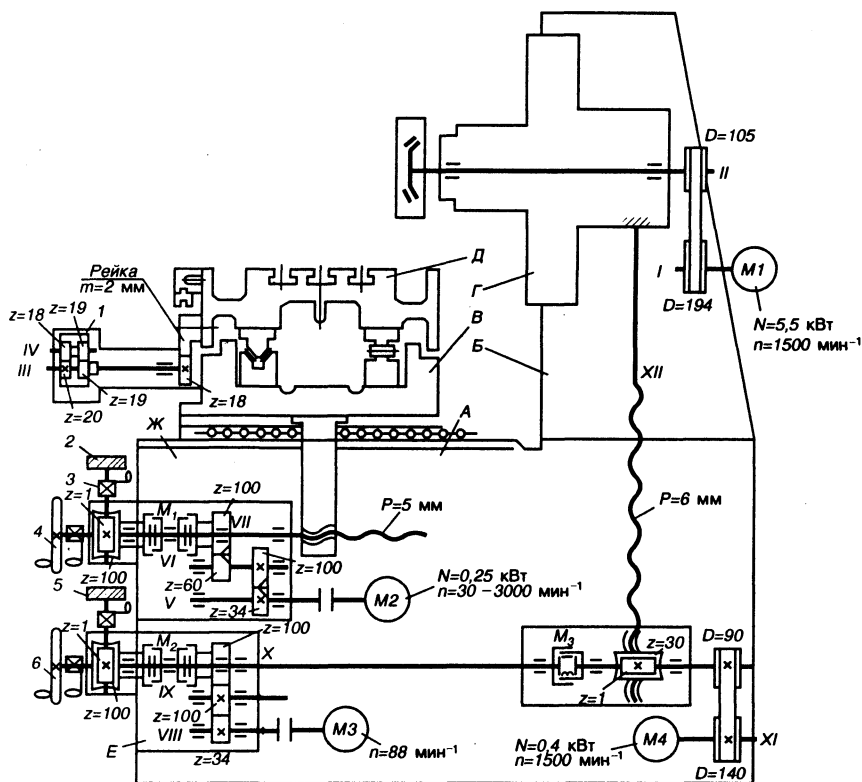


Рис. 162. Кинематическая схема плоскошлифовального станка 3Е711В

$Z = 60/100$ и ходовой винт VII. При включении муфты M_1 вправо (колесо $Z = 100$) происходит автоматическая подача суппорта — непрерывная или прерывистая на каждый ход или двойной ход стола. Для обеспечения прерывистой подачи при продольном реверсе стола дается команда на включение двигателя M_2 от бесконтактного путевого переключателя.

Ручные поперечные подачи (грубая и тонкая) получают при включении муфты M_1 влево. Грубую ручную подачу осуществляют маховиком 4, при этом червяк $Z = 1$ выводят из зацепления рукояткой 3, тонкую — вращением лимба 2 через червячную пару $Z = 1/100$.

Продольная подача стола осуществляется гидроприводом. Скорости подачи регулируются бесступенчато. Ручная подача производится маховиком 1, в который вмонтирован планетарный механизм. Сател-

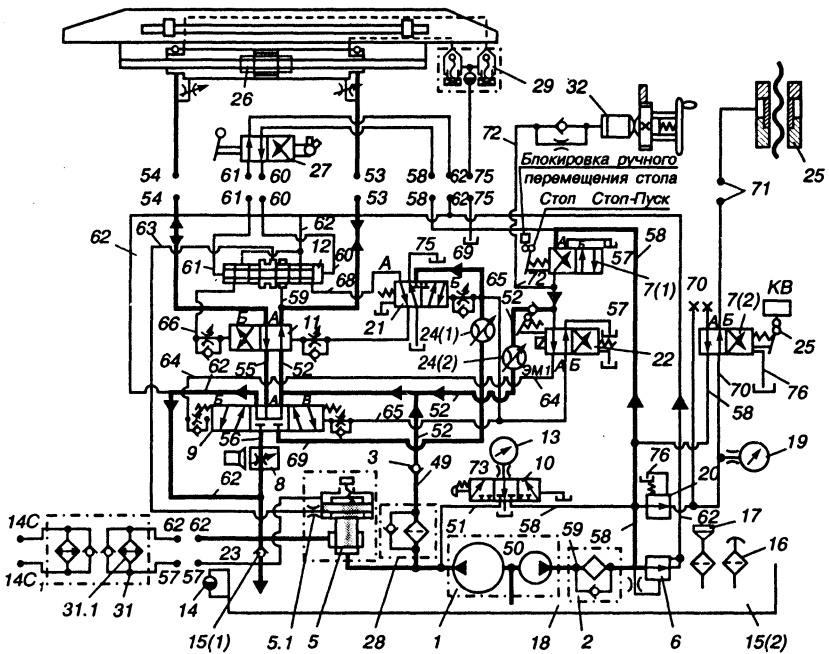


Рис. 163. Гидравлическая схема станка 3E711B

литы $Z = 18$ и $Z = 19$ обкатываются вокруг неподвижного центрального колеса $Z = 19$ и через другое центральное колесо $Z = 20$ вращение передается на реечное колесо $Z = 18$ и рейку.

Вертикальная подача шлифовальной головки осуществляется в момент реверса стола или крестового суппорта от шагового электродвигателя M_3 . При включенной муфте M_2 вправо вращение передается ходовому винту XII через колеса $Z = 34/100/100$, карданный вал X , включенную электромагнитную муфту M_3 , червячную пару $Z = 1/30$. Ручную (грубую, тонкую) вертикальную подачу выполняют аналогично поперечной ручной подаче посредством маховичка $б$ по лимбу 5 .

Быстрые установочные перемещения шлифовальной головки происходят при отключенной муфте M_3 от асинхронного электродвигателя M_4 .

Гидропривод станка (рис. 163) осуществляет продольное перемещение стола, а также режим и фиксацию гидрогайки поперечного перемещения крестового суппорта.

Продольное перемещение стола производится от сдвоенного лопатного насоса I . Пуск двигателя стола выполняется краном $7(I)$, установленным в положении $Б$. В положении $А$ дросселирующего

гидроусилителя 22 масло от насоса 1 (малой подачи) поступает по цепи 1-59-58-7/-73-22-64 под торец дросселирующего гидрораспределителя 9, а слив из-под другого его торца происходит по цепи 65-22, и гидрораспределитель занимает положение *Б*. При этом масло подается в правую полость гидроцилиндра 26 от насоса большой подачи по цепи 1-51-28-49-3-52-11-53 и стол перемещается влево, одновременно происходит дополнительное питание линии нагнетания большего от меньшего по цепи 58-7/1/-72-4-52-24/2/-52, что обеспечивает устойчивые малые скорости стола. Из левой полости гидроцилиндра масло сливается по цепи 54-11-55-9-56-8-62-18. Насос большой производительности создает давление управления. Это давление поддерживается постоянным за счет слива избытка масла через напорный золотник 6 и магистраль 62.

Стол движется влево до тех пор, пока кулачок реверса не установит кран реверса 27 в положение *Б*. При этом масло по цепи 58-27-51 поступает под лицевой торец распределителя 12 и он занимает правое положение, соединяя магистрали 53 и 63. Распределитель 11 займет положение *Б* позже, так как давление под его торец поступает после реверса распределителя 12. Поэтому в этот момент в цепи 52-11-59-12-62 будет создаваться давление, которое поднимает клапан 5 и произойдет разгрузка насоса 1. Когда распределитель 11 займет положение *Б*, клапан 5 опустится и масло поступит в левую полость гидроцилиндра 26, и стол перемещается вправо. Регулирование плавности реверса стола осуществляют дроссели на линии управления распределителя 11.

Распределитель 12 соединяет магистрали 54 и 63. Давление в магистрали 54 соответствует наладке дросселя 8 скорости перемещения стола. Это давление определяет величину подъема клапана 5 и, следовательно, величину давления в магистрали 52. Поэтому любому изменению давления на сливе из гидроцилиндра стола соответствует изменение давления в напорной магистрали. После окончания цикла обработки электромагнит ЭМ1 отключается и распределитель 22 занимает положение *Б*. Масло по цепи 1-59-58-7/1/-72-22 поступает в магистраль 65 и распределитель 21 займет положение *Б*, а распределитель 9 — положение *В*. Тогда после переключения крана реверса 27 в положение *А* распределитель перемещается влево, а распределитель 11 в положение *Б*, и масло по цепи 1-59-2-58-7/1/-72-4-52-24/2/-52-22-54 продолжает поступать в левую полость гидроцилиндра 26, а слив осуществляется по цепи 53-11-55-9-69-24/1/-1-69-21-75. Стол движется с малой скоростью вправо до жесткого упора, а затем происходит торможение стола.

При остановке стола краном 7/1/ масло сливается в бак по цепи 1-51-28-49-3-52-9-62-25-57. При положении *А* гидрораспределителей 9 и 11 полости гидроцилиндра 26 и магистраль 62 соединены по цепи 53-11-52-9-/55-62/-11-54. Распределитель 12 объединяет магистрали 54

и 53. В результате этого перепад давления на клапане 23 действует на клапан 5 и поднимает последний: масло от насоса 1 большой производительности дополнительно сливается через клапан 5. Устройство 29 служит для выпуска воздуха из гидроцилиндра 26. При соединении к гидросистеме теплообменников 31 слив масла осуществляется по цепи 62-31/1/-57-14.

Ружжим и фиксация гидрогайки винта поперечного перемещения. Устранение зазора гидрогайки 25 осуществляется при установке крана 7/2/ в положение А. В этом случае давление масла распространяется по цепи 58-20-70-7/2/ и контролируется манометром 19. Фиксация суппорта выполняется подводом масла по цепи 58-7/2/-71 при положении Б крана 7/2/.

Блокировка. С рукояткой крана 7/2/ связан конечный выключатель блокировки поперечной подачи. Когда кран находится в положении «фиксация», включение электродвигателя поперечной подачи невозможно. С рукояткой крана 7/1/ связан конечный выключатель блокировки ручного перемещения стола. При перемещении стола посредством гидравлической системы масло по магистрали 72 поступает под торец плунжера механизма ручного перемещения 32. Последний выводит из зацепления реечное колесо и рейку стола. При включении гидравлической системы магистраль 72 соединяется со сливом и реечное колесо входит в зацепление с рейкой под действием пружины.

Кругошлифовальные станки. Эти станки служат для наружного шлифования цилиндрических, конических и торцевых поверхностей. Станки подразделяют на простые и универсальные. Первые позволяют обрабатывать конические поверхности с малой конусностью (до 6), а вторые — с большой конусностью, за счет возможности одновременного поворота передней и шлифовальной бабок. Станки работают по полуавтоматическому или автоматическому циклу и характеризуются наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки и ее длиной.

Круглошлифовальный станок 3М151. Станок — полуавтомат предназначен для наружного шлифования гладких и прерывистых цилиндрических и пологих конических поверхностей методами продольного и врезного шлифования. Станок оснащен приборами активного контроля размеров заготовки в процессе шлифования. Класс точности станка П.

Техническая характеристика станка. Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки: диаметр 200 мм, длина 700 мм, частота вращения круга 1590 мин⁻¹, скорость перемещения стола 0,05—5 м/мин (регулируется бесступенчато), пределы частот вращения заготовки 50—500 мин⁻¹ (регулируется бесступенчато), пределы периодических подач шлифовальной бабки 0,001—0,05 мм/дв. ход, подача врезания 0,01—3 мм/мин, габаритные размеры станка 4635 х 2450 х 2170 мм.

На базе станка 3М151 выпущен станок 3М151Ф2 с ЧПУ. Станки

имеют аналогичную компоновку и конструкцию узлов: передней и задней бабки (без устройства вывода конусности), шлифовальной бабки (кроме устройства осевой подачи шпинделя), устройства перемещения стола, правки шлифовального круга. Отличается по конструкции механизм поперечных передач.

Принцип работы доводочных станков. К доводочным станкам относятся хонинговальные, притирочные и станки для суперфиниширования. Эти станки служат для исправления отклонений обрабатываемых поверхностей от правильной геометрической формы и обеспечения их высокого качества поверхностей ($Ra = 0,16 - 0,32$ мкм).

Хонинговальные станки используют для обработки внутренних и реже наружных поверхностей. Выпускают вертикальные, горизонтальные и наклонные станки, одношпиндельные и многошпиндельные, универсальные и специальные.

Хонинговальная головка (рис. 164, а) получает одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение. В корпусе 3 головки установлена оправка с абразивными брусками 1 тонкой зернистости. Бруски могут перемещаться в радиальном направлении от корпусов 2, которые раздвигают бруски в конце каждого двойного хода пружины 5. Головка соединена со шпинделем станка посредством шарнира 6. В корпусе головки имеется шарнир 4. Шарниры 4 и 6 обеспечивают самоустановку головки в обрабатываемом отверстии. Привод шпинделя аналогичен приводу шпинделя вертикально-сверлильного станка. Возвратно-поступательное перемещение хода обеспечивается гидросистемой. Хонингованием достигается $Ra = 0,16 - 0$ мкм, точность обработки — 6 квалитет включительно.

Притирочные станки. Выпускают универсального и специального назначения. Станки служат для обработки различных наружных и внутренних поверхностей мелкозернистым абразивом, который смешан со смазочным и связующим материалом (бензин, керосин, масла) и нанесен на поверхность инструмента-притира или заготовки. Притиры изготавливают из чугуна, бронзы, стали и других материалов. Заготовки (рис. 164, б) вкладывают в окна сепаратора 2, форма которого определяется формой заготовки. Сепаратор устанавливают с эксцентриситетом «е» между притиром 1 и диском 3, которые вращаются вокруг осей O_1 и O_2 в противоположные направления с различными скоростями. Сепаратор (ось OZ) получает горизонтальное возвратно-поступательное движение от отдельного привода. В результате возникает сложное относительное движение заготовок и притира, которые обеспечивают высокое качество поверхности (до $Ra = 0,32$ мкм) и точность обработки до 6-го квалитета. Съем металла 0,003—0,03 мкм.

В притирочных (доводочных) станках применяют планетарный привод (рис. 164, в). В закреплении с центральным зубчатým колесом 1 и наружным венцом 4 находятся кассеты 2 с заготовками 3. При

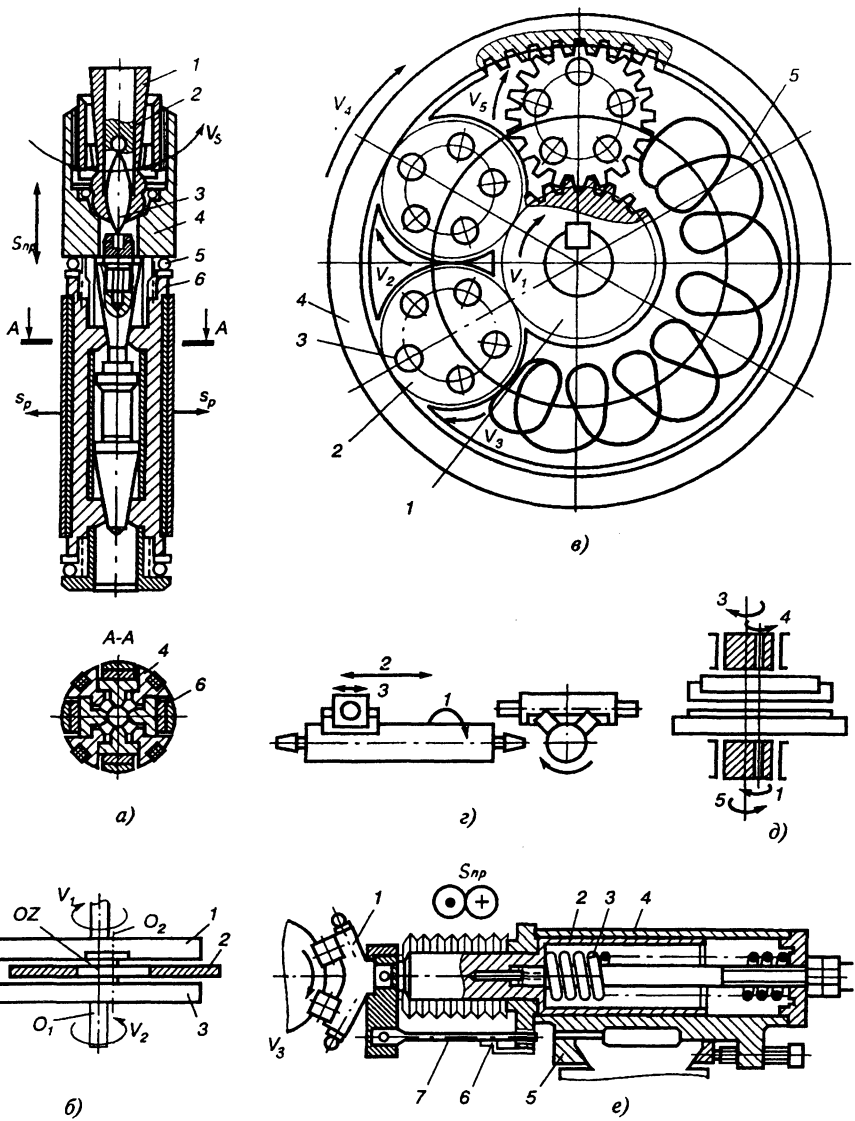


Рис. 164. Хонинговальная головка (а), схема притирки (б), планетарный привод касет для притирки (в), схема суперфинишования наружных (г), внутренних (д) поверхностей, приспособление для суперфинишования (е)

вращении колес с частотами n_1 и n_4 кассеты обкатываются в направлении V и вращаются вокруг своих осей с частотой n_2 . Заготовки при этом описывают сложные траектории 5 по поверхности притира, что обеспечивает высокую точность обработки.

Станки для суперфиниширования предназначены для обработки до $Ra = 0,1$ мкм наружных (рис. 164, *з*), внутренних поверхностей вращения и плоских поверхностей (рис. 164, *д*). Припуск на обработку почти не оставляют. В качестве инструмента применяют мелкозернистые бруски, которые прижимаются к обрабатываемой поверхности пружинами или гидравлически. Суперфинишная головка (рис. 164, *е*) состоит из штока 2, на котором закреплена инструментальная державка 1. Сила прижима брусков на державке создается за счет сжатия пружины 3 при подводе державки к обрабатываемой поверхности и фиксируется на шкале 7 по указателю 6. Этот механизм работает в корпусе 4, который по направляющим 5 совершает колебательное движение за счет осцилляции.

При суперфинишировании инструмент и заготовка получают следующие движения (рис. 164, *д*): 1 — круговое вращение инструмента, 2 — возвратно-поступательное перемещение инструмента, 3 — колебательное движение инструмента, 4 — вращение инструмента, 5 — колебательное движение заготовки. Получаемое сложное относительное движение обеспечивает высокое качество обрабатываемой поверхности.

Вертикально-доводочный двухдисковый станок ЗБ814 (рис. 165) предназначен для обработки заготовок из стали, чугуна, бронзы, керамики, пластмасс. Доводку осуществляют с эксцентриковым или с планетарным приводом сепаратора.

Техническая характеристика станка. Диаметр притира 450 мм, наибольшие размеры заготовок: круглых 115 мм; квадратных 80 мм; цилиндрических 50 мм; частота вращения: сепаратора 9, 19, 17, 28, 37, 54 мин⁻¹, нижнего притира 41, 5, 81 мин⁻¹, сила прижима верхнего притира 0—1600 Н, шероховатость обработки поверхности $Ra = 0,02—0,08$ мкм, масса станка 1100 кг.

Основные механизмы и движения в станке. Базовым элементом станка является жесткая станина 1. На верхней части станка на подшипниках качения смонтирована поворотная консоль 2. В последней расположены выдвигная панель 3, предназначенная для установки верхнего доводочного диска 4, и пульт управления.

Кинематика станка. Главное движение — вращение нижнего доводочного диска 4 и движение подачи — вращение или плоскопараллельное движение сепаратора, осуществляется от электродвигателя M через клиноремennую передачу, зубчатые колеса $Z = 21-31-31$ на вал III или IV и далее через червячные передачи на центральный вал сепаратора V и шпиндели VI , на планшайбе которого установлен доводочный диск. В зависимости от положения зубчатого колеса $Z = 21$ вращение может

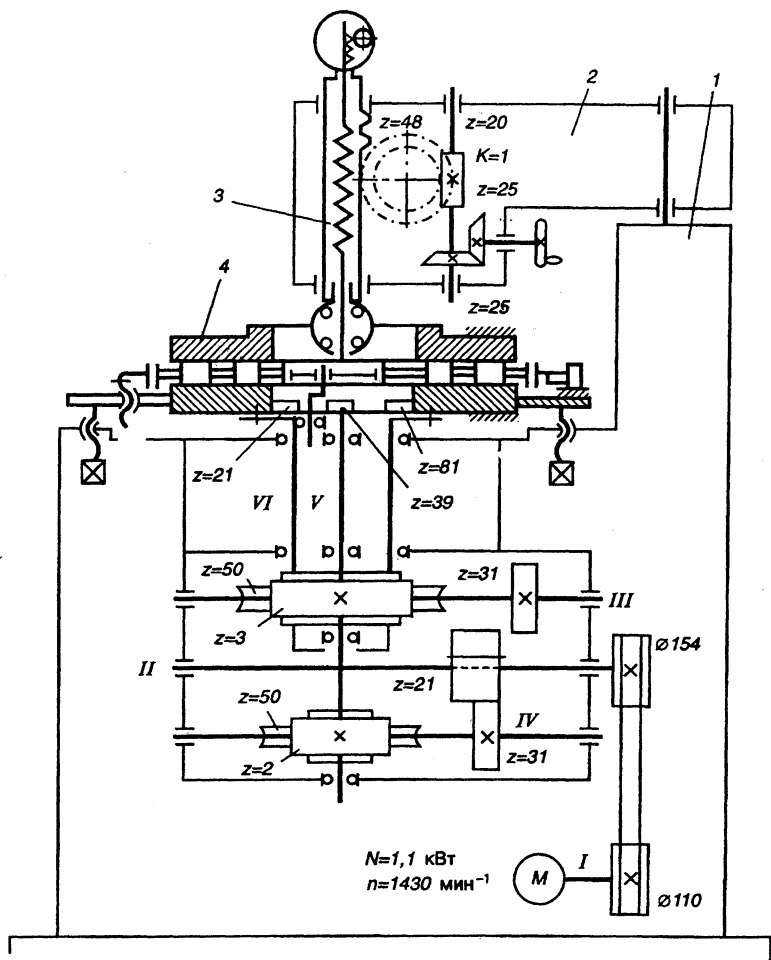


Рис. 165. Вертикально-доставочный станок ЗБ814

быть передано валу *III* или *IV* или обоим валам одновременно. Частота вращения нижнего притира $n = 1430 \times (110/154) \times (21/31) \times (3/50) = 41,5 \text{ мин}^{-1}$.

За счет взаимной перестановки шкивов $\varnothing 110 \text{ мм}$ и $\varnothing 154 \text{ мм}$ обеспечивается частота вращения притира 81 мин^{-1} . Вращение сепаратора может быть осуществлено одним из трех способов.

Вал *III* отключен и вращение сепаратора осуществляется через валы *VI* и *V*, зубчатое колесо $Z=39$, вокруг которого обкатываются три сателлита $Z=21$ с частотой $n = 1430 \times (110/54) \times (21/31) \times [(2/50) \times 39(39 + 81) - (39/21)] = 42 \text{ мин}^{-1}$.

Вал *IV* отключен и вращение сепаратору передается через вал *III* шпинделю *V*, на котором смонтировано колесо $Z = 81$ внутреннего зацепления. По нему вокруг неподвижного зубчатого колеса $Z = 39$ обкатываются сателлиты $Z = 31$. Частота их вращения $n = 1430 \times \frac{1}{x} \left(\frac{110}{54} \right) \times \frac{1}{(21/31)} \times \frac{1}{(39/(39 + 81))} + \frac{1}{(3/59)} \times \frac{1}{(81/(39 + 81))} = 70 \text{ мин}^{-1}$.

Плоскопараллельное движение сепаратору передается центральным эксцентриком, который установлен на торце водила планетарного механизма. Эксцентриситет $e = 0-20$ мм. При доводке верхней и нижней параллельных поверхностей заготовки вращение притира прекращается, а верхний притир стопорится от самопроизвольного вращения.

3.11. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Выпускают круглошлифовальные, плоскошлифовальные, внутришлифовальные, бесцентровошлифовальные, контурошлифовальные, заточные станки с ЧПУ. Созданы также многоцелевые шлифовальные станки, обеспечивающие обработку в патроне с одного установа внешних и внутренних поверхностей заготовок типа тел вращения. Такие станки имеют несколько шлифовальных шпинделей и автоматическую смену инструмента либо с целью замены изношенного круга, либо круга соответствующего диаметральному размеру обрабатываемого отверстия. Вместимость инструментального магазина 12—18 шт. На основе шлифовальных многоцелевых станков созданы гибкие производственные модули (ГПМ), обслуживаемые ПР.

Шлифовальные станки с ЧПУ, с точки зрения обработки металла, выполняют те же виды работ, что и шлифовальный станок с ручным управлением. В станках с ЧПУ применяют тот же режущий инструмент, те же скорости резания, СОЖ и т. д. Повышение производительности и расширение технологических возможностей станков с ЧПУ обеспечиваются не за счет процессов, связанных со съемом металла, а лишь за счет управления и сокращения вспомогательного времени обработки.

Особенностью шлифования, затрудняющей программное управление процессом, является то, что износ шлифовального круга соизмерим по величине с припуском на обработку (в отличие от лезвийного инструмента). Величина износа круга определяется действием различных факторов и составляет 1/50 от снимаемого припуска. Поэтому шлифовальные станки с ЧПУ оснащены механизмами автоматической компенсации изнашивания круга. Управление механизмом правки осуществляется устройством ЧПУ. Система ЧПУ должна быть замкнутой для компенсации упругих температурных деформаций технологической системы, ее геометрической неточности. Измерительные системы станков с ЧПУ должны иметь высокую разрешающую спо-

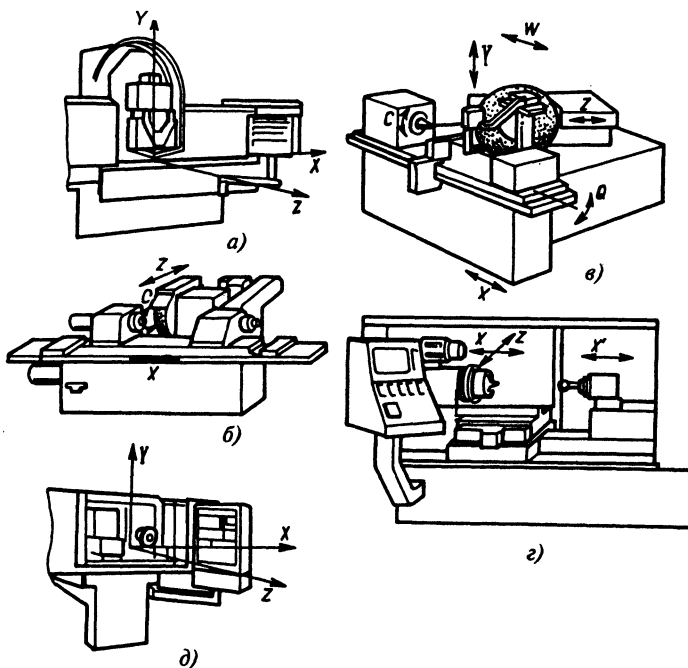


Рис. 166. Программируемые оси перемещений на шлифовальных станках с ЧПУ:

а — плоскошлифовальном, *б* — круглошлифовальном, *в* — торцекруглошлифовальном, *г* — внутришлифовальном

способность, которая обеспечивает малые величины допусков на точность позиционирования. В круглошлифовальных станках приборы обеспечивают непрерывное измерение диаметров в процессе шлифования с относительной погрешностью не более 2×10^{-5} мм. Контроль продольных перемещений стола осуществляется с погрешностью не более 0,1 мм для круглошлифовальных и 0,02—0,03 мм для торцекруглошлифовальных станков.

В качестве программносителя чаще всего используется перфолента. Шлифовальные станки обычно оснащают системами ЧПУ типа CNC, которые обеспечивают управление по 3—4 координатам. В станках, работающих несколькими кругами, возможно управление по 5—6 и даже 9 координатам. Взаимосвязь между УЧПУ и оператором шлифовального станка с ЧПУ в большинстве случаев осуществляется в диалоговом режиме посредством дисплея.

Плоскошлифовальные станки с ЧПУ в зависимости от назначения могут иметь одну, две и три программируемые оси перемещения: *X* — продольная подача стола, *Z* — поперечная подача стола, *Y* — верти-

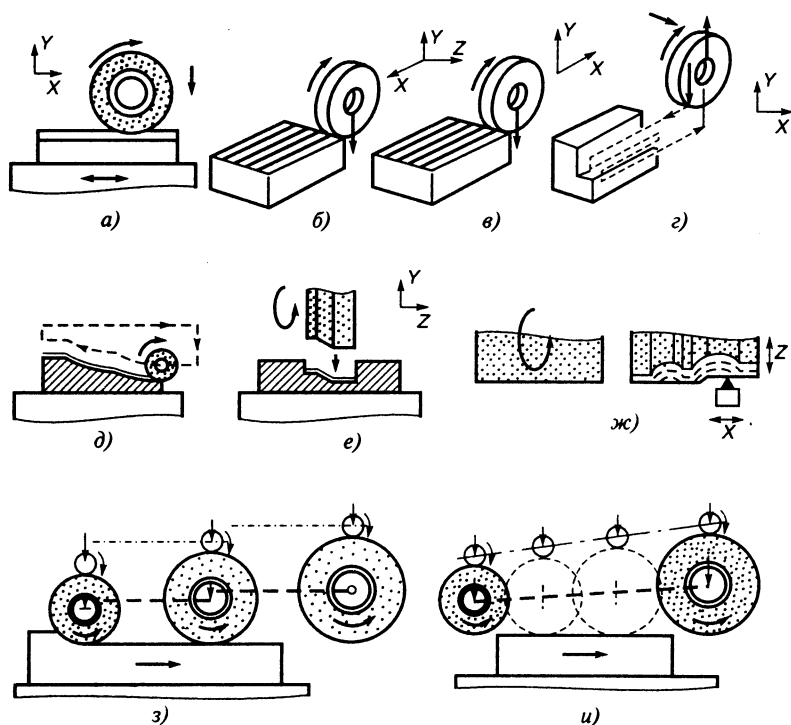


Рис. 167. Обработка на плоскошлифовальных станках с ЧПУ: *а* — *в* — маятниковое шлифование плоских поверхностей, *г* — глубинное шлифование плоских поверхностей, *д* — шлифование при одновременном перемещении по двум осям криволинейной поверхности, *е* — шлифование криволинейной поверхности при профильной правке круга, *ж* — профильная правка круга, выполняемая по УП, *з* — периодическая правка круга, *и* — непрерывная правка круга

кальная подача шлифовального круга (рис. 166, *а*). Дополнительно может осуществлять программное управление частотой вращения круга по мере его износа (для поддержания постоянной скорости резания), скоростью подачи и другими параметрами. Обработка плоских поверхностей может программироваться в режимах маятникового и глубинного шлифования. При маятниковом шлифовании (рис. 167, *а*) стол с закрепленной на нем заготовкой совершает возвратно-поступательное перемещение относительно шлифовальной бабки, несущей круг. Подача вдоль оси *Z* (поперечная) может осуществляться после одного хода стола — отработки одной строки (рис. 167, *б*) или одновременно с продольной подачей вдоль оси *X* (рис. 167, *в*). В последнем случае обратный ход обычно выполняют без поперечной подачи для улучше-

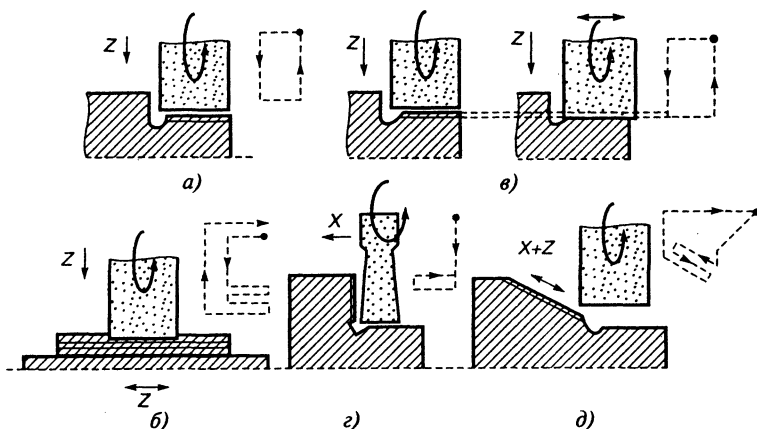


Рис. 168. Схема обработки на круглошлифовальном станке с ЧПУ

ния качества поверхности. После обработки плоской поверхности круг подается вниз на заготовку для обеспечения съема металла при последующих рабочих ходах. При глубинном шлифовании (рис. 167, д) припуск снимают за один рабочий ход при малых скоростях движения заготовки относительно круга. Обработку криволинейных поверхностей выполняют движением шлифовальной бабки с кругом одновременно по двум координатам (рис. 167, д), либо как и в обычных станках — применением координатной правки круга (рис. 167, е). Правку осуществляют по УП алмазным карандашом, установленным в механизм, управляемый УЧПУ (рис. 167, ж). Требуемый профиль получается при одновременном перемещении круга (ось Z) и алмазного карандаша (ось X). По УП можно задавать не только траекторию правящего инструмента, но и технологию процесса правки с учетом компенсации износа круга. В большинстве случаев правку выполняют периодически (рис. 167, з). При глубинном и профильном шлифовании, когда круг изнашивается, особенно интенсивно используют непрерывную правку с компенсационным смещением круга.

Круглошлифовальные станки с ЧПУ имеют две основные программноуправляемые оси перемещения (см. рис. 166, б) Z — поперечной подачи шлифовального круга, X — продольной подачи заготовки. Это позволяет программировать обработку шеек ступенчатых валов методом врезного (рис. 168, а) и проходного шлифования по любому рабочему циклу; задавать выходящую осцилляцию вдоль оси X после врезного шлифования (рис. 168, в), программировать обработку торцов (рис. 168, з), а при одновременно управляемых осях X и Z шлифовать на проход конические и более сложные поверхности вра-

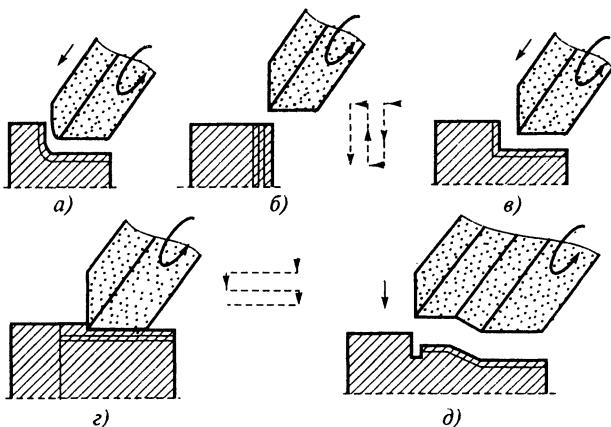


Рис. 169. Схема обработки на торцекрылошлифовальном станке с ЧПУ

шения (рис. 168, д). В станках может быть предусмотрено и большее количество координатных осей.

Торцекрылошлифовальные станки с ЧПУ могут иметь до десяти управляемых координат (см. рис. 166, е) — три основных (X , Z , C) и шести вспомогательных установочных координат позиционирования: B — поворота стола для обработки конуса, Y — оси прибора активного контроля, Z — перемещение прибора осевой ориентации круга относительно заготовки при обработке ступенчатых валов, W — смещение задней бабки при корректировании обрабатываемой заготовки. Правка кругов выполняется также по УП, что обеспечивает поддержание любого заданного профиля.

На станках программируют обработку галтелей с различными радиусами (рис. 169, а), шлифование торцов (рис. 169, б), одновременную обработку цилиндрических торцевых поверхностей (рис. 169, в, г), врезное шлифование фасонных поверхностей (рис. 169, д) и другие операции. Наличие на универсальном станке с ЧПУ внутришлифовальной головки управляемой от УП позволяет одновременно шлифовать наружные и внутренние поверхности.

Внутришлифовальные станки с ЧПУ (см. рис. 166, з) могут иметь одну, две и более управляемых координат. Основными является Z — поперечная подача, X — продольная подача. Часто для удобства разработки УП вводится координата X^1 , совпадающая по направлению с X , по которой задается продольное перемещение шлифовального круга. Наличие этих осей позволяет программировать все основные схемы шлифования, выполняемые на станке: сквозного и глухого цилиндрических отверстий (рис. 170, а, б), внутренней торцевой поверхности (рис. 170, в), фаски (рис. 170, г), конического отверстия (рис. 170, д),

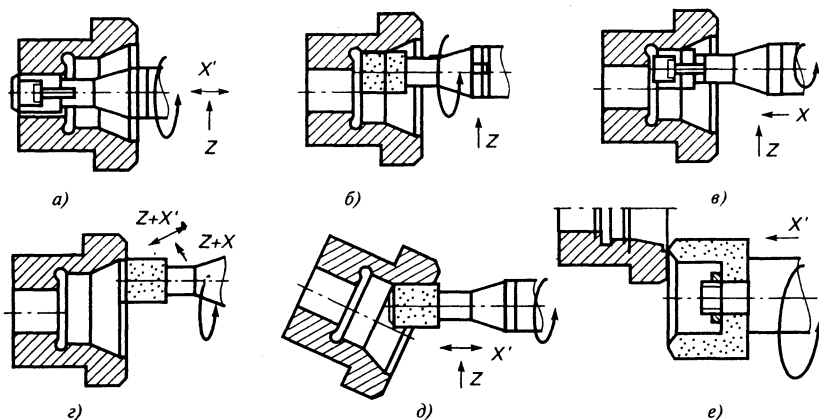


Рис. 170. Схема обработки на внутришлифовальном станке с ЧПУ

наружной торцевой поверхности (рис. 170, e) и др. На станках также предусмотрена правка круга по УП.

Круглошлифовальный полуавтомат 3М151Ф2 с ЧПУ. Станок служит для шлифования гладких и прерывистых поверхностей ступенчатых валов. Применяются в условиях мелко и среднесерийного производства. Станок обеспечивает выполнение в автоматическом режиме продольного, врезного и строчного шлифования с последующей зачисткой продольным шлифованием, а также шлифование буртиков. В процессе обработки осуществляется активный контроль диаметральных размеров валов. Класс точности станка П, он обеспечивает точность диаметральных размеров по 6-му качеству. Станок можно встраивать в автоматизированные участки, управляемые от ЭВМ.

Техническая характеристика станка. Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки: диаметр 200 мм, длина 700 мм, диаметр заготовки, обрабатываемой с активным контролем, 0—85 мм, частоты вращения заготовки 50—500 мин⁻¹ (регулируется бесступенчато), скорость шлифовального круга не более 50 м/с, рабочие подачи шлифовальной бабки для предварительной обработки 0,2—0,12 мм/мин, окончательной 0,1—0,6 мм/мин, доводочные 0,02—0,12 мм/мин, скорость быстрого подвода шлифовальной бабки 1700—930 мм/мин, скорость перемещения стола 0,05—5 м/мин (число ступеней 10), габаритные размеры станка 4950 х 2400 х 2170 мм.

УЧПУ — специализированное для шлифовальных станков. Ввод УП — посредством декадных переключателей. Размеры в УП задаются в абсолютных значениях. По УП можно шлифовать восемь ступеней заготовки. Число программируемых координат — 2. Работа выполня-

ется последовательно по каждой координате. Станок оснащен двумя измерительными устройствами и соответствующими им корректирующими системами: для определения отклонения размеров заготовки и круга. Контроль диаметрального износа круга (координата X) выполняется и корректируется косвенным путем при измерении заготовки в процессе обработки прибором активного контроля. Контроль базового торца заготовки (координата Z) осуществляется прибором осевой ориентации. Этот контроль нужен для привязки заготовки к координатной системе станка (например, в случае измерения глубины торцевых отверстий). Прибор имеет щуп, в момент касания которого заготовки производится коррекция «нуля» датчика положения стола станка. Дискретность перемещения по координатам: $X - 0,001$ мм, $Y - 0,01$ мм. УЧПУ имеет цифровую индикацию.

Основные механизмы и движения в станке. Жесткая станина A станка (рис. 171, a) имеет направляющие, по которым совершает возвратно-поступательные перемещения стол $Ж$, несущий верхний поворотный стол, который можно поворачивать на угол. Заготовку устанавливают в центрах передней B и задней E бабок. Она получает движение круговой подачи. По поперечным направляющим станины перемещается шлифовальная бабка B , на корпусе которой смонтирован механизм поперечных подач D . Шлифовальный шпиндель кроме вращательного движения имеет осевое перемещение в автоматическом режиме. Вспомогательные движения: ввод и вывод в зону обработки измерительных приборов, ручные перемещения стола и шлифовальной бабки, подвод-отвод пиноли задней бабки, перемещение следящего упора, продольное перемещение и подача на круг алмазного инструмента при правке, которая выполняется прибором B . Станок оснащен устройством для балансировки круга.

Кинематика станка. Главное движение шпиндель $VIII$ шлифовального круга получает от асинхронного электродвигателя $M1$ через клиноременную передачу. Шпиндель смонтирован на гидростатических подшипниках.

Осевое перемещение шпинделя осуществляется гидравлически. Масло поступает в цилиндр $Ц5$ и перемещает поршень-рейку, которая поворачивает реечное колесо $Z = 17$, вал XIV и кулачок 4 . Последний через плунжер 5 и систему рычагов 6 перемещает шпиндель $VIII$. После контакта круга с торцом заготовки форсированная подача прекращается и происходит шлифование торца. Шпиндель возвращается в исходное положение пружиной.

Перемещение стола выполняет гидроцилиндр $Ц1$ или механизм ручного перемещения от маховичка 9 через передачи $Z = 14/62$, $Z = 12/48$ и реечную передачу. При перемещении стола от гидропривода механизм ручного перемещения автоматически выключается. Гидроцилиндр $Ц2$ выводит из зацепления вал-колесо $Z = 14$.

Вращение заготовки осуществляет от электродвигателя постоянно-

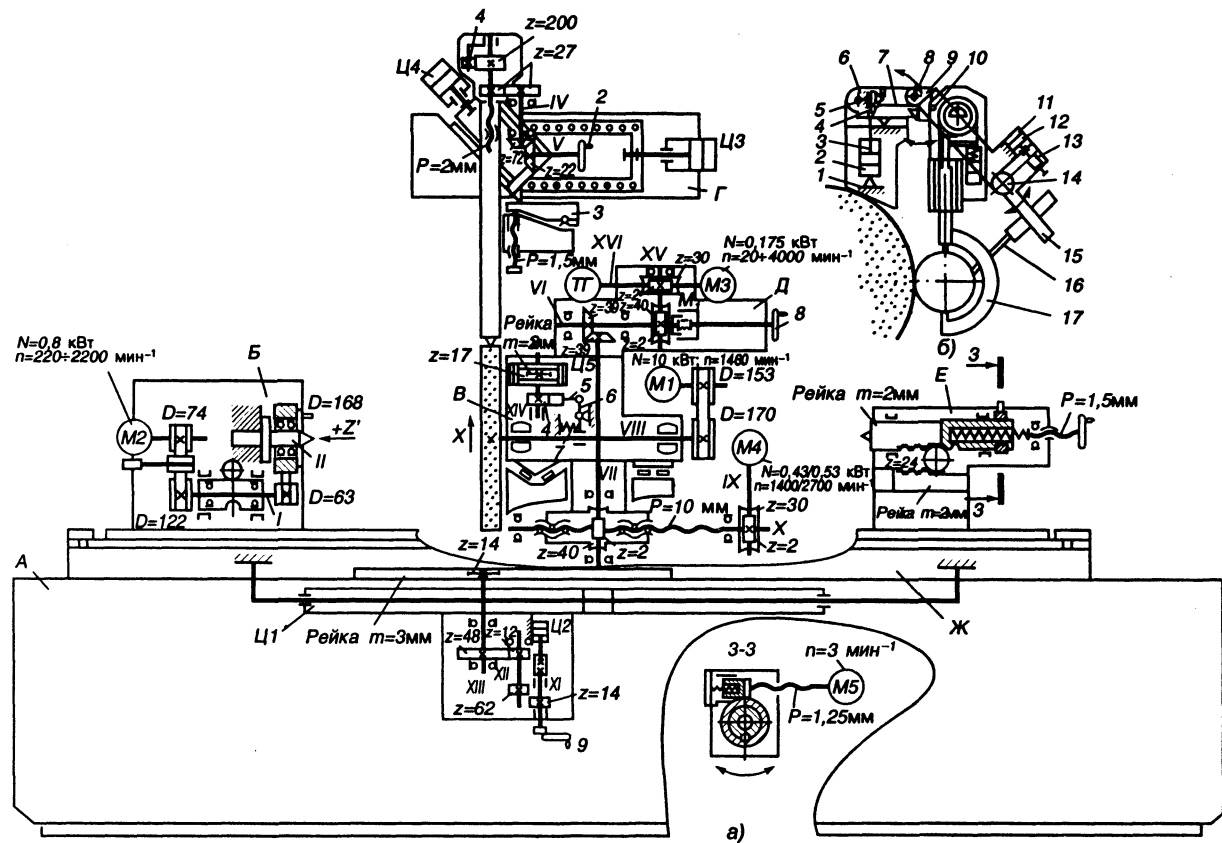


Рис. 171. Круглошлифовальный станок 3М151Ф2 с ЦПУ:

a — кинематическая схема, *б* — механизм ввода измерительной скобы и прибора осевой ориентации

го тока $M2$ через две клиноременные передачи. Шпиндель II неподвижен, вращение заготовки передается поводком планшайбы.

Механизм поперечных подач обеспечивает ускоренную подачу, которая снижается в ходе цикла в 2 раза, рабочую подачу и установочную ручное перемещение шлифовальной бабки. Установочный подвод осуществляется маховичком δ через конические колеса $Z = 39/39$, червячную пару $Z = 2/20$ и пару винт-гайка качения X ($p = 10$ мм). Ускоренное перемещение шлифовальной бабки выполняется от двухскоростного асинхронного двигателя $M4$ через червячную передачу $Z = 2/30$ и пару винт-гайка качения X .

Автоматическая рабочая подача шлифовальной бабки происходит от регулируемого электродвигателя постоянного тока $M3$ (типа СЛ-569) через червячные пары $Z = 2/30$ и $Z = 2/40$ при включенной электромагнитной муфте M_1 и затем через передачи $Z = 39-39$, $Z = 2-40$. Частота вращения вала электродвигателя $M3$ контролируется тахогенератором $ТГ$ (типа СЛ161, $N = 0,009$ кВт, $n = 20...4000$ мин⁻¹).

При врезном шлифовании замедление подачи от форсированной до доводочной осуществляется за счет изменения частоты вращения электродвигателя, которая регулируется управляющими сигналами измерительных устройств. Величина рабочей поперечной подачи $S_n = \pi n (2/30) \times (2/40) \times (39/39) \times (2/40) \times 10$. Периодическая поперечная подача возможна при периодическом включении муфты M_1 .

Задняя бабка. Осевой отвод пиноли задней бабки осуществляется гидравлически при перемещении поршня рейки ($m = 2$ мм) и вручную поворотом вала колеса $Z = 24$. Заготовка зажимается в центрах пружинной. Бабка оснащена механизмом вывода конусообразности на обрабатываемой заготовке. Конусное отверстие под центр расточено эксцентрично относительно наружного диаметра пиноли (см. разрез 3 — 3). Поэтому при включении электродвигателя $M5$ возможна подача заготовки поворотом пиноли. Центр задней бабки при этом может перемещаться на 0,05 мм. Шлифование шейки заготовки у передней бабки происходит после предварительной установки оси центров. Когда размер этой шейки получен, шлифуют шейку, расположенную у задней бабки. Диаметральный размер шейки контролируется датчиком положения шлифовальной бабки. Последняя в определенный момент останавливается и начинается подача от механизма вывода конусообразности.

Правка шлифовального круга. Алмазный инструмент, установленный в пиноли механизма правки, подается на шлифовальный круг автоматически гидросистемой или вручную вращением маховичка 2 , расположенного на валу V , через зубчатые пары $Z = 2/72$, $Z = 27/7$ и ходовой винт III . При автоматической правке плунжер (на рис. 171 не показан) посредством собачки поворачивает храповое колесо $Z = 200$, установленное на винте III . Угол поворота регулируется упором. Продольное перемещение устройства правки происходит от гидроци-

линдра ЦЗ. На каретке под углом 45° перемещается от гидроцилиндра Ц4 корпус, опирающийся щупом на прямолинейный копир З. Копир обеспечивает правку за один или два рабочих хода. Тонкую регулировку положения выполняют винтом ($p = 1,5$ мм).

Механизмы вода измерительной скобы и прибора осевой ориентации (рис. 171, б). В колонне 1 шарниро смонтирован цилиндр 2 (на рис. 171, б не показан). На штоке 10 установлена измерительная скоба 17. Шток перемещается вдоль оси круга и имеет два крайних положения. Вывод скобы из зоны обработки осуществляется подачей масла в нижнюю полость цилиндра 2. Шток 3, действуя на шайбу 7, через рычаг 4 поворачивает корпус 6 скобы на оси 8. Таким образом скоба выведена из зоны измерения. При дальнейшем перемещении штока 3 скоба и установленный на кронштейне 9 механизм ввода прибора осевой ориентации поворачиваются вокруг оси 5 и движутся вверх. Ввод измерительной скобы осуществляется при перемещении поршня вниз.

Прибор осевой ориентации 16 закреплен клеммным зажимом на кронштейне 15, который может совершать качательное движение на валу 14 от поршня 12 гидроцилиндра 11. При вводе прибора масло поступает в бесштоковую полость цилиндра 11, при выводе — в штоковую. При отсутствии давления в штоковой полости срабатывает пружина 13. Конечные положения поршня фиксируются микропереключателями.

Цикл работы станка. 1. Включают электродвигатели гидравлической системы, насосов смазывания и машинного оператора, а затем привода шлифовального круга. 2. Поднимается измерительная скоба, подводится пиноль задней бабки, заготовка зажимается в центрах. 3. На панели пульта программного управления нажимают кнопку «Автомат», при этом: а) шлифовальная бабка перемещается в крайнее заднее положение, контролируемое конечным выключателем; б) стол занимает положение, соответствующее координате торца первой шлифуемой ступени без учета коррекции на зацентровку; в) подводится измерительная скоба и устройство осевой ориентации, щуп последнего упирается в заготовку, включается движение стола вправо до касания с базовым торцом заготовки щупа; г) производится совмещение начала отсчета системы по установленной заготовке; д) убирается щуп прибора осевой фиксации. 4. Шлифовальная бабка начинает перемещаться вперед на ускоренной подаче (1700 мм/мин) до тех пор, пока датчик положения шлифовальной бабки не войдет в зацепление со следящим упором и выдаст команду на замедление в два раза скорости перемещения. Включается вращение заготовки и подача СОЖ. 5. При дальнейшем перемещении шлифовальной бабки за 2—3 мм до заданного размера скорость перемещения замедляется до величины форсированной подачи (6 мм/мин). 6. Скорость перемещения шлифовальной бабки переключается с форсированной на предварительную по команде реле касания круга с заготовкой, либо по команде от датчика положения

шлифовальной бабки, если припуск на обработку меньше 0,2 мм. 7. Скорость перемещения шлифовальной бабки переключается с предварительной на окончательную по команде датчика положения шлифовальной бабки. При переключении на окончательную скорость губки измерительной скобы смыкаются на заготовке и последующие команды переход на доводочную скорость и окончание работы дает скоба. Применять последнюю при обработке прерывистых поверхностей нельзя. Поэтому окончательная обработка выполняется по команде датчика положения шлифовальной бабки. 8. После шлифования первой ступени стол перемещается для установки следующей запрограммированной ступени напротив круга, шлифуется очередная ступень заготовки. После окончания обработки последней ступени заготовки шлифовальная бабка перемещается в заднее крайнее положение и отводится измерительный прибор.

Автоматическая правка круга включается при шлифовании ступеней заготовки, где предусмотрена компенсация износа круга (радиальная коррекция). Коррекция осуществляется в момент обработки ступени, контроль диаметра которой выполняется измерительной скобой. Поэтому первой необходимо шлифовать ту ступень заготовки, контроль которой может осуществляться скобой.

Гидросистема станка осуществляет: продольное реверсивное перемещение стола с девятью фиксированными скоростями, продольное перемещение измерительной скобы, развод ее губок, подвод и отвод шупа механизма осевой ориентации, ввод и вывод измерительных приборов, отвод пиноли задней бабки, управление прибором правки шлифовального круга, перемещение шпинделя шлифовальной бабки, отключение механизма ручного перемещения стола, смазывание подшипников шпинделя шлифовальной бабки и направляющих.

Плоскошлифовальный станок 3E711BF3-1 с ЧПУ профилирования круга. Станок служит для шлифования заготовок различных профилей методом врезания, а также плоских поверхностей периферией или торцом шлифовального круга. Применяется в условиях единичного и мелкосерийного производства. Правка шлифовального круга автоматическая от УЧПУ. Переход с предварительного на чистовое шлифование автоматический, обеспечивается датчиками. Класс точности станка В. Достижимая точность обработанной поверхности: отклонение от плоскости 4 мкм, параллельности 2 мкм, шероховатость $Ra = 0,16$ мкм.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности стола 400 x 200 мм, наибольшая скорость резания 35 м/с, скорость продольного перемещения стола 2—35 м/мин, скорость вертикального перемещения шлифовальной головки (бесступенчатое регулирование) 0,015—1,5 м/мин, автоматическая вертикальная подача 0,002—0,01 мм; ступенчатая в диапазоне 0—0,01 мм через 0,002 мм; в диапазоне 0—0,1 мм через 0,02 мм; автоматическая поперечная подача (бесступенчатое

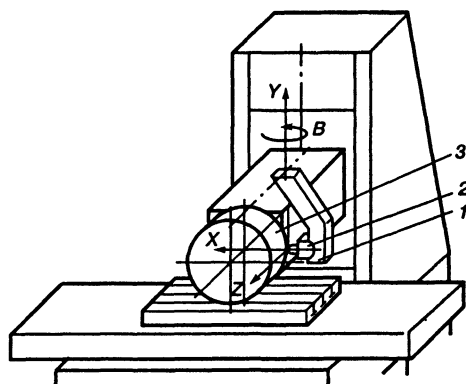


Рис. 172. Механизм правки станка ЗЕ711ВФ3—1 с ЧПУ

регулирование) 0,0016—0,1 м/мин, габаритные размеры станка 3030 x 2360 x 2080 мм.

Основные механизмы и движения в станке аналогичны базовому станку ЗЕ711В.

Механизм правки 1 с ЧПУ (рис. 172) смонтирован на шлифовальной головке 3. Правка шлифовального круга выполняется автоматически резцом 2 с алмазной вставкой по профилю, который соответствует профилю заготовки, подлежащей обработке. Резцу от УЧПУ сообщаются через приводы подач перемещения по координатам X в продольном и Y в поперечном направлениях. Резец может также поворачиваться вокруг оси Y (координата B) в пределах 30° . УЧПУ типа Н33-1М. Число управляемых координат (из них управляемых одновременно) — 3/3, программноситель — восьмидорожечная перфолента.

Механизм правки обеспечивает скорость рабочей подачи по координатам X и Z 0,24—300 мм/мин, скорость установочного перемещения по этим координатам 2—600 мм/мин, скорость рабочей подачи по координате B 12000 град/мин, дискретность перемещений по X и Z 0,000125 мм/мин, по B 0,025 град/мин.

Механизм правки обеспечивает скорость рабочей подачи по координатам X и Z 0,24—300 мм/мин, скорость установочного перемещения по этим координатам 2—600 мм/мин, скорость рабочей подачи по координате B 12000 град/мин, дискретность перемещений по X и Z 0,000125 мм/мин, по B 0,025 град/мин.

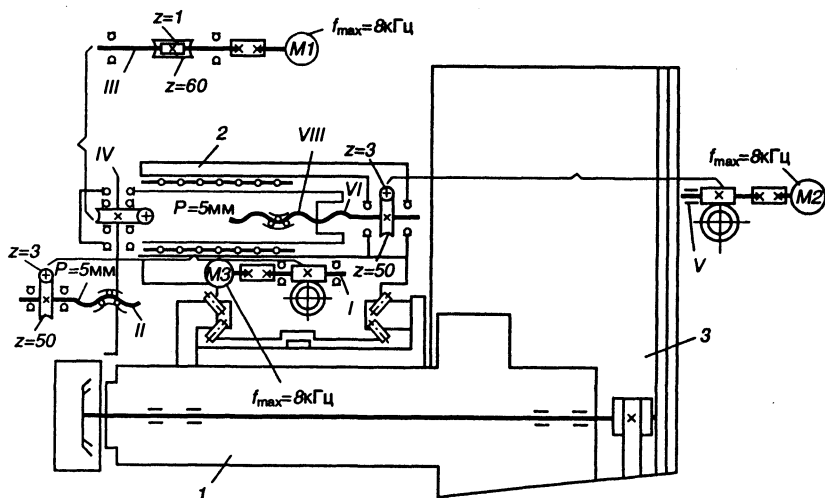


Рис. 173. Кинематическая схема станка ЗЕ711ВФ3—1

Ориентировочные режимы при предварительной правке: глубина $t = 0,02$ мм, контурная скорость $V = 60$ мм/мин, при окончательной $t = 0,005$ мм, $V = 40$ мм/мин. Станок оснащен устройством для ориентировочного контроля правки. Для этого в механизм вместо резца устанавливают графитовый карандаш, который описывает заданный УП профиль на бумаге.

Привод (рис. 173) осуществляется от шаговых двигателей $M2$ и $M3$ (типа ШД-5Д1М) через червячные редукторы и пары винт-гайки качения УШ и П (типа $p = 5$ мм). Поворот вокруг вертикальной оси осуществляется от шагового двигателя $M1$ (типа ШД-5Д1М) через червячный редуктор $Z = 1/60$. Подвижные продольные и поперечные Z винты, установленные на шлифовальной головке Z , смонтированы на роликовых направляющих с предварительным натягом. Все узлы смонтированы на станине I .

3.12. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Зубообрабатывающие станки предназначены для нарезания и отделки зубьев колес различных передач. По виду обработки и инструмента различают следующие зубообрабатывающие станки: зубофрезерные, зубострогальные, зубопротяжные, зубошлифовальные и др. По назначению станки бывают: для обработки цилиндрических колес с прямыми и косыми зубьями, червячных колес, шевронных колес, зубчатых реек, конических прямозубых колес, с криволинейными зубьями. По степени шероховатости обработанной поверхности выделяют станки: для предварительного нарезания зубьев, для чистовой обработки, для отделочной обработки поверхности зубьев.

Существуют два метода нарезания зубчатых колес, метод обката и метод следа (копирования). При методе копирования используется инструмент, режущая кромка которого совпадает по форме с профилем впадины зубчатого венца. Модульная фреза 1 (дисковая см. рис. 174, *a* или пальцевая на рис. 174, *б*) перемещается вдоль впадины цилиндрического колеса 2 , в каждый момент времени оставляя отпечаток своей формы. После обработки одной впадины заготовку поворачивают на окружной шаг (движение деления) и обрабатывают следующую впадину.

Данный метод имеет свои недостатки: профиль зуба зависит от модуля и числа зубьев колеса. Для точной обработки каждого колеса нужна своя фреза. Поэтому необходим большой набор сложных фрез. Практически ограничиваются набором из 8 или 15 фрез для каждого модуля. При этом одной фрезой нарезают колеса с различным числом зубьев (в некотором интервале). Наименьшее из колес интервала получается с правильным профилем, другие — не точно. Достоинство метода копирования — простота оборудования. Обработку можно ве-

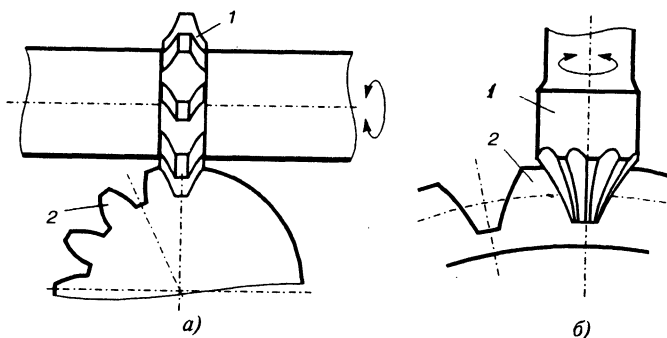


Рис. 174. Схема нарезания зубчатых колес фрезой методом копирования:
a — дисковой, *б* — пальцевой

сти на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках с использованием делительной головки. Метод копирования мало производительен.

Метод копирования используется в единичном производстве, чаще при ремонтных работах. Специальные зубодолбежные станки с режцовой головкой обеспечивают очень высокую производительность, их применяют в массовом производстве.

Наиболее распространен метод обката. В этом случае режущий инструмент и заготовка обкатываются подобно звеньям зубчатой передачи.

В зубодолбежном станке долбяк *1* (рис. 175, *a*) и заготовка *2* воспроизводят зацепление цилиндрических колес. Если бы заготовка была достаточно пластичной, в ней можно было выдавливать впадины, прокатив по окружности твердое колесо (инструмент). В станке движение обката (согласованное движение долбяка и заготовки) является сложным формообразующим движением. Оно служит для создания формы зуба в поперечном сечении эвольвенты. Чтобы удалить материал из впадины обрабатываемого колеса, на торце долбяка по всему контуру создают режущие кромки, а долбяку сообщают возвратно-поступательное движение, которое является также формообразующим движением и служит для получения формы зуба по длине. Долбяком можно нарезать зубчатую рейку. Для этого движение, образующее профиль зуба, должно состоять из вращения долбяка и согласованного с ним прямолинейного движения рейки. Можно режущей рейкой *2* (гребенкой) нарезать цилиндрическое колесо *1* (рис. 175, *б*).

В зубофрезерном станке инструмент и заготовка образуют пару, подобно червячной передаче. Если провести секущую плоскость через ось червяка перпендикулярно оси червячного колеса, то в сечении червяка получается профиль зубчатой рейки. При вращении червяка

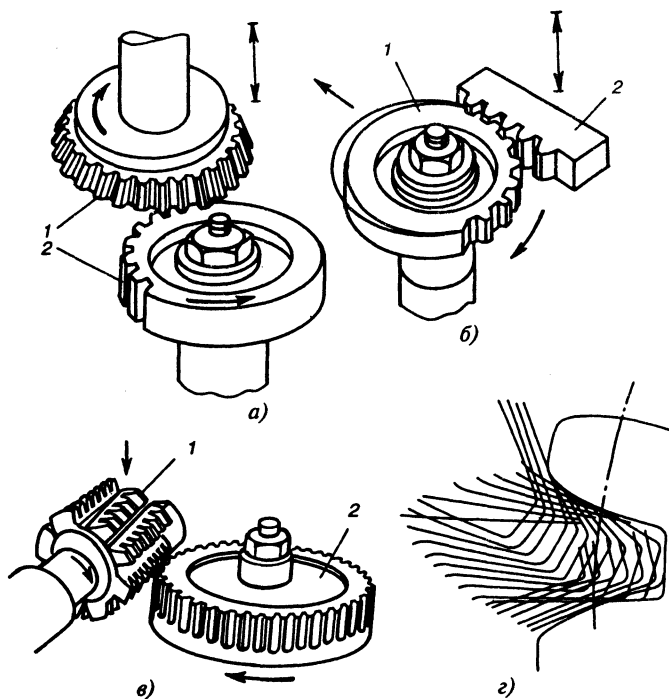


Рис. 175. Схема нарезания зубчатых колес методом обката:

а — долбяком, *б* — гребенкой, *в* — червячной фрезой, *г* — профилирования зубчатого венца зубом червячной фрезы

эта рейка сдвигается вдоль его оси, обкатываясь с зубьями колеса. Такой же обкат имеет место в зубофрезерном станке, где червячная фреза *1* (рис. 175, *в*) вращается с заготовкой *2* (сложное формообразующее движение).

Профилирование одной впадины зубчатого венца показано на рис. 175, *г*.

При обработке червячного колеса достаточно углубиться фрезой на полную высоту зуба, чтобы получилась его форма по длине. При нарезании цилиндрического колеса необходимо еще формообразующее движение вдоль зуба. Если зуб зубчатого колеса прямой, то это движение простое. У косозубого колеса зуб винтовой, поэтому для его образования требуется сложное движение, состоящее из перемещения червячной фрезы вдоль оси колеса и доворота самого колеса. При нарезании конических колес заготовка обкатывается с воображаемым плоским производящим колесом. Метод обката отличается высокой производительностью и точностью. Преимущество метода обката — универсальность режущего инструмента: при одном модуле одним

инструментом теоретически можно нарезать колеса с разным числом зубьев.

Зубофрезерный автомат 5М32. Станок предназначен для фрезерования зубьев цилиндрических, прямозубых и косозубых колес, а также червячных колес в условиях единичного и серийного производства. Червячные колеса можно нарезать методом радиальной и тангенциальной подачи.

Технические характеристики станка. Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических колес 800 мм; наибольший нарезаемый модуль — 10 мм; пределы частот вращения фрезы 50—315 мин⁻¹; пределы подачи: вертикальной 0,8—5,0 мм/об; радиальной 0,15—1 мм/об; осевой 0,17—3,1 мм/об.

Цикл работы станка автоматизирован: быстрый подвод инструмента к заготовке, зубонарезание, быстрый отвод инструмента в исходное положение и остановка станка. Цилиндрические колеса можно обрабатывать методом попутного (вертикальная подача снизу вверх) и встречного (вертикальная подача сверху вниз) фрезерования. При попутном фрезеровании возможно применение более высоких скоростей резания.

Станок состоит из следующих основных узлов: на станине *A* (рис. 176) закреплена суппортная стойка *B*, по которой перемещается фрезерный суппорт *Г*. Стол *Е* движется по горизонтальным направляющим станины. Контрподдержка *Д* поддерживает верхний конец оправки с установленными на ней заготовками.

В станине расположена коробка скоростей *Ж*, а в суппортной стойке коробка подач *Б*.

Обработка заготовок на станке осуществляется при наличии следующих движений в станке: главное движение — вращение фрезы; движения подачи: а) вертикальная — суппорта *Г*; б) радиальная — стола *Е*; в) осевое перемещение ползушки суппорта *Г*; движение обкатки и деления — согласованное вращение фрезы и детали; вспомогательное движение; ускоренное перемещение суппорта и стола, перемещение фрезы для более полного использования ее витков.

1. Настройка станка на нарезание прямозубых цилиндрических колес. Фрезу устанавливают наклонно под углом γ к горизонтали, равным углу подъема витков червячной фрезы α (рис. 177, а), т. е. $\gamma = \alpha$. В станке должны быть настроены кинематические цепи главного движения, обкатки и деления, вертикальной подачи.

Главное движение станка (см. рис. 176) осуществляется от электродвигателя *М1* ($N = 7,5$ кВт, $n = 1460$ мин⁻¹) через зубчатую пару (26/63), коробку скоростей с электромагнитными муфтами, вал *IV*, конические пары (29/29), (29/29), (29/29), цилиндрическую передачу (20/80). Переключением муфт *М1*, *М2*, *М3*, *М4*, *М5*, *М6* обеспечивается девять значений частоты вращения фрезы в пределах 50—315 мин⁻¹

Уравнения кинематического баланса для минимальной частоты вращения $n_{\phi} = 1460 \times (26/63) \times (45/57) \times (32/81) \times (29/29) \times (29/29) \times (29/29) \times 1 \times (20/80) = 50 \text{ мин}^{-1}$.

Частоту вращения фрезы можно рассчитать по формуле $n_{\phi p} = 1000 V / \pi d_{\phi}$, где V — скорость резания, м/мин; d_{ϕ} — диаметр фрезы, мм.

Движение обкатки и деления связывает вращение фрезы и заготовки. Эта кинематическая цепь имеет следующий вид: червячная фреза, зубчатые пары $Z - (80/20), (29/29), (27/27)$, дифференциал, зубчатые передачи, $Z - (58/58), e - f$, гитара сменных колес $a - b, c - d$, зубчатые пары $Z - (33/33), (35/35)$, делительная червячная пара $Z - (1/96)$. При работе правозаходной фрезы движение с вала $XIII$ передается на вал XV , минуя зубчатую передачу $Z - (58/58)$.

Цепь деления и обкатки настраивается исходя из условия: за один оборот K -заходной фрезы заготовка должна совершить K/Z оборотов, где Z — число зубьев нарезаемого колеса: $1 \times (80/20) \times (29/29) \times (29/29) \times (27/27) \times (i_{\text{диф}}) \times (58/58) \times (e/f) \times (a/b) \times (c/d) \times (33/33) \times (35/35) \times (1/96) = (K/Z)$, откуда $(a/b) \times (c/d) = (24Kf)/(Zi_{\text{диф}})$. При нарезании прямозубых колес дифференциал работает как обычная зубчатая передача, поэтому передаточное отношение $i_{\text{диф}} = 1$. Зубчатые колеса e и f служат для расширения диапазона регулирования сменных колес гитары деления. Их подбирают следующим образом: при $Z < 161$ $(e/f) - (54/54)$, при $Z > 161$ $(e/f) - (36/72)$.

Формула для настройки гитары деления при $Z < 161$ $(a/b) \times (c/d) = 24K/Z$, при $Z > 161$ $(a/b) \times (c/d) = 48K/Z$.

К станку прилагается следующий набор сменных колес для гитары деления и дифференциала: 23, 24, 25 (2 шт.), 30, 33, 34, 35, 37, 40, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 87, 89, 90, 92, 98, 100.

Вертикальная подача осуществляется по следующей кинематической цепи: стол, червячная пара $(96/1)$, зубчатые передачи $(35/35), (33/33)$, вал $XVII$, червячная пара $(2/26)$, коробка подач с электромагнитными муфтами передач $(45/45)$, вал $XXIII$, при включенной муфте M_{16} , передачи $(50/45), (45/45)$, червячная пара $(1/24)$, ходовой винт XXV с шагом $P = 10$ мм. Переключение электромагнитных муфт $M_7 - M_{12}$ обеспечивает девять значений подач в пределах $0,8 - 5,0$ об/мин стола. Реверс подачи осуществляется для цепи вертикальной подачи: за один оборот стола с заготовкой фреза должна переместиться на величину вертикальной подачи S_b . Уравнение кинематической цепи $1 \times (96/1) \times (35/35) \times (33/33) \times (2/26) \times (40/56) \times (i_{\text{к.п.}}) \times (45/55) \times (50/45) \times (45/45) \times (1/24) \times 10 = S_b$, откуда $S_b = 2i_{\text{к.п.}}$, где $i_{\text{к.п.}}$ — передаточное отношение коробки подач.

Ускоренные вертикальные перемещения фрезы осуществляются от электродвигателя $M2$ ($N = 3$ кВт, $n = 1430 \text{ мин}^{-1}$), через цепную пере-

дачу (20/24) по следующей кинематической цепи: $1430 \times (20/24) \times x(45/55) \times (50/45) \times (45/45) \times (1/24) \times 10 = 450 \text{ мм/мин}$.

2. Настройка станка на нарезание цилиндрического колеса с винтовым зубом. Фрезу устанавливают под углом $\gamma = \beta \pm \alpha^\circ$, где β° — угол наклона зубьев нарезаемого колеса к оси, а α° — угол подъема винтовой линии фрезы. Знак плюс ставят при разноименных направлениях.

Кинематические цепи главного движения, обкатки и деления, вертикальной подачи настраивают так же, как и при нарезании прямозубых цилиндрических колес, но заготовке, кроме вращательного движения обката сообщают еще и дополнительное вращение из-за наклона зуба. Кинематическая цепь, обеспечивающая траекторию винтового движения, называется цепью дифференциала. Она идет (рис. 176) от винта XXV через гитару дифференциала $a_1 - b_1, c_1 - d_1$, коническую передачу (27/27), вал XXIX, червячную передачу (1/45), дифференциал, вал XIII, передачу (58/58), колеса $e - f$, гитару деления, зубчатые пары (33/33) x (35/35), делительную червячную пару (1/96). Уравнение кинематической цепи дифференциала составим из условия, что при перемещении фрезы на величину шага винтовой линии $P_{в.л.}$ заготовка делает один оборот: $(P_{в.л.}/10) \times (24/1) \times (3/22) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times x(1/45) \times (i_{диф}) \times (58/58) \times (e/f) \times (a/b) \times (c/d) \times (33/33) \times (35/35) \times (1/96) = 1 \text{ об. заготовки}$.

Для данного случая $i_{диф} = 2$, червячное колесо $Z = 45$ вращает водило, передаточное отношение колес $e/f = 1$, передаточное отношение гитары деления $(a \times b) \times (c \times d) = (24k/f)$, шаг винтовой линии $P_{в.л.} = (m \times n_n Z) / (\sin \beta)$.

В результате получим передаточное отношение колес гитары дифференциала $(a_1/b_1) \times (c_1/d_1) = (7,95775 \times \sin \beta) m_n k$.

Дифференциальная цепь настраивается и при нарезании прямозубых колес с простым числом зубьев, для которых нет сменных колес в прилагаемом к станку наборе. Для этого на входной и выходной валы коробки подач устанавливают специальные колеса, а электромагнитные муфты коробки подач отключают.

3. Настройки на нарезание червячных колес методом радиальной подачи. Ось фрезы устанавливают горизонтально (рис. 177, в). Червячная фреза должна иметь параметры, соответствующие червяку, с которым будет работать в паре нарезаемое червячное колесо. Для нарезания червячного колеса нужны следующие движения: вращение фрезы, движение обката и деления, движение радиальной подачи. Настройка цепей главного движения и обкатки аналогична настройке при нарезании цилиндрических колес.

Цепь радиальной подачи связывает вращение заготовки с ходовым винтом XXXIV. За один оборот заготовки стол должен переместиться на величину радиальной подачи S_p .

Уравнение кинематического баланса цепи радиальной подачи: $1 \times x(96/1) \times (35/35) \times (33/33) \times (2/26) \times (40/56) \times (i_{к.п.}) \times (45/55) \times (45/50) \times x(34/61) \times (1/36) \times 10 = S_p$, откуда $S_p = 0,6 i_{к.п.}$

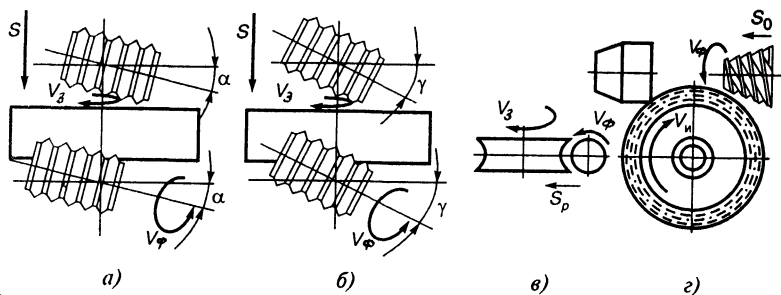


Рис. 177. Схема нарезания зубьев червячной фрезой

Муфта M_{15} включает радиальную подачу. Переключение муфт $M_7 - M_{12}$ обеспечивает девять значений радиальных подач в пределах 0,15—1,5 мм/об. Муфта M_{17} тормозная. При врезании стол доводится до жесткого упора, что обеспечивает стабильный размер детали. Ускоренное перемещение стола происходит от электродвигателя M_2 через подачи (20/24), (45/45), вал $XXIII$, передачи (45/45), (34/61), (1/36).

4. Настройка станка на нарезание червячных колес методом осевой подачи. Этим методом, в основном, нарезают червячные колеса для многозаходных червяков, профиль нарезаемых зубьев имеет более высокую точность, чем при методе радиальной подачи. При нарезании колес методом осевой подачи в станке необходимы следующие движения (рис. 177, з); вращение специальной червячной фрезы, обкаточное движение фрезы и заготовки, осевая подача фрезы S_0 , добавочное вращение заготовки, вызванное осевой подачей фрезы. Настройка цепей главного движения, обкатки и деления при этом методе аналогичны настройке при нарезании цилиндрических колес. Такая подача фрезы обеспечивается перемещением ползушки и встроенным в нее фрезерным шпинделем. Цепь (рис. 176) подач от заготовки до вала $XXIV$ одинакова с цепью вертикальной подачи. С вала $XXIV$ вращение передается через зубчатую пару (33 x 22), трехступенчатый блок $B1$, реверсивный блок $B2$, передачи (40/70) (70/40), (2/36), (68/40) (4/25) на ходовой винт XI осевой подачи с шагом $P = 8$ мм. Составим уравнение кинематического баланса цепи осевой подачи, учитывая, что за один оборот заготовки фреза в осевом направлении переместится на величину осевой подачи: $1 \times (9/1) \times (25/25) \times (22/22) \times (2/28) \times (40/56) \times (i_{к.п.}) \times (45/53) \times (23/22) \times (i_1) \times (32/40) \times (40/70) \times (70/40) \times (2/26) \times (68/40) \times (4/25) \times 8 = S_0$.

Отсюда, $S_0 = 0,89i_{к.п.} \times i_1$, где i_1 — передаточное отношение блока $B1$, который вместе с коробкой передач обеспечивает получение 27 значений осевых подач в пределах 0,7—2,1 мм/об. Быстрые перемещения шпинделя фрезы вдоль оси осуществляются от электродвигателя M_2

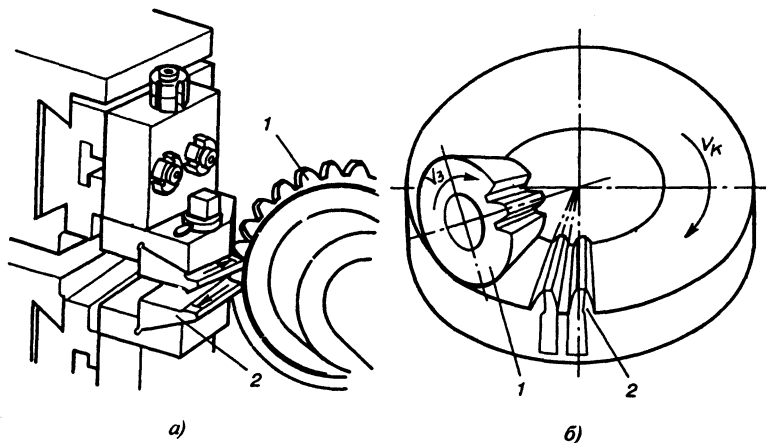


Рис. 178. Нарезание зубчатых колес на зубострогальном станке:

а — рабочая зона зубострогального станка, *б* — схема обкатки заготовки конического колеса с плоским производящим колесом

быстрых перемещений. Цепь дифференциала (или добавочное вращение заготовки). Червячная фреза получает осевое перемещение. Так как фрезу можно рассматривать как рейку, при перемещении фрезьрейки на один осевой шаг P_0 зацепленная с ней заготовка, выполняющая роль реечного колеса, должна повернуться на $1/2$ оборота. Однако заготовка уже имеет обраточное движение, поэтому для суммирования этих двух движений служит дифференциал. Учитывая, что рассматриваемая цепь связывает винт осевой подачи XI с заготовкой, запишем уравнение кинематического баланса $(P_0/8) \times (25/4) \times (40/68) \times (38/2) \times (40/70) \times (70/40) \times (40/32) \times (i_{диф}/i_1) \times (22/33) \times (33/22) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (27/27) \times (1/45) \times (i_{к.п.}) \times (58/58) \times (e/f) \times (a/b) \times (c/d) \times (33/33) \times (35/35) \times (1/96) = 1/2$ об. заг.

Имея в виду, что $P_0 = \pi m_x$, где m_x — модуль червячной фрезы в осевом сечении; i_1 — передаточное отношение блока $B1$; $i_{диф} = 2$; $(e/f) = (54/54)$; $(a/b) \times (c/d) = 24k/Z$, получим $(a_1/b_1) \times (c_1/d_1) = (2,77056 \times (i_1) / (m_x k))$.

При отсутствии специальной червячной фрезы можно воспользоваться методом обкатки, применив «летучий» резец, т. е. оправку с резцом, представляющим собой один зуб фрезы.

Зубострогальные станки предназначены для нарезания прямых зубьев конических колес.

Принцип образования зубьев при нарезании конических зубчатых колес на зубострогальных станках состоит в следующем: прямолинейные образующие зуба колеса I (рис. 178, *а*) получаются благодаря главному движению — возвратно-поступательному перемещению па-

ры резцов 2. Форма зуба в поперечном сечении образуется на одних станках по методу копирования формы шаблонов, на других — по методу обката.

При методе обката можно мысленно представить, что заготовка 1 (рис. 178, б) взаимодействует с плоским производящим колесом 2. У этого теоретического колеса угол начального конуса равен 90° . Оно является предельной разновидностью конического колеса, подобно тому, как форма рейки является предельной формой для цилиндрического зубчатого колеса при радиусе $R \rightarrow \infty$. Плоское колесо — это кольцевая рейка.

При вращении заготовка может перекачиваться по неподвижному плоскому колесу, тогда ее ось должна вращаться в пространстве вокруг оси плоского колеса. При анализе конструкции станка удобнее представлять, что при вращении заготовки согласованно с ней поворачивается плоское колесо, а оси неподвижны.

На станке плоского колеса нет, но есть узел — люлька, ось поворота которой являются осью плоского колеса. На люльке расположены суппорты с резцами. Прямолинейные режущие кромки резцов являются линиями профиля зуба плоского колеса. При поступательном движении кромки описывают в пространстве плоскости, боковые поверхности зубьев плоского колеса. Вращение заготовки и поворот люльки составляют сложное формообразующее движение обката.

Зубострогальный станок 5A250. Прямозубые конические зубчатые колеса нарезают методами копирования и обката. Метод копирования применяют для черного нарезания зубьев на универсально-фрезерных станках специальными дисковыми фрезами. В современных станках используют метод обката. Зубострогальный станок 5A250 работает по методу обката и предназначен для черного и чистового нарезания прямозубых и конических колес в условиях серийного и массового производства. С помощью специальной накладной головки можно нарезать и дуговые зубья.

Технические характеристики станка. Наибольший диаметр нарезаемых зубчатых колес — 500 мм; число зубьев нарезаемых колес — 10—100; пределы торцевых модулей нарезаемых колес 1,5—8 мм; числа двойных ходов ползунов-резцов — 73—470; продолжительность нарезания одного зуба — 8—123 с.

Принцип работы станка состоит в следующем: на станине А (рис. 179, а) смонтирована обкатная люлька В с закрепленными на ней в ползунах 1 резцами 2 (рис. 179, б). По направляющим станины 3 может перемещаться стол Г (рис. 179, а), имеющий круговые направляющие 4. На них вместе с плитой 2 поворачивается бабка изделия 1 для установки заготовки на угол φ_m . В станке имитируются зацепления нарезаемого конического колеса (заготовки) с воображаемым коническим колесом. В данном случае люльку с резцами, имеющими прямо-

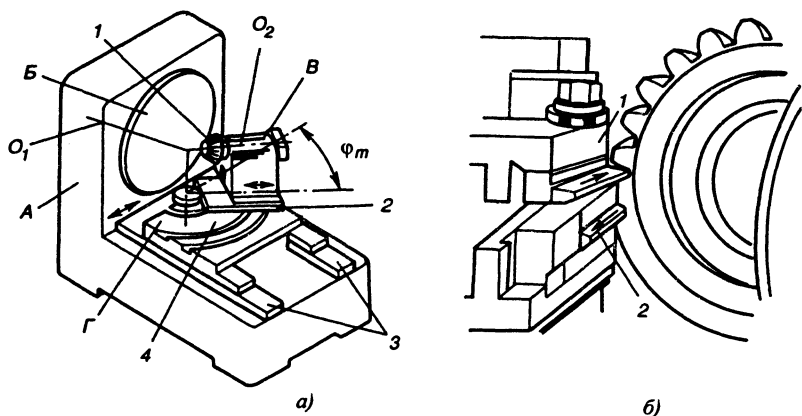


Рис. 179. Схемы работы зубострогального станка, работающего методом обкатки

линейный профиль, можно рассматривать, как производящее колесо. Для формообразования боковых поверхностей зуба нужны следующие движения: главное движение — возвратно-поступательное перемещение резцов; возвратно-качательное движение люльки вокруг оси O_1 и связанное с ним коническое вращение заготовки вокруг оси O_2 . После окончания профилирования зуба происходит поворот заготовки на следующий зуб (деление). На станке 5A250 можно обрабатывать зубья методом обкатки и методом врезания. При методе обката люлька и заготовка одновременно вращаются до тех пор, пока не будет нарезана впадина. Затем заготовка отводится от резцов и продолжает вращаться в том же направлении, люлька с резцами движется в обратном направлении до исходного положения. Причем за время одного качательного движения заготовка повернется на целое число зубьев Z . Начинается обработка следующей впадины, а после обработки всех впадин станок автоматически отключается.

При методе врезания, применяемом для чернового нарезания зубьев, движение обката значительно замедляется, поэтому профиль зуба в данном случае близок к прямолинейному. Все зубья обрабатывают последовательно, т. е. деление происходит на $1/Z$.

Главное движение (рис. 180) осуществляется от электродвигателя ($N = 2,8$ кВт, $n = 1420$ мин⁻¹) через зубчатые пары (15/48), (34/34), сменные колеса $a - b$, зубчатую пару (30/72) и вал с кривошипным диском 2. От диска 2 через систему рычагов получают возвратно-поступательное движение ползуны с резцами. За каждый оборот диска 2 ползуны совершают один двойной ход. Уравнение кинематического баланса для цепи главного движения имеет вид: $1420 \times (16/48) \times (34/34) \times$

$N=2,8$ кВт
 $n=1420$ об/мин

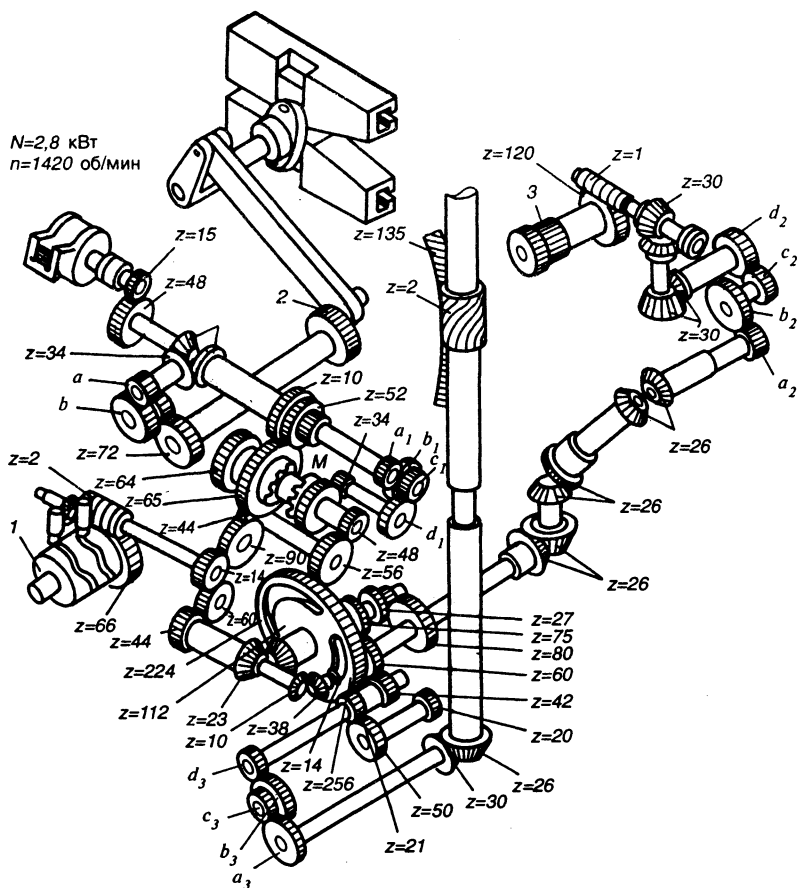


Рис. 180. Кинематическая схема зубострогального станка 5А250

$x(a/b) \times (30/72) = n_{\text{дв.х/мин}}$, откуда $(a/b) = (n_{\text{дв.х}}/125)$. Из паспорта станка известно, что $a + b = 106$. В цепи главного движения имеются следующие сменные колеса: 30, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 76.

Движение подачи. Время $t_{\text{ц}}$, затраченное на обработку одной впадины, называется циклом. Станок является полуавтоматом и управляется барабаном *1*, находящимся на распределительном валу. За время цикла барабан *1* делает один оборот, причем рабочему ходу соответствует поворот на 160° , а холостому — на 200° .

Следовательно, распределительный вал за время рабочего хода t_p делает $160^\circ/360^\circ$ оборота. Цепь подач кинематически связывает вращение электродвигателя и барабана *1* через передачи $15/48$, сменные

колеса $a_1 - b_1$, $c_1 - d_1$, зубчатую пару (34/68), фрикционную муфту M , зубчатые передачи (24/56), (44/96), (96/64) и червячную пару (2/6). Уравнение кинематического баланса цепи подачи $1420 \times (t_p/60) \times (15/48) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (34/68) \times (42/56) \times (44/96) \times (96/64) \times (2/66) = (160^\circ/60^\circ)$, отсюда формула настройки гитары подачи

$$(a_1/b_1) \times (c_1/d_1) = (7,5/t_p).$$

Ускоренный ход происходит, когда фрикционная муфта M включается в двойной блок с числами зубьев 88 и 84. Тогда движение передается или через передачу (52/88) (при числе зубьев нарезаемого колеса $Z = 16$), или $Z = (76/64)$ (при $Z > 17$), а далее по цепи, аналогично рабочей подаче.

За время холостого хода $t_{х.х}$ барабан повернется на 200° , отсюда $1420 \times (t_{х.х}/60) \times (15/48) \times (52/88)$ или $(7/64) \times (42/56) \times (44/98) \times (2/66) = 200/360^\circ$, $t_{х.х} \approx 3$ с/зуб (при работающей паре 76/64) или $t_{х.х} \approx 6$ с/зуб (включены колеса 52/88).

Распределительный барабан I производит подвод и отвод стола, переключает муфту M через гидравлический распределитель. Одну кривую барабана используют для работы методом врезания, другую — методом обката.

Вращение заготовки (деление) на целое число зубьев Z_i происходит за один оборот барабана. Число Z_i не должно иметь общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса Z . Это необходимо для того, чтобы инструмент попадал каждый раз в другую впадину. Вращение заготовки происходит от распределительного вала через передачи (66/2), (64/60), (60/44), коническую пару (23/23), через зубчатую пару (75/64) (при методе обкатки) или (27/108) (при методе врезания), через конические передачи (26/26), (26/26), (26/26), гитару деления $a_2 - b_2$, $c_2 - d_2$, конические пары (30/30), (30/30), червячную передачу (1—120). Расчетное уравнение составляют из условия, что за один оборот барабана I заготовка повернется на Z_i/Z оборота: $1 \text{ об.р.бар.} \times (66/2) \times (64/60) \times (60/44) \times (23/23) \times (75/80) \times (26/26) \times (26/26) \times (a_2/b_2) \times (c_2/d_2) \times (30/30) \times (30/30) \times (1/120) = Z_i/Z$.

Из уравнения выводим формулу настройки гитары деления $(a_2/b_2)(c_2/d_2) = 2Z_i/Z$.

При работе методом врезания в уравнение вместо числа (75/80) ставят число (27/108), тогда $(a_2/b_2) \times (c_2/d_2) = 10Z_i/Z$.

Цепь обката связывает поворот люльки, выполняющей роль производящего колеса, с заготовкой. Движение от люльки передается через червячную передачу (125/2), конические колеса (28/30), гитару обката $(c_3/d_3)(b_3/a_3)$, колесо $Z = 21$, составное колесо $Z = 14$, конические пары (32/18), (23/23) и далее по цепи деления, рассмотренной выше.

Составное колесо позволяет при неизменном направлении вращения колеса $Z = 14$ получать возвратно-вращательное движение люльки.

Составное колесо состоит из венца внутреннего зацепления со 196 зубьями (в полной окружности $Z = 224$), венца наружного зацепления с 98 зубьями (в полной окружности $Z = 112$ зубьев) и двух полуколес внутреннего зацепления ($Z = 28$). Во время зацепления колеса $Z = 14$ с участком внутреннего зацепления происходит рабочий ход станка, а при сцеплении с остальной частью — холостой. При зацеплении колеса $Z = 14$ с полуколесами $Z = 28$ происходит его перемещение вместе с парой (16/32).

Уравнение кинематического баланса составляют из условия, что при повороте люльки на $(1/Z_{пл})$ оборота нарезаемое колесо повернется на $(1/2)$ оборота ($Z_{пл}$ — число зубьев воображаемого плоского производящего колеса) $(1/Z_{пл}) \times (126/2) \times (28/30) \times (c_3/d_3)(b_3/a_3) \times (21/252) \times (224/14) \times (22/16) \times (23/23) \times (75/80) \times (26/26) \times (26/26) \times (26/26) \times (26/26) \times (a_2/b_2) \times (c_2/d_2) \times (30/30) \times (1/20) = Z$.

Подставляя в уравнение кинематического баланса значение $(d_2/b_2) \times (c_2/d_2) = 2Z_i/Z$ для метода обката и значение $Z_{пл} = Z/\sin\gamma_1$, где γ_1 — половина угла начального конуса нарезаемого колеса, получим $(c_2/d_3) \times (b_3/d_3) = 3,5Z_i/\sin\gamma_1$. При методе врезания $(c_3/d_3) \times (b_3/d_3) = 17,52Z_i/\sin\gamma_1$.

Для определения Z_i составим уравнение кинематического баланса на условия, что за время поворота барабана I на 160° люлька поворачивается на угол 160° : $(66/2) \times (64/60) \times (16/31) \times (14/224) \times (252/21) \times (c_3/d_3) \times (b_3/a_3) \times (30/28) \times (2/135) = \Theta^\circ$.

Подставляем значение $(c_3/d_3) \times (b_3/a_3) = 3,52Z_i/\sin\varphi_1$ в уравнение, приведенное выше получим $Z_i = (Z/\sin\varphi_1) \times (\Theta^\circ/160^\circ)$.

Угол качания люльки Θ° зависит от параметров нарезаемого зубчатого колеса; его выбирают, чтобы обеспечить полностью обкатку зуба. Люлька должна качаться в обе стороны на одинаковый угол. При обработке методом врезания $Z_i = 1$.

Угол установки бабки изделия φ_m (рис. 179, а) равен углу внутреннего конуса нарезаемого колеса. Ось заготовки с плоскостью вершин зубьев производящего колеса должна составлять угол $\psi = \varphi_1 - \gamma$, где φ — половина угла начального конуса колеса, γ — угол ножки зуба. Вершина начального конуса должна быть совмещена с центром станка.

Угол установки бабки изделия при черновой обработке $\varphi_m = \text{tg}\varphi_1 \times \cos 180^\circ/Z$, где φ_1 — угол конуса впадины нарезаемого колеса.

Угол установки поворотных сегментов (мин) определяют по формуле $\omega_m = 3428/L_g[(S/2) + h\omega_1 \text{tg}\alpha]$ мин, где L_g — длина образующей конуса, мм; S — толщина зуба по дуге начальной окружности, мм; $h\omega_1$ — высота ножки зуба колеса, мм; α — угол зацепления в град (обычно $\alpha = 20^\circ$).

Нарезание конических колес с криволинейными зубьями. Конические колеса с криволинейными зубьями компактны, бесшумны, выдерживают большие нагрузки и имеют более плавный ход, чем

прямозубые конические колеса. Форма нарезаемого зуба зависит от формы зуба сопряженного плоского производящего колеса. Оно представляет собой плоское коническое колесо с зубьями на торце и углом при вершине начального конуса $2\varphi = 180^\circ$. На производящем колесе линии, определяющие форму зуба, зависят от выбранного инструмента и могут быть в виде прямой, дуги окружности, удлиненной или укороченной эвольвенты и т. д. В качестве инструмента используют торцевые резцовые головки, пальцевые модульные и конические червячные фрезы. Например, торцевой резцовой головкой

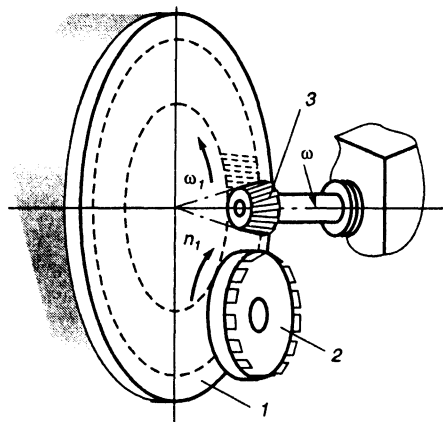


Рис. 181. Нарезание конического колеса с криволинейными зубьями

(рис. 181) с резами, имеющими прямолинейные режущие кромки, нарезают круговые зубья конических колес с углом спирали $0-60^\circ$ методом обката при периодическом делении. При такой обработке главным движением будет вращение резцовой головки 2, вращение люльки 1, согласованное вращение заготовки 3, движение обката. Деление производится поворотом заготовки после обработки каждого зуба.

Конические колеса с криволинейными зубьями нарезают на станке 5280. В качестве инструмента используют торцевую резцовую головку. Станок может работать методом обката (при чистовой обработке) и методом врезания (при черновой обработке). При методе обката вращается резцовая головка, люлька, несущая шпиндель инструмента, получает вращение, согласованное с вращением заготовки (движение обкатки). После обработки одной впадины нарезаемое колесо отводится от инструмента, но продолжает вращаться в ту же сторону, что и ранее, поворачиваясь на Z_1 зубьев. Люлька же с резами быстро поворачивается в обратном направлении до исходного положения. Реверс люльки осуществляется с помощью составного колеса.

При методе врезания движение обката почти отсутствует (обкатка нужна только для того, чтобы происходил процесс деления). Зубья образуются при постепенном приближении заготовки к инструменту. Метод производителен, но менее точен по сравнению с методом обката.

Зубоотделочные операции. Для получения точной формы и размеров зубьев, а также уменьшения шероховатости их рабочих поверхностей зубчатые колеса после нарезания на соответствующих зуборезных станках подвергают чистовой отделке на зубоотделочных станках ме-

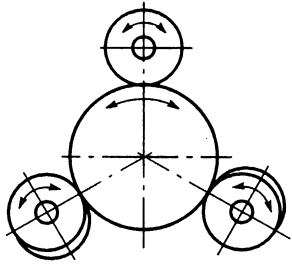


Рис. 182. Схема притирки

тодом обкатки, притирки, шевингования шлифования и зубохонингования.

Обкатка — процесс образования гладкой поверхности профиля зубьев незакаленных зубчатых колес. Обработка ведется за счет давления, возникающего при вращении обрабатываемого колеса и закаленного шлифованного колеса (обкаточного эталонного колеса).

Притирка — доводочный процесс придания зубьям колес чистой и гладкой поверхности путем искусственного изнашивания зубьев обрабатываемого колеса посредством

притира и абразивного порошка. Притир представляет собой тщательно изготовленное чугунное зубчатое колесо. Притирку применяют для предварительно термически обработанных зубчатых колес. Процессом притирки можно увеличивать поверхность контакта по длине и высоте и уменьшать параметры шероховатости зубьев.

Притирка осуществляется по двум схемам: оси притира и зубчатого колеса скрещиваются, образуя винтовую зубчатую передачу. В первом случае притирку производят одним притиром, которому сообщается наряду с вращательным движением возвратно-поступательное движение. Во втором случае притирку производят двумя или тремя притирами; возвратно-поступательное движение при этом получает притираемое колесо. При обработке тремя притирами оси двух из них скрещиваются с осью притираемого колеса, а ось третьего параллельна ей (рис. 182).

Притирку можно вести в распор и методом торможения. Если притирка производится в распор, то зубья инструмента (притира) устанавливают в контакт с обеими сторонами зуба обрабатываемого колеса и в процессе притирки осуществляется постепенное сближение осей притира колеса. При работе методом торможения контакт имеет место лишь по одному боковому профилю зуба обрабатываемого колеса. Необходимое давление контакта создается притормаживанием обрабатываемого колеса. После обработки зубьев с одной стороны производят реверсирование вращения притира и обрабатывают зубья с другой стороны.

Шевингование применяют для уменьшения волнистости на поверхности зубьев цилиндрических зубчатых колес с помощью специального инструмента шевера, соскабливающего с поверхности профиля зуба стружку толщиной 0,005—0,1 мм. Во время шевингования основное движение получает шевер, от которого приводится во вращение обрабатываемое колесо, свободно вращающееся с оправкой в центрах бабок рабочего стола, кроме того, шевингуемое колесо имеет возвратно-поступательное движение. После каждого двойного хода стола

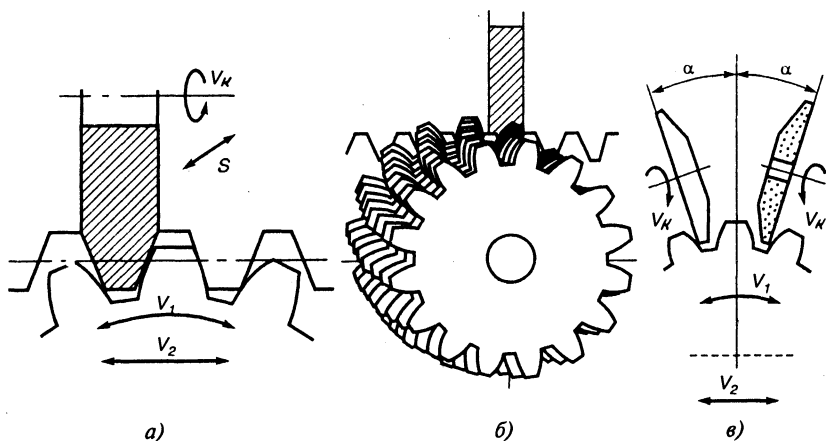


Рис. 183. Схемы шлифования зубчатых колес методом обката

зубчатому колесу сообщается вертикальная подача. У некоторых моделей станков продольное движение сообщается инструменту.

Шлифование производится для повышения точности изготовления зубчатых колес и устранения отклонений, вызываемых термической обработкой. Шлифование может осуществляться двумя методами: копированием и обкатом.

При шлифовании зубьев методом копирования шлифовальный круг имеет профиль, соответствующий профилю впадины зубчатого колеса. Шлифовальный круг профилируют с одной или двух сторон.

Шлифование зубьев цилиндрических зубчатых колес методом обката основано на копировании зацепления колеса рейкой, роль одного зуба которой выполняет профилированный дисковый круг или пара тарельчатых кругов. На рис. 183 показаны схемы шлифования зубчатых колес методом обката дисковым кругом и двумя тарельчатыми кругами. По схеме, показанной на рис. 183, а, главное движение получает дисковый круг. Он вращается вокруг оси и получает возвратно-поступательное движение (движение продольной подачи) по стрелке.

Шлифуемое колесо вращается вокруг своей оси со скоростью V_1 и прямолинейно перемещается со скоростью V_2 . Эти два движения связаны между собой и образуют сложное движение обката. В это время обрабатывается одна сторона зуба. После реверсирования движения обрабатывается противоположная сторона соседнего зуба. Затем шлифовальный круг выходит из впадины и производится деление — поворот колеса на один зуб. В зависимости от типа станка могут быть обработаны одна или две боковые стороны одновременно (рис. 183, б). Шлифование двумя тарельчатыми кругами показано на рис. 183, в.

Зубохонингование применяют для обработки зубчатых колес после зубошевингования и термической обработки.

Обработку производят зубчатым хоном, представляющим собой зубчатое колесо, изготовленное из пластмассы с абразивной смесью, зернистостью (40, 60, 80) которую выбирают в зависимости от марки стали, твердости и требуемых параметров шероховатости поверхности зубьев.

Относительное движение при зубохонинговании то же, что и при шевинговании. Станки для хонингования зубчатых колес аналогичны шевинговальным станкам. Зубохонингование происходит при окружной скорости хода, примерно в 2 раза превышающей окружную скорость шевра.

3.13. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ С ЧПУ

Наиболее распространены зубофрезерные и зубодолбежные станки с ЧПУ, применяются также зубо- и шлицешлифовальные станки с ЧПУ. По уровню автоматизации наладки эти станки можно разделять на две группы — для мелко- и среднесерийного производства зубчатых колес.

В станках для мелкосерийного производства при помощи устройства с ЧПУ автоматизируются: установка числа зубьев и угла наклона обрабатываемых колес, параметры обработки и режимы резания, цикл обработки, перемещение рабочих органов станка в исходное положение. Вручную закрепляют только заготовку и инструмент. В таких станках механические связи заменяют электронными. Для управления используют современные устройства ЧПУ, выполненные на базе микроЭВМ с сохранением алгоритмов управления и постоянных циклов в запоминающем устройстве. Станки для среднесерийного производства имеют меньший уровень автоматизации. В них сохраняются механические кинематические связи. С пульта управления устанавливают параметры и режимы обработки, ее цикл и перемещение рабочих органов в исходное положение. Для автоматизации цикла и наладки используют системы с элементами ЧПУ на основе позиционных или контурных систем ЧПУ.

Дальнейшее развитие этой группы станков с ЧПУ — создание переналаживаемых автоматических линий и участков, а также зубообрабатывающих модулей. Модули на основе зубофрезерных станков с ЧПУ имеют магазины инструментов и заготовок, магазин оснастки для ее установки на станке, перегружатели инструмента и магазинов заготовок и оснастки. Управляет модулем система ЧПУ. В автоматический цикл работы модуля входят автоматическая загрузка заготовок, их обработка и складирование в магазин обработанных деталей, смена

инструмента и оснастки, крепление заготовки при соответствующем позиционировании рабочих органов станка.

Зубофрезерный полуавтомат 532А20Ф4 с ЧПУ предназначен для нарезания зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес с конусным и бочкообразным зубом в единичном и мелкосерийном производстве. Класс точности станка П.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр обрабатываемых зубчатых колес (прямозубых) 200 мм; наибольший нарезаемый модуль 6 мм; пределы частот вращения фрезы 80—300 мин⁻¹; пределы подач радиальной и вертикальной 1—300 мм/мин, тангенциальной 0,5—80 мм/мин; величины подач на быстром ходу, мм/мин: радиальной и вертикальной — 1000; тангенциальной — 500; габаритные размеры станка 3555 x 3250 x 3030 мм.

Система ЧПУ станка работает на базе микроЭВМ «Электроника—60» типа 2С85—62. Число управляемых координат — 5, одновременно управляемых — 4; коэффициент деления шага 200; дискретность перемещения по координатам X , Y — 0,0025—0,001 мм.

На пульте ЧПУ устанавливают следующие параметры обрабатываемого зубчатого колеса: число зубьев Z , модуль m , ширину венца B , наружный диаметр d_a , синус угла наклона зубьев, направление винтовых линий колеса и фрезы, наружный диаметр фрезы $d_{фр}$, число ее заходов Z_f . На пульте ЧПУ задаются также частоты вращения фрезы при черновом и чистовом рабочих ходах, кодовый номер положения перебора фрезы, номер диапазона подачи и др.

Управление работой полуавтомата производится от постоянных программ, заложенных в память системы ЧПУ, обычно это пять основных наиболее сложных циклов обработки зубчатых колес, на базе которых строятся упрощенные циклы обработки.

Основные механизмы станка приведены на рис. 184. Станина 4 полуавтомата имеет коробчатую форму, по ее прямоугольным направляющим перемещается стойка с инструментальным суппортом B . Стойка прижимается к направляющим четырьмя гидравлическими зажимами. На столе Γ размещен шпиндель заготовки, который прижимается кронштейном контрподдержки B . Суппорт расположен на каретке, имеющей круговой паз, в который входят гидравлические зажимы суппорта. Для обработки всей номенклатуры заготовок станок должен иметь следующие движения, управляемые от устройства ЧПУ: главное движение (координата U) — вращение фрезы; подачи: вертикальную фрезерной каретки (координата Y), радиальную стойки (координата X), тангенциальную инструмента (координата Z), вращение детали (координата W^1). Перемещение червячной фрезы по координате Z применяют при нарезании червячных колес методом протягивания или при нарезании цилиндрических колес для полного использования режущей части фрезы.

Взаимосвязанное вращение приводов по координатам W^1 , U , Y

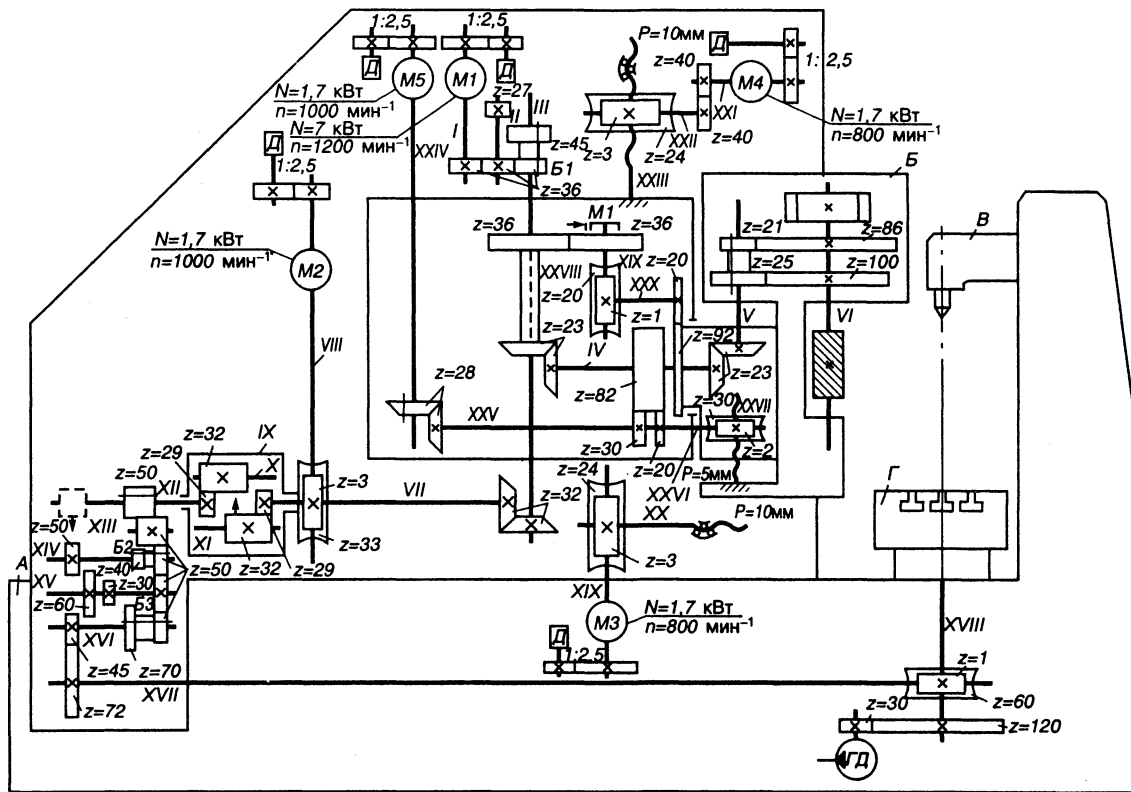


Рис. 184. Кинематическая схема зубофрезерного полуавтомата 53А20Ф4 с ЧПУ

используют для обработки цилиндрических колес; по координатам W^1 , U , Y и зубьев Z для червячных колес и червяков; по координатам Y и X — бочкообразных и конусных зубьев.

На станке колеса модулем до 2 мм нарезают за один рабочий ход при точности обработки до 7-й степени. Колеса модулем 3—6 мм нарезают за два рабочих хода при чистовой обработке, также при черновой обработке под последующую чистовую.

На нижнем конце шпинделя заготовки закреплено зубчатое колесо $Z = 120$ для торможения. Торможение производится гидромотором $ГД$. Червяк делительной пары выполнен с переменным шагом для регулирования зазора в передаче.

Возможны следующие модификации обработки в циклах при изготовлении прямозубых и косозубых колес: с радиальным врезанием и без врезания, со встречной и попутной подачей, за один и два рабочих хода; при изготовлении червячных колес: с радиальным врезанием и без врезания, с протяжкой вправо и влево, без протяжки.

Кинематика полуавтомата выполнена с жесткой связью в цепи деления и безгитарной наладкой связей вращения заготовки и инструмента.

Согласование движений в полуавтомате осуществляется дополнительным вращением дифференциала, встроенного в кинематическую цепь деления. Скорости вращения привода дифференциала согласованы с вращением и перемещением инструмента через интерполяторы устройства ЧПУ.

Главное движение осуществляется от двигателя постоянного тока $М1$ ($N = 7$ кВт, $n = 1200$ мин⁻¹), питаемого от тиристорного преобразователя. Движение шпинделю фрезы передается через зубчатую пару (36/36), блок $Б1$, зубчатые пары — (23/23), (23/23), (25/100). При переключении блока $Б1$ получаем два диапазона частот вращения фрезы 80—180 мин⁻¹ и 181—300 мин⁻¹. Частота вращения определяется по формуле

$$n_{\phi} = (f_{\sqrt{60}i_{\delta 1}})/(2,5 \times 200 \times 4) \text{ мин}^{-1},$$

где n_{ϕ} — частота управления приводом фрезы; $i_{\delta 1}$ — передаточное отношение блока $Б1$; 2,5 — передаточное число мультипликатора-револьвера главного привода; 200 — коэффициент деления шага (взят из характеристики и устройства ЧПУ); 4 — постоянное передаточное число зубчатых колес привода.

Тогда частота управления приводом $f_{\sqrt{60}i_{\delta 1}} = (100/3)/(n_{\phi}/i_{\delta 1})$, Гц.

На шпиндель VI насажен маховик со встроенным в него фрикционным тормозом. Тормоз состоит из зубчатых колес (21/86) с передаточным отношением на 0,1 больше, чем передаточное отношение колес (25/100), что заставляет их вращаться с проскальзыванием относительно маховика, в котором находятся прижимные кулачки. Усилие при-

жима кулачков к фрикционному диску, жестко сидящему на колесе $Z = 80$, регулируется пружинами.

В качестве приводов подач по координатам X, Y, Z, W^1 на станке используются высокомоментные двигатели постоянного тока.

Радиальная подача фрезы (координата X) осуществляется от электродвигателя $M3$ ($N = 1,7$ кВт, $n = 800$ мин⁻¹) через червячную передачу $3/24$ и винт-гайку качения с шагом $P = 10$ мм. Частота управления приводом радиальной подачи определяется из уравнения кинематического баланса между частотой вращения двигателя $M3$ и радиальной подачей S_x от ходового винта: $(f_x \times 60)(2,5/200) \times (3/24) \times 10 = S_x$, мм/мин.

Дискретность перемещения по координате X равна $\Delta_x = (1/2,5 \times 200) \times (3/24) \times 10 = 0,0025$ мм, откуда $f_x = (20S_x)/3$ Гц.

Вертикальная подача фрезы (координата Y) осуществляется от электродвигателя $M4$ ($N = 1,7$ кВт, $n = 800$ мин⁻¹) через передачи $40/10, 3/24$ и винт-гайку качения с шагом $P = 10$ мм.

За один оборот стола фреза проходит вдоль оси колеса путь, равный величине вертикальной подачи S_y , за это же время фреза сделает Z/Z_i оборотов, где Z — число нарезаемых зубьев, Z_i — число заходов фрезы. Тогда $(Z/Z_i) \times (100/25) \times (23/23) \times (23/23) \times (1/i_{i1}) \times (36/36) \times (1/f_y) \times (40/40) \times (3/24) \times 10 = S_y$, откуда $f_y = 1/5(Z_i i_{i1} S_y / Z)$, где f_y — частота управления приводом вертикальной подачи, Гц. Дискретность перемещения по координате $\Delta_y = (1/2,5 \cdot 200) \times (40/40) \times (3/24) \times 10 = 0,0025$ мм.

Тангенциальная подача фрезы (координата Z) осуществляется электродвигателем $M5$ ($N = 1,7$ кВт, $n = 1000$ мин⁻¹, $M = 17$ Нм), через зубчатые пары $(28/29), (30/32), (82/20)$, червячную передачу $(2/30)$ и винт-гайку качения с шагом $P = 5$ мм. Уравнение кинематического баланса связывает вращение фрезы с ее перемещением S_z (мм) за один оборот стола (фреза за это время делает Z/Z_i оборотов). Тогда $(Z/Z_i) \times (100/25) \times (23/23) \times (23/23) \times (f_z/f_v) \times (36/36) \times (1/i_{i1}) \times (28/28) \times (30/82) \times (82/20) \times (2/30) \times 5 = S_z$, откуда $f_z = (1/2) \times (Z_i i_{i1} S_z f_v / Z)$, Гц.

Дискретность перемещения по координате Z равна $\Delta_z = (1/2,5 \times 200) \times (28/28) \times (30/8) \times (82/20) \times (2/30) \times 5 = 0,001$ мм.

Вращение заготовки (координата W^1) происходит от электродвигателя $M1$ и через дифференциал от электродвигателя поворота заготовки $M2$ ($N = 1,7$ кВт, $n = 1000$ мин⁻¹). В кинематической цепи постоянных связей вращения заготовки и инструмента передвижные блоки $B2, B3$ и колесо $Z = 50$ (коробка деления) обеспечивают четыре диапазона чисел зубьев нарезаемых колес.

Коробка деления обеспечивает следующие передаточные отношения:

$$i_{kg1} = (50/50) \times (50/50) \times (45/72) = 5/8;$$

$$i_{kg2} = (50/50) \times (40/60) \times (50/50) \times (45/72) = 5/12;$$

$$i_{k3} = (50/50) \times (30/70) \times (45/72) = 15/56;$$

$$i_{k4} = (50/50) \times (40/60) \times (30/70) \times (45/72) = 5/28.$$

Составим уравнение баланса кинематической цепи от фрезы до стола: 1 об. фрезы $\times (100/25) \times (23/23) \times (23/23) \times (23/23) \times (29/32) \times (39/29) \times i_{k3} \times (1/60) = 1/Z_0$.

Подставляя полученные выше значения i_{k3} , получим значение $Z_0 = 24, 36, 58, 84$ (параметр Z_0 набирается на пульте ЧПУ) из этого же уравнения $i_{k3} = (15/Z_0)$.

Дифференциал подключается при нарезании зубьев прямозубых и косозубых цилиндрических колес с числом зубьев $Z \neq Z_0$.

Тогда частота управления приводом стола f_w при нарезании прямозубых колес определяется в зависимости: (фреза \rightarrow стол) \pm (фреза \rightarrow \rightarrow дифференциал \rightarrow стол).

Общее уравнение баланса кинематической цепи составляют из условия: за один оборот фрезы стол поворачивается на Z_i/Z оборота: 1 об. фрезы $\times (100/25) \times (23/23) \times (23/23) \times (23/23) \times (29/32) \times (32/29) \times (15/Z_0) \times (1/60) \pm 1 \times (100/25) \times (23/23) \times (23/23) \times (1/i_{\delta 1}) \times (f_w/f_v) \times (36/36) \times (3/33) \times 2 \times (15/Z_0) \times (1/60) = (Z_i/Z)$, где $i_{\text{диф}} = 2$ (определяется по формуле Вилиса).

$$\text{Отсюда } f_w = \pm(11/2) \times i_{\delta 1}/2 \times (Z_0 Z_1 - Z) f_v.$$

Преобразуя это выражение и принимая $i_{\text{диф}} = f_w/f$, получим формулу числа нарезаемых зубьев:

$$Z_k = (11 Z_0 Z_1 i_{\delta 1}) / (Z / \pm i_{\text{диф}}) + 11 i_{\delta 1}.$$

Ограничивая $i_{\text{диф}} = 1$, принимая $Z_0 = 24, Z_1 = 1, i_{\delta 1} = 0,6$, получим наименьшее число нарезаемых зубьев: $Z_{\text{мин}} = 11 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 0,6/2 \cdot 1 \cdot 11 \cdot 0,6 = 18$. При нарезании косозубчатых колес частота управления приводом $f_w = f_w \pm f''_w$, где f''_w — частота дифференциала, определяемая из зависимости: за один оборот стола фреза проходит по вертикали путь, равный шагу спирали зуба нарезаемого колеса $\pi m z / \sin \beta$, где β° — угол наклона зуба; 1 об. заготовки $\times (60/1) \times (Z_0/15) \times (1/2) \times (33/3) \times (1/f''_w) \times (40/40) \times f_c \times (3/24) \times 10 = (\pi m z / \sin \beta)$.

Деляя ряд преобразований, получим

$$f'_w = (11/2) \times (i_{\delta 1}/Z) \times [\pm (Z_0 Z_1 - Z) \pm (Z_0 \sin \beta Z_1 f_v / \pi m z)] \times f_v.$$

При нарезании червячных колес частота управления приводом дифференциала $f''_w = f_w \pm f'''_w$, где f'''_w выводится из зависимости: за 1/2 оборота заготовки фреза проходит путь πm . Уравнение баланса соответствующей кинематической цепи $(1/Z) \times (60/1) \times (Z_0/15) \times (1/2) \times (33/3) \times (f_z/f'''_w) \times (28/28) \times (30/82) \times (82/20) \times (2/30) \times 5 = \pi m$, откуда $f'''_w = (11 Z_0 f_z) / (\pi m Z)$. Поворот суппорта происходит при включении электромагнитной муфты M_1 от электродвигателя $M1$ через колеса (36/36), блок $B1$, передачи (36/36), (1/20), (20/92).

Для поворота суппорта предусмотрено два режима: безразмерный от толковой кнопки и размерный на величину, задаваемую на устройстве ЧПУ.

Гидросистема станка обеспечивает переключение блоков зубчатых колес в цепи деления и главного привода; зажим фрезерной стойки, суппорта, контрподдержки фрезерной оправки, фрезерной каретки, заготовки; зажим заготовки и фрезерной оправки, торможение шпинделя заготовки, питание системы смазывания станка.

3.14. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ

Агрегатными называют многоинструментальные станки, скомпонованные из нормализованных и частично специальных агрегатов. Эти станки применяются в крупносерийном и массовом производстве. На агрегатных станках можно выполнять сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, фрезерование, нарезание внутренних и наружных резьб, некоторые виды токарной обработки. Агрегатные станки в основном используются для изготовления корпусных деталей.

Преимущества агрегатных станков: 1) короткие сроки проектирования; 2) простота изготовления, благодаря унификации узлов, механизмов и деталей; 3) высокая производительность, обусловленная многоинструментальной обработкой заготовок с нескольких сторон одновременно; 4) возможность многократного использования части агрегатов при смене объекта производства; 5) возможность обслуживания станков операторами низкой квалификации.

Агрегатные станки (рис. 185) в зависимости от формы, размеров заготовок, требуемой точности обработки компонуют по разным схемам: односторонними и многосторонними, одношпиндельными и многошпиндельными, однопозиционными и многопозиционными, в вертикальном, наклонном, горизонтальном и комбинированном исполнениях.

Обработка на однопозиционных агрегатах станках выполняется при одном постоянном положении заготовки. Агрегатные станки с многопозиционными поворотными столами или барабанами предназначены для параллельно-исследовательской обработки одной или одновременно нескольких заготовок малых и средних размеров. При этом вспомогательное время сокращено до минимума за счет того, что установка заготовки и снятие заготовки на позиции загрузки-выгрузки осуществляется во время обработки на других позициях.

Типовые унифицированные компоновки разработаны на основе использования унифицированных агрегатов; (уровень унификации 90 %). Например, в агрегатном станке вертикальной компоновки (рис. 186) унифицированы: базовые детали (станины 1 и 20, стойка 9, упорный угольник 11), силовые механизмы (силовой стол 8, а в станках других типов силовые головки), шпиндельные механизмы (шпиндельная ко-

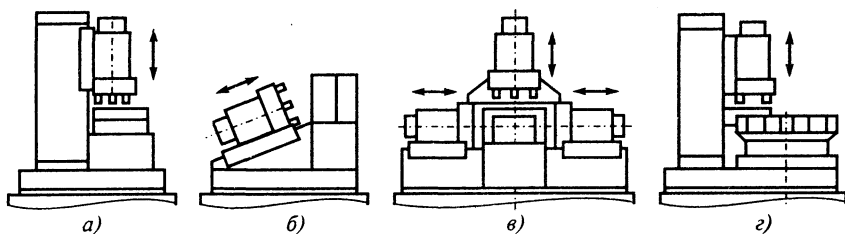


Рис. 185. Примеры компоновок агрегатных станков:

a — вертикальный односторонний однопозиционный; *b* — наклонный однопозиционный, *v* — четырехсторонний однопозиционный смешанной компоновки, *z* — вертикальный

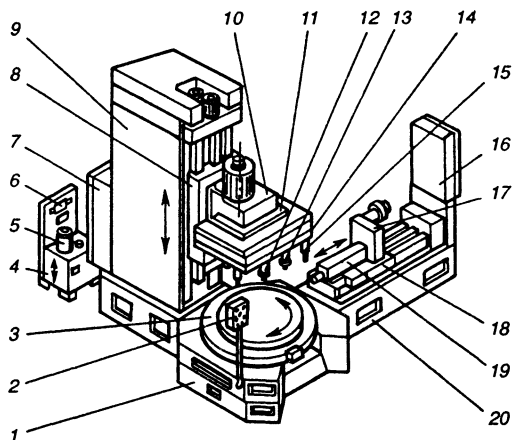


Рис. 186. Унифицированные агрегаты агрегатных станков

робка 14, расточная бабка 19, сверлильная бабка 10), механизмы транспортирования (поворотный делительный стол 3, двухпозиционный делительный стол 18 прямолинейного перемещения), механизмы главного движения (коробка скоростей 17), гидрооборудование (гидробак 4, насосная установка 5, гидрпанель 6), электрооборудование (центральный и наладочный пульты 2, электрошкаф силовых механизмов 16, электрошкаф станка 7), вспомогательные механизмы (удлинитель 15, резьбовой копир 13, расточная пиноль 12).

Специальные механизмы, например приспособление для установки и закрепления заготовок, имеют отдельные нормализованные элементы.

Силовые механизмы агрегатных станков предназначены для сообщения режущим инструментам главного движения и движения подачи (силовые столы).

Силовые головки предназначены для выполнения токарных, фрезерных, сверлильных, расточных, резьбонарезных, шлифовальных и других работ. Они обычно работают в автоматических циклах, например: 1) быстрый подвод, рабочая подача (одна или две), выдержка на жестком упоре (при необходимости), быстрый отвод, стоп; 2) быстрый подвод, рабочая подача, быстрый подвод, рабочая подача, стоп. Такой цикл используют, например, при последовательной обработке нескольких соосных отверстий одинакового диаметра.

Для привода главного движения (вращательного) в силовых головках обычно применяют электродвигатели, а для привода подачи — кулачки, винтовые передачи, цилиндры (пневматические, гидравлические и пневмогидравлические).

По конструкции механизма подач различают головки с подвижной пинолью и с подвижным корпусом. Подачу инструмента перемещением пиноли обычно выполняют в головках малой мощности, не более 1,5 кВт, что обеспечивает подход инструмента к заготовке. Силовые головки средней и большой мощности выполняют с подвижным корпусом.

В зависимости от расположения привода подач силовые головки могут быть несамодействующими и самодействующими. У первых привод подач расположен вне головки, которую обычно устанавливают на силовом столе, подключенным к насосной станции станка или имеющим самостоятельный привод. У вторых как привод вращения шпинделя, так и все элементы привода подачи (резервуар для масла, насос, гидропанель управления) расположены в корпусе головки.

По мощности двигателя силовые головки подразделяют на микро-силовые (0,1—0,4 кВт), малой мощности (0,4—3,0 кВт), средней (3,0—15 кВт) и большой мощности (15—30 кВт).

В зависимости от типа привода подач различают головки механические (кулачковые и винтовые), пневматические, гидравлические и пневмогидравлические.

Силовые головки в значительной степени определяют производительность, надежность и точность работы агрегатных станков. Поэтому силовые головки должны автоматически и точно выполнять заданный цикл работы, иметь минимальные упругие деформации при обработке с различными режимами, обладать высокой надежностью. Конструкции головок должны обеспечивать быстрое устранение возникающих отказов и простоту обслуживания.

Гидравлические силовые головки получили наиболее широкое применение в агрегатных станках, что объясняется их значительными преимуществами по сравнению с головками других типов. Гидравлические головки применяют для выполнения как легких, так и тяжелых работ. Мощность электродвигателя гидравлических головок 2—30 кВт, а осевая сила, которую может развивать головка, — до 10^4 Н. Головки

могут выполнять самые сложные циклы работы. Их выпускают различных габаритов (табл. 8).

8. Технологические характеристики гидравлических силовых головок

Параметры	№ габарита силовой головки						
	2	3	4	5	6	7	
Мощность электродвигателя, кВт	2.2	2.2; 3; 4	4; 5; 7.5	4; 5.5; 7.5; 10	7.5; 10; 13; 17	13; 17; 22; 30	
Наибольшая сила подачи, Н	5600	10000	18000	31500	56000	100000	
Диапазон подачи, мм/мин	40—800	30—600	20—600	14—700	10—400	7-250	
Частота вращения приводного вала (для многошпиндельных головок) мин	715	720	725	730	730	730	
Диапазон частот вращения шпинделя (для одношпиндельных головок) мин	80—1250	56—900	—	—	—	—	
Длина хода, мм	250; 400	320; 500	400; 630; 800	400; 630; 800	500; 800	500; 800	

Силовые головки служат для одновременной обработки нескольких отверстий. Для этого на передний торец головки устанавливают шпиндельную коробку. Самодействующие силовые головки габаритов № 2 и 3 одношпиндельные. В них приводной вал заменен шпинделем и имеется редуктор со сменными шестернями. Одношпиндельные силовые головки изготавливают в вертикальном или горизонтальном исполнении с расположением электродвигателя сзади или сверху.

На рис. 187 дана схема конструкции одношпиндельной самодействующей силовой гидравлической головки габарита № 3 с верхним расположением электродвигателя. Шпиндель 4 головки получает вращение от электродвигателя 1 через колеса Z_1, Z_2, Z_3 , сменные колеса А и Б, колеса Z_4, Z_5 ; одновременно от колеса Z через колесо Z_4 , упругую муфту 2 вращение получает малогабаритный пластинчатый насос 3, который подает масло через гидропанель в гидроцилиндр подачи б, обеспечивающий перемещение корпуса головки по направляющей плите 5. Цикл работы головки управляется кулачками, которые закреплены в Т-образных пазах направляющей плиты и воздействует на рычаг гидропанели, смонтированной снаружи на корпусе головки (гидравлические упоры управления), либо электромагнитами, включенными конечными выключателями, на которые воздействуют соответствующие кулачки (электрические упоры управления). Число и расположение упоров управления определяется заданным циклом работы головки.

Гидравлические механизмы подачи позволяют легко автоматизиро-

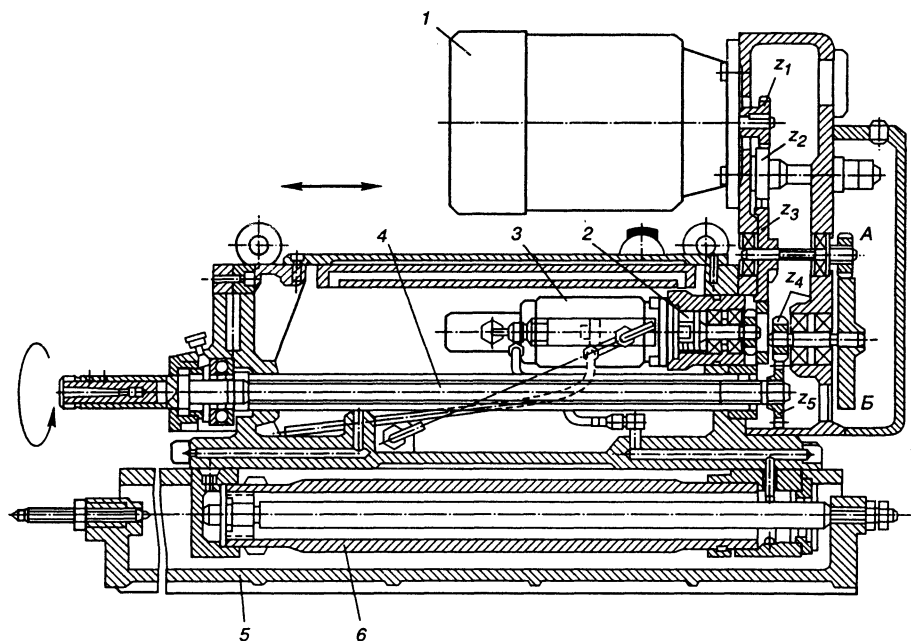


Рис. 187. Самодействующая одношпindelная силовая головка

вать работу головок — сложные циклы движений осуществляются просто, без специальных устройств, по способу регулирования подачи различают гидроприводы головок с дроссельным и объемным регулированием.

Плоскокулачковые силовые головки служат для обработки отверстий. Головки выполняют с подвижной пинолью. Цикл работы состоит из быстрого подвода, рабочей подачи и быстрого отвода пиноли. Пинольные плоскокулачковые головки выпускают трех габаритов: габарита 03 с мощностью электродвигателя $N = 0,6; 0,8$ кВт, габарита 05 с $N = 1,1; 1,5; 2,2$ кВт, габарита 06 с $N = 2,2; 3$ кВт.

На рис. 188 приведена схема самодействующей головки габарита 03. Шпиндель 7 получает вращение от электродвигателя 1 через редуктор 2, червяк 3 и червячное колесо 11. Заданную частоту вращения шпинделя обеспечивают подбором сменных зубчатых колес. Подача пиноли 6 осуществляется от кулачка 8, который вращается червяком 3 от червячного колеса через сменные зубчатые колеса 4 и пару колес 10. В цепь подачи головки смонтирована предохранительная муфта 9, служащая для предотвращения поломок режущего инструмента при резком возрастании нагрузки. При возврате в исходное положение

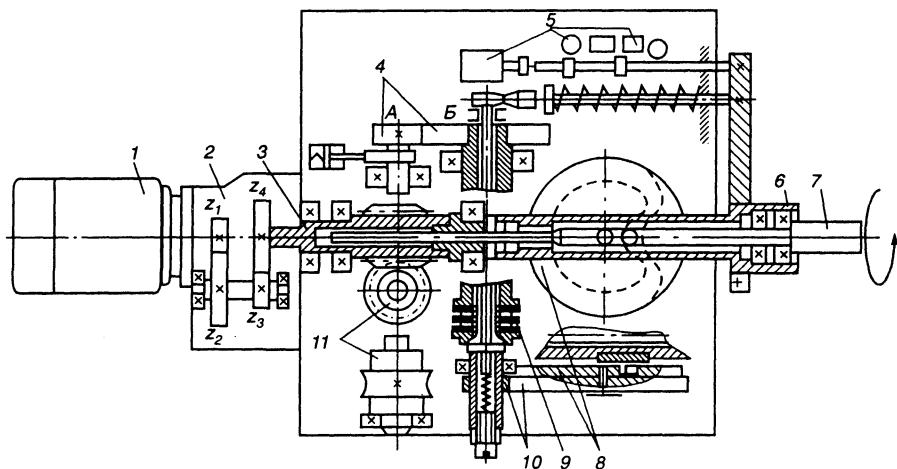


Рис. 188. Схема плоскокулачковой силовой головки

(быстрый обратный ход) нажимается левый конечный выключатель 5, который дает команду на выключение и торможение электродвигателя 1. При нарезании резьбы устанавливают дополнительные конечные выключатели 5 для контроля крайнего переднего положения пиноли и подачи команды на реверс электродвигателя. Ручное установочное перемещение головки по направляющей плите выполняется винтовой передачей.

Пинольные головки служат главным образом для обработки заготовок с использованием одного шпинделя, однако имеются их конструктивные модификации для обработки с использованием нескольких параллельных шпинделей. В последнем случае на пиноли закрепляют шпиндельную насадку, а на корпусе головки — плиту для направления насадки. Шпиндели насадки получают вращение от шпинделя головки непосредственно или через промежуточные валики.

Пинольные головки могут также выполнять фрезерные работы. Для этого используют различные фрезерные насадки с расположением фрезерного шпинделя перпендикулярно к шпинделю головки.

Пинольные головки просты по конструкции и надежны в работе, однако они развивают незначительную осевую силу и имеют малую мощность, небольшой ход инструмента, ступенчатые изменения подачи за счет замены сменных зубчатых колес *A* и *B*. Ход инструмента необходимо регулировать путем смены кулачка. Головки не могут работать до жесткого упора.

Шпиндельные коробки (рис. 189) служат для выполнения сверильно-расточных работ. Некоторые модификации коробок обеспечивают

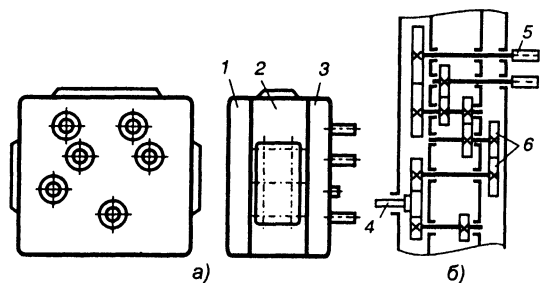


Рис. 189. Шпиндельная коробка:

а — общий вид, *б* — развертка по осям шпинделя

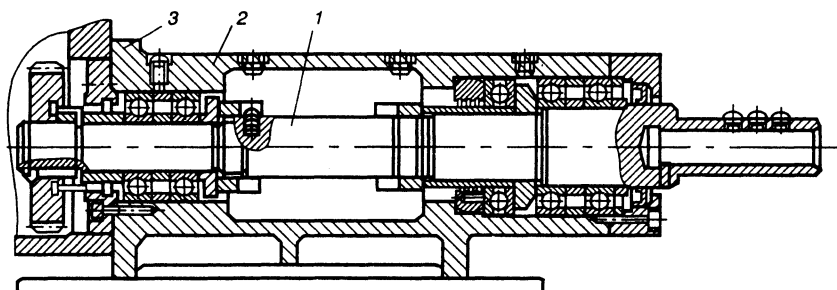


Рис. 190. Сверлильная бабка

нарезание резьбы в отверстиях. Типовая шпиндельная коробка состоит из корпуса 2, задней плиты 1 и передней крышки 3. Шпиндели 5 получают вращение от приводного вала 4 силовой головки через несколько зубчатых пар. Сменные зубчатые колеса 6 предназначены для изменения частоты вращения шпинделей. Шпиндельные коробки монтируют на силовых головках с перемещающимся корпусом и на силовых столах. В последнем случае на силовом столе закрепляют упорный угольник, на вертикальной плоскости которого монтируют шпиндельную коробку. Все детали шпиндельных коробок стандартизированы.

Сверлильные бабки предназначены для сверления, зенкерования и развертывания отверстий. Сверлильная бабка (рис. 190) состоит из шпинделя 1 и корпуса 2 с фланцем 3, служащего для установки привода вращения шпинделя. На корпусе можно закрепить кронштейн с штангами для установки кондукторной плиты. Сверлильную бабку устанавливают на силовом столе, который сообщает ей и инструменту движение подачи.

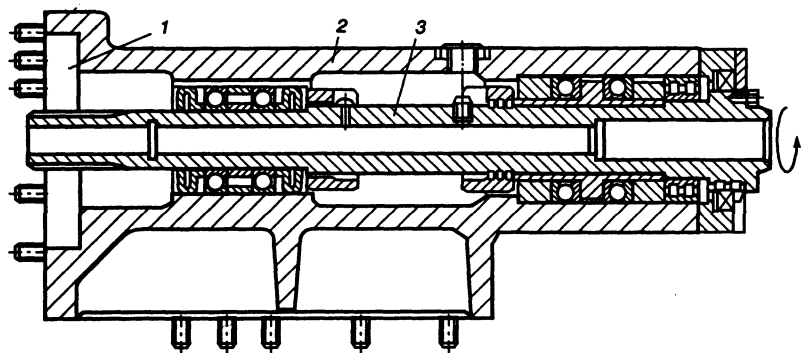


Рис. 191. Расточная бабка

Расточные бабки служат для растачивания отверстий без направления по кондукторным втулкам. Их изготавливают нормальной и повышенной точности. Бабка (рис. 191) состоит из корпуса 2, в котором смонтирован шпиндель 3. Для установки привода вращения шпинделя на корпусе бабки выполнен фланец 1.

Для осуществления подачи бабки устанавливают силовые столы. В ряде случаев бабки устанавливают неподвижно, а подача выполняется перемещением приспособления с обрабатываемой заготовкой.

Силовые столы предназначены для установки на них шпиндельных узлов с самостоятельным приводом вращения (фрезерных, сверлильных, расточных бабок и др.) или приспособлений с обрабатываемой заготовкой для выполнения рабочих циклов с прямолинейной подачей. Силовые столы имеют гидравлический или электромеханический привод. Столы выпускают шести типоразмеров, нормальной и повышенной точности с максимальной тяговой силой подачи 1—100 кН и мощностью 1—30 кВт. Гидравлические столы могут быть вертикального и горизонтального исполнения.

Гидравлический силовой стол (рис. 192) состоит из платформы 1, гидроцилиндра 2 со штоком 3 и направляющей плиты 4. Корпус гидроцилиндра 2 крепят к платформе стола, а шток 3 к направляющей плите. Стол работает по автоматическому циклу. При ускоренном подводе и рабочей подаче масло подается в штоковую полость гидроцилиндра. Управление работой стола осуществляется упорами, которые располагают в пазу платформы. Упоры воздействуют на конечные выключатели, которые подают сигналы электромагнитам, управляющим золотниками гидропанели.

Кинематическая схема силового стола с электромеханическим приводом показана на рис. 193. Цикл работы стола автоматический. Быстрый подвод и отвод стола 2 с плитой 1 осуществляется от

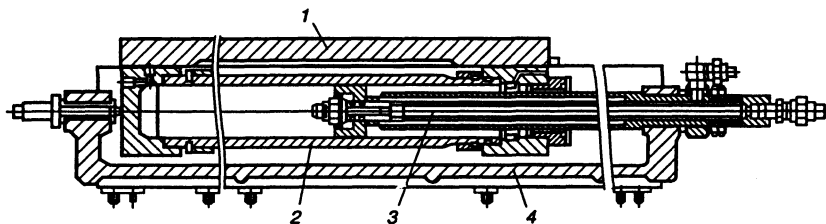


Рис. 192. Гидравлический силовой стол

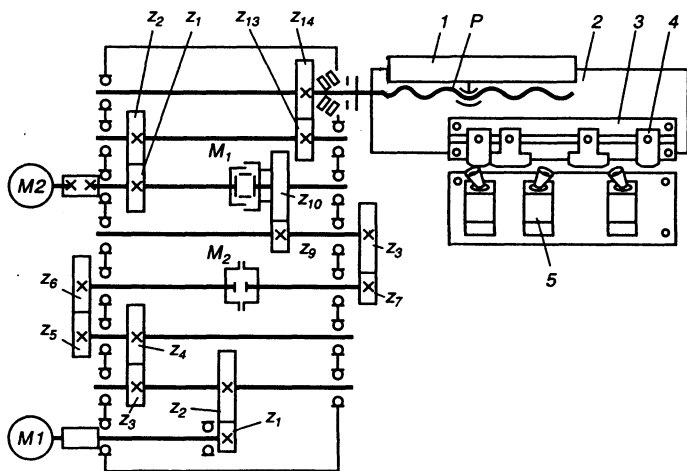


Рис. 193. Силовой стол с электромеханическим приводом подачи

электродвигателя M_2 через зубчатые колеса $Z_{11}-Z_{12}$; $Z_{13}-Z_{14}$ (муфта M_1 отключена). Рабочая подача стола осуществляется от электродвигателя M через пары колес Z_1-Z_2 ; Z_3-Z_4 , сменные зубчатые колеса Z_5-Z_6 , предохранительную муфту M_2 , пары Z_7-Z_8 ; Z_9-Z_{10} (муфта M_1 отключена) $Z_{11}-Z_{12}$; $Z_{13}-Z_{14}$. Величину подачи изменяют сменными колесами, но при необходимости получения в цикле двух рабочих подач устанавливают двухскоростной электродвигатель M . Управление циклом работы стола выполняется упорами 4, которые закрепляют на линейке 3 и воздействуют на конечные выключатели 5.

Гидропанели. Служат для управления циклом работы силовой головки. Гидропанели, как правило, унифицированы. В них сконпнованы основные гидравлические приборы и аппараты, которые выполняют пуск, останов, изменение величины подачи, реверс и другие элементы цикла.

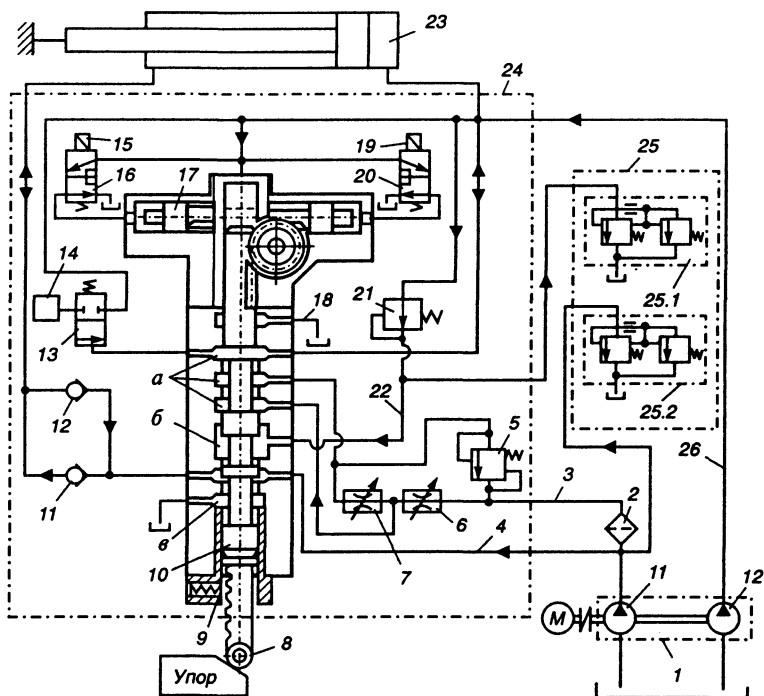


Рис. 194. Гидросхема привода подачи силовой головки

Привод подачи силовой головки (рис. 194) состоит из двоянного насоса 1.1—1.2, гидропанели 24 и силового цилиндра 3 с закрепленным штоком. Гидропанель обеспечивает цикл работы силовой головки: быстрый подвод, две рабочие подачи (первую и вторую), выдержку на жестком упоре, быстрый отвод в исходное положение, остановку. Для обеспечения цикла гидрораспределитель 10 можно установить в пять положений, фиксируемых фиксаторами 9. Крайние положения гидрораспределитель 10 занимает при включении соленоидов 15 и 19, перемещающих гидрораспределители управления 16 и 20. При этом масло от насоса 1.2 быстрого хода (низкого давления) поступает в правую или левую полость плунжера 17, смещая последний до упора. Тогда через реечную передачу смещается вверх или вниз гидрораспределитель 10, а его промежуточные положения зависят от расположения ролика 8, упирающегося в упоры.

Быстрый подвод осуществляется включением соленоида 19. При этом положении гидрораспределителя полости а и б соединяются, а полость в изолируется. Тогда масло поступает в полость б от насоса 1.1 быстрых ходов по трубопроводу 4 и от насоса 1.2 рабочих подач

(высокого давления) через подпорный клапан 21 и трубопровод 22. Из полости *a*, которая соединена с полостью *б*, масло поступает в правую полость цилиндра 23. Вытесняемое масло через обратный клапан 12 и гидрораспределитель 10 вновь поступает в правую полость цилиндра, тем самым увеличивая производительность насоса.

Для получения первой рабочей подачи (положение показано на рис. 194) масло от насоса 1.1 через фильтр 2, трубопровод 3, дроссели 6 и 7, дозирующий клапан 5 и полость *a* поступает в правую полость цилиндра 23. Вытесняемое масло сливается в бак через клапан 12 и полость *в*. Излишки масла удаляются через переливной клапан 25.2. Масло от насоса 1.2 сливается в бак; клапан 25.1 — предохранительный гидропанели 25.

Для получения второй рабочей подачи масло от насоса 1.1 поступает в цилиндр, пройдя два дросселя 6 и 7. В позиции «останов» масло от насосов 1.1 и 1.2 по трубопроводам 22 и 4 сливается в бак.

При быстром отводе гидрораспределитель 10 занимает самую верхнюю позицию. Тогда масло от насосов 1.1 и 1.2 по трубопроводам 4 и 26—22, через напорный золотник 21 поступает в полость *в*, а оттуда через обратный клапан 11 — в левую полость цилиндра 23. Из правой полости масло через гидрораспределитель 10 и трубопровод 18 сливается в бак.

Выдержка на жестком упоре становится возможной, когда торец цилиндра 23 встретит при движении упорный винт; тогда давление масла в системе повысится. Если давление превысит заданное датчиком 13, реле давления 14 даст команду на включение соленоида 15 и быстрый отвод головки.

3.15. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Агрегатные станки с ЧПУ предназначены для изготовления широкого ряда деталей различного служебного назначения. Как правило, это многоцелевые станки. На них выполняют сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание, резбонарезание, прямолинейное и контурное фрезерование в заготовках корпусов, плит и других деталей. Станки оснащены или револьверными головками, или магазинами инструментов. Заготовка устанавливается на координатном силовом столе и может обрабатываться со всех свободных сторон за один установ. Агрегатные станки с ЧПУ создаются из комплектов унифицированных узлов: стантин, стоек, шпиндельных узлов, столов различных типов, механизмов с автоматической смены инструмента и т. д. Станки выпускают с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя, с поворотным, наклонно-поворотным или продольным столом.

Примеры построения агрегатных станков с ЧПУ представлены на рис. 195: с тремя стойками, горизонтальным расположением шпинде-

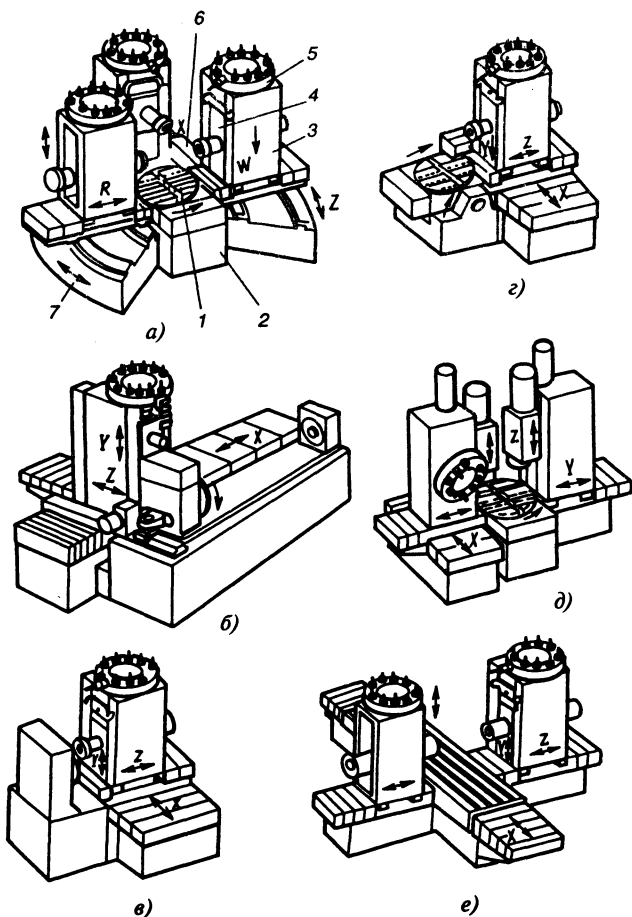


Рис. 195. Компоновки агрегатных станков с ЧПУ:

1 — поворотный стол, 2 — станина поворотного стола, 3 — стойка, 4 — шпиндельный узел, 5 — инструментальный магазин, 6 — стол прямолинейного перемещения, 7 — станина стойки

лей, вертикальными осями вращения дисковых инструментальных магазинов и поворотного стола (рис. 195, а); с одной стойкой, горизонтальным шпинделем, вертикальной осью вращения магазина (рис. 195, б), горизонтальной осью вращения поворотного стола (рис. 195, б, в); с одной стойкой, горизонтальным шпинделем, вертикальной осью вращения магазина, наклонно поворотным столом (рис. 195, з); с двумя стойками, вертикальными шпинделями, горизонтальной осью вращения магазина, вертикальной осью вращения стола (рис. 195, д); с двумя стойками, горизонтальными шпинделями, вертикальной осью вращения

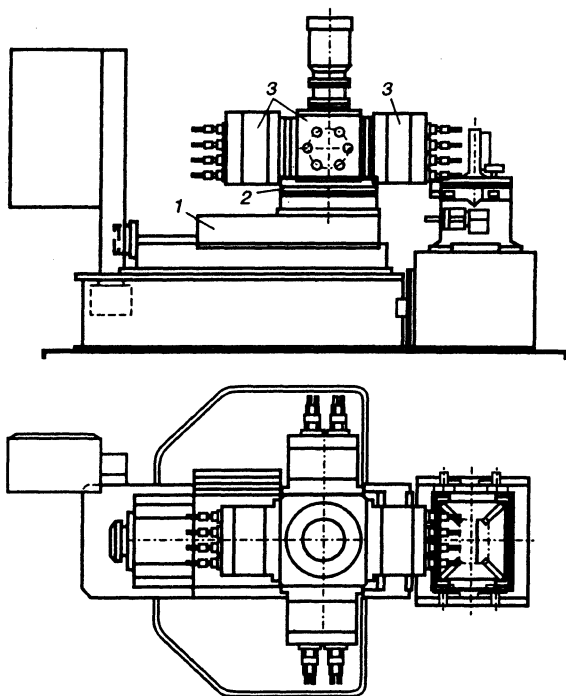


Рис. 196. Переналаживаемый агрегатный станок с многошпиндельными коробками:
 1 — силовой стол, 2 — поворотное устройство, 3 — многошпиндельные коробки

магазинов, однокоординатным столом прямолинейного перемещения (рис. 195, е).

В станках используются направляющие качения. Приводы главного движения и подачи чаще всего осуществляются от двигателей постоянного тока. Инструментальные оправки в шпинделе крепятся автоматически. Агрегатные станки оснащаются позиционными или комбинированными УЧПУ, которые обеспечивают автоматический режим работы станка. На некоторых агрегатных станках вместо инструментального магазина применяют магазин шпиндельных коробок. Эти магазины выполняют барабанными или цепными. В них размещают от 6 до 50 шпиндельных коробок с различным числом шпинделей.

На рис. 196 показана компоновка агрегатного станка с четырьмя многопозиционными коробками, каждая из которых служит для обработки заготовки определенной корпусной детали. Станок оснащен системой ЧПУ.

Агрегатные переналаживаемые станки с ЧПУ являются эффективным средством автоматизации многономенклатурного производства.

Переналадка станка на обработку других заготовок состоит в замене УП, если необходимо, зажимного приспособления и набора режущего инструмента в магазине.

Агрегатный сверлильно-расточной станок МА299Ф2 с ЧПУ (рис. 197). Станок служит для обработки отверстий, оси которых расположены в одной плоскости в заготовках деталей гидравлической арматуры, выполненных из стали, чугуна, цветных сплавов. На станке можно выполнять сверление, рассверливание, растачивание, обтачивание, подрезку торцов, выборку карманов, резьбонарезание. Класс точности станка Н.

Техническая характеристика станка: диаметр стола 400 мм; число инструментов 35; число частот вращения шпинделя 16; пределы частот вращения шпинделя 46—2270 мин⁻¹; число подач 36; пределы подачи координатно-силового стола 18—180 мм/мин; поперечные подачи резца 0,9—50,4 мм/мин; габаритные размеры станка 3500 x 3200 x 2700 мм.

УЧПУ — позиционное типа П321. Программонеситель — восьмидорожечная перфолента. По командам УЧПУ осуществляется перемещение координатного стола и резца, поворот делительного стола, изменение режимов резания, смена инструмента. Дискретность подачи стола по оси Z составляет 0,01 мм, подачи резца 0,001 мм.

Основные механизмы и движения в станке. Станок состоит из станины А (рис. 197), на которой смонтированы отдельные самостоятельные агрегаты: унифицированные и оригинальные. К первым относятся: координатно-силовой стол В и его привод, инструментальный магазин Е, автооператор Д, делительный стол В, автоматическая коробка скоростей АКС, механизм подачи резца Ж, ко вторым: станина А, шпиндельная бабка Г, коробка резьбовых подач З, системы подачи СОЖ и смазывания, гидравлическая система, электрооборудование.

Главное движение имеет шпиндель V с инструментом, движение подачи координатно-силового стола с закрепленной на нем шпиндельной бабкой вдоль оси Z и установленной в сменной план-суппортной головке резец по оси Z в радиальном направлении. Стол с закрепленной на нем заготовкой может занимать относительно оси восемь фиксированных положений: 5, 15, 30, 40, 45, 60, 90, 120.

Кинематика станка. Главное движение шпиндель V получает от асинхронного двигателя М1 через зубчатую передачу Z = 28—32, шестискоростную АКС, передачу Z = 60—60, вал III, коробки резьбовых подач, шлицевой вал IV и пару зубчатых колес Z = 45—45, частота вращения шпинделя

$$n_{\text{шп.}} = (935/1430) \times (28/32) \times i_k(60/60) \times (45/45),$$

где i_k — передаточное отношение, получаемое в АКС.

Привод подачи шпиндельной бабки. Шпиндельная бабка смонтирована на координатно-силовом столе, который получает движение от

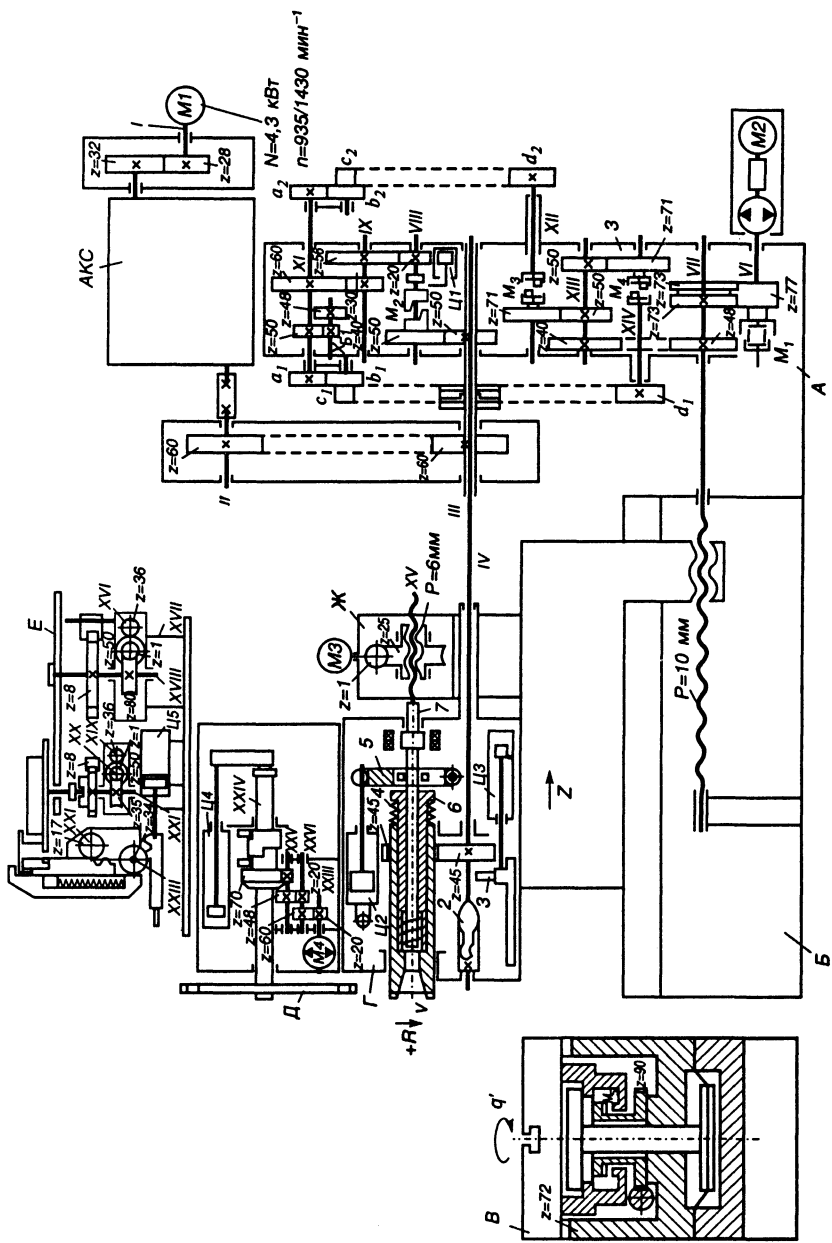


Рис. 197. Кинематическая схема агрегатного станка МА299Ф2 с ЧПУ

пары винт-гайка качения VII. В зависимости от вида выполняемой работы стол перемещается от различных приводов.

Ускоренный отвод и подвод и рабочая подача осуществляются от шагового электродвигателя M_2 (типа ШД5—Д1) с гидроусилителем моментов при включенной муфте M_1 через беззазорную передачу $Z = 17—73$. Максимальная величина перемещения $(1/240) \times (17/73) \times x_{10} = 0,01$ мм.

При выполнении резьбонарезания подача осуществляется от привода главного движения. Движение от шпинделя V через зубчатые пары (45/45), (50/50), через включенную однозубую муфту M_2 на вал VIII, передачу (28/56), блок реверса B1, который переключается вручную и обеспечивает изменение направления нарезания, резьбы и затем на переднюю и заднюю гитары. Включение в работу той или иной гитары выполняют вручную посредством кулачковых муфт M_3 и M_4 . Это дает возможность заранее наладить станок на нарезание резьб с разными шагами. При включенной муфте M_3 винт VII получает вращение от вала XII через передачи (71/50), (48/48). При включенной муфте M_4 движение передается с вала XIV на винт VII передачи (71/50), (48/48). Уравнение кинематического баланса цепи нарезания резьбы: $P_{нр} = 1 \text{ об. шп.} \times (45/45) \times (50/50) \times (28/56) \times (30/60) \times (a_1/b_1) \times (c_1/d_1) \times (71/50) \times (48/48) \times 10$ мм.

Однозубая муфта M_2 переключается автоматически от гидроцилиндра III. Для наладки рабочего хода резьбонарезания используют упоры.

Привод подачи резца в радиальном направлении осуществляет механизм подачи резца посредством толкателя 7, проходящего через отверстие в шпинделе, контактирующего со сменными план-суппортами. Механизм работает от шагового двигателя M_3 (типа ШД5—Д1), который вращает червяк $Z = 1$, находящийся в зацеплении с червячным колесом $Z = 25$. Внутри последнего расположена шариковая гайка, при вращении которой винт XV, зафиксированный от вращения, выдвигается и нажимает на толкатель шпинделя. Толкатель через ряд передач обеспечивает перемещение резца. Минимальное перемещение резца $(1/240) \times (1/25) \times 6 = 0,001$ мм. План-суппорты используют для обработки торцовых поверхностей, внешних и внутренних канавок.

Шпиндельная бабка несет шпиндель V, который не имеет осевого перемещения. В отверстии шпинделя расположена трубчатая тяга б, на конце которой смонтирована кулачковая муфта для захвата инструмента. Последний захватывается пакетом тарельчатых пружин 4, установленных между тягой и торцом шпинделя. Для разжима инструмента тяга б через рычаг 5 подается вперед гидроцилиндром Ц2.

На валу IV закреплен копир 2 индексации шпинделя. Ролик 3 механизма индексации перемещается вдоль копира гидроцилиндром Ц3. Положение его штока контролируется тремя путевыми выключателями. Ролик обеспечивает три положения инструмента в шпинделе: зажатое, разжатое и захваченное автооператором.

Механизм касания обеспечивает переход шпindelной бабки с ускоренной на рабочую подачу при контакте подпружиненного инструмента с обрабатываемой заготовкой. Для этого инструмент в захваченном, но не зажатом положении, несколько выдвинут и имеет возможность осевого перемещения относительно шпинделя *V*. Перемещение контролируется датчиком, установленным на толкателе 7. Станок может работать без контроля касания, однако, при этом усложняется подготовка УП обработки.

Делительный стол фиксируется плоским зубчатым колесом $Z = 72$. При расфиксации стол приподнимается гидравлической диафрагмой, при этом зубья фиксирующих колес выходят из зацепления, а зубья муфты поворота M_5 входят в зацепление. В свободном положении стол поворачивается на заданный угол гидроцилиндром через рейку и реечное колесо $Z = 90$. В конце поворота стол тормозится дросселем. Шток цилиндра возвращается в исходное положение после фиксации стола. Обратный ход штока ограничен упорами, установленными на поворотном барабане.

Устройство автоматической смены инструмента состоит из магазина, автооператора и клещей.

Магазин — планетарный. Он содержит диск с четырьмя инструментальными барабанами и четырьмя гнездами для крупных инструментов. Инструменты располагают в магазине в промежуточных втулках-спутниках, которые предохраняют посадочные места инструментальных оправок от загрязнения. Диск магазина вращается от асинхронного электродвигателя (вал *XVI*) через зубчатую пару (36/50) и червячный редуктор (1/80). На валу *XVII* смонтировано храповое колесо $Z = 8$, которое фиксирует диск в одном из восьми положений. С осью диска цепью связан контактный датчик. При поиске заданной позиции диск вращается по часовой стрелке до получения от датчика команды о прохождении нужной позиции. От этой команды двигатель реверсируется и на ползучей скорости доводит диск до упора храповика в зуб храпового колеса. Червяк $Z = 1$ выполнен подвижным и подпружиненным. При остановке диска червяк сжимает пружину и перемещается вдоль оси, замыкая путевой выключатель электродвигателя.

Барабаны смонтированы на диске на подшипниках качения. Валы барабанов имеют с нижней стороны рычаги с роликами, находящимися под диском. Ролики входят в паз кругового копира и фиксируют барабаны от вращения. В рабочей позиции копир прерывается и его паз переходит в паз, выполненный на храповом колесе $Z = 8$, расположенном на валу *XXI*. Барабан, находящийся в рабочей позиции, таким образом соединяется с приводом, который осуществляется от асинхронного электродвигателя через зубчатую пару (36/50) и червячную передачу (1/35).

Клещи *I* имеют два положения: у магазина и у автооператора. Захват втулки-спутника и поворот клещей выполняются от гидроцилиндра

Ц5 через реечную передачу. Втулка — спутник удерживается в клещах пружиной. Захват втулки-спутника связан с осью ХХIII поворота клещей зубчатой передачей (34/17). При ходе клещей к магазину цилиндр Ц5 имеет дополнительный ход, используемый для разжима клещей.

Автооператор предназначен для передачи инструмента при его автоматической смене из клещей 1 в шпиндель и обратно. Автооператор выполнен в виде планки с двумя захватными устройствами. Поворот автооператора осуществляется гидродвигателем М4 (типа ГД-1) через передачи (20/60), (20/40), (20/70), а его осевое перемещение гидроцилиндром Ц4. Угловое положение автооператора контролируется тремя пугевыми выключателями.

Цикл смены инструмента. 1. В исходном положении автооператор расположен горизонтально, клещи находятся у магазина, а шпиндельная бабка выполняет обработку. 2. С начала рабочей подачи УЧПУ дает команду на поиск нового инструмента. Диск магазина вращается; пришедший на рабочую позицию барабан поворачивается и вносит в клещи требуемый инструмент. Клещи затем занимают горизонтальное положение. 3. УЧПУ дает команду на отвод шпиндельной бабки, смену инструмента и поиск пустого гнезда, соответствующего инструменту в шпинделе. 4. Шпиндельная бабка перемещается в крайнее заднее положение, инструмент предварительно разжимается. 5. Автооператор поворачивается на 45°, полностью освобождая инструмент, а затем поворачивается на 90°, захватывая инструмент, находящийся в клещах и шпинделе. 6. Автооператор выдвигается в переднее положение, поворачивается на 180°, меняя инструменты местами, затем двигается, внося инструменты, один — в корпус шпинделя, другой — в клещи. 7. Шпиндель поворачивается на 45° в промежуточное положение. 8. Автооператор поворачивается на 90° в исходное положение, а клещи ставят отработавший инструмент на место. 9. Шпиндельная бабка начинает быстрый подвод до касания инструмента с заготовкой. Происходит торможение стола, зажим инструмента, разиндексация шпинделя, включается вращение шпинделя и подача.

3.16. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Многоцелевые станки (МС) — это станки, оснащенные УЧПУ и устройством автоматической смены инструментов, предназначенные для комплексной обработки за одну установку корпусных деталей и деталей типа тел вращения. МС выпускают с одним шпинделем и многопозиционным инструментальным магазином (емкостью 12—120 инструментов), при этом инструмент заменяется в шпинделе автоматически по программе (за 5—6 с); с револьверной инструментальной головкой (число инструментов 5—8, при этом смена инстру-

мента за 2—3 с) осуществляется поворотом револьверной головки; с револьверной головкой и инструментальным магазином, что позволяет в процессе резания заменять инструмент 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 замена 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 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. На МС производят, как правило, окончательную обработку деталей. Точность ряда МС соответствует точности координатно-расточных станков: точность отверстий после растачивания соответствует 6—7 качеству; шероховатость обработанной поверхности $R_a = 1—2$ мкм. МС позволяют в автоматическом режиме обрабатывать заготовки сложных корпусных деталей 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 плоскостях. 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, предназначенной для обработки заготовок с одной стороны, а при наличии многопозиционных и поворотных приспособлений — с нескольких сторон.

Вертикальный МС 225ВМФ4 (рис. 198) оснащен инструментальным магазином 3 (емкостью 30 инструментов), расположенным на отдельной стойке рядом со станком. Смену инструмента производит автооператор 2. Шпиндельная бабка 5 (несущий шпиндель 4) перемещается по вертикали (ось Z), а крестовый стол 1 в горизонтальной плоскости (по осям X и Y).

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 кресто-

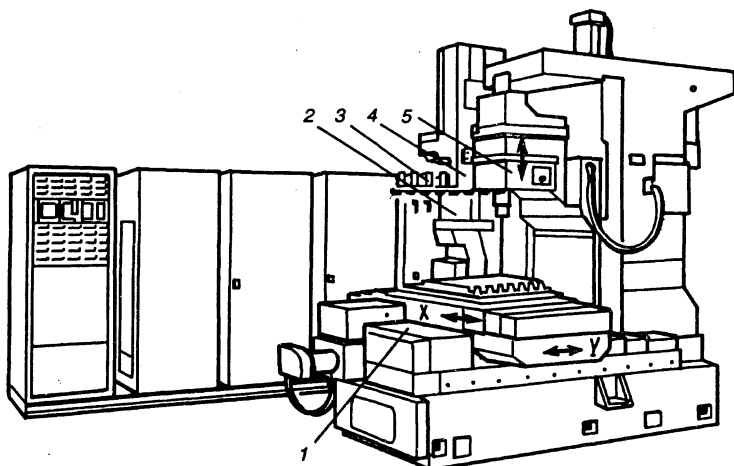


Рис. 198. Вертикальный МС 2254ВМФ4

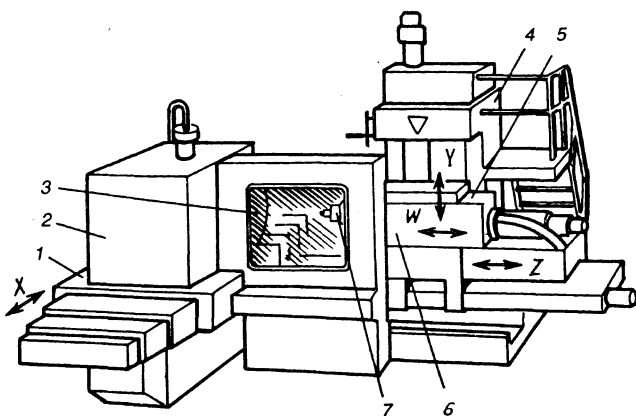


Рис. 199. Токарный МС 16А90МФ4

вым 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.) заготовок деталей типа тел вращения.

Токарный МС 16А90МФ4 (рис. 199) предназначен для изготовления

деталей \varnothing до 800 мм, длиной до 250 мм и массой до 600 кг. Заготовку устанавливают в патрон 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. 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 X). Станок имеет еще один инструментальный шпиндель 6. Шпиндели 6 и 7 обеспечивают частоту вращения инструмента 10—2800 мин⁻¹, шпиндель заготовки — частоту вращения заготовки 6,3—3800 мин⁻¹.

Наличие указанных шпинделей позволяет выполнять на МС все виды токарной работы (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 оснащается системами ЧПУ, которые имеют следующие особенности: значительный 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 подачи; 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, взаимодействующими с ДОС.

Приводы главного движения МС обеспечивают регулирование частоты вращения шпинделя в широком диапазоне при максимальной частоте вращения 3000—4000 мин⁻¹. 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 гидроэлектродвигатели.

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 подачи 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 подачи.

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: с заменой всего шпиндельного устройства (револьверные шпиндельные головки, магазины шпиндельных гильз); со сменой инструмента в одном шпинделе (инструментальные магазины); комбинированные (магазины в сочетании с револьверной головкой, автоматическая, ручная смена).

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

Наиболее распространены УАСИ со сменой инструмента в одном шпинделе, который 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.

Инструментальные магазины выполняют дисковыми (рис. 200, а, б), барабанными (рис. 200, в), цепными (рис. 200, з), планетарными (рис. 200, д). Инструмент в магазинах может располагаться параллельно или наклонно к оси вращения магазина, а также в радиальном направлении.

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 $m = 30-40$ дисковый и 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, расположенными вне станка; при этом смена инструментов осуществляется порталным роботом.

Кодирование инструментов. Когда изготовление детали требует небольшого числа инструментов и каждым из них используется только один раз, инструментодержатели в магазине или револьверной головке располагаются в последовательности выполнения обработки. При каж-

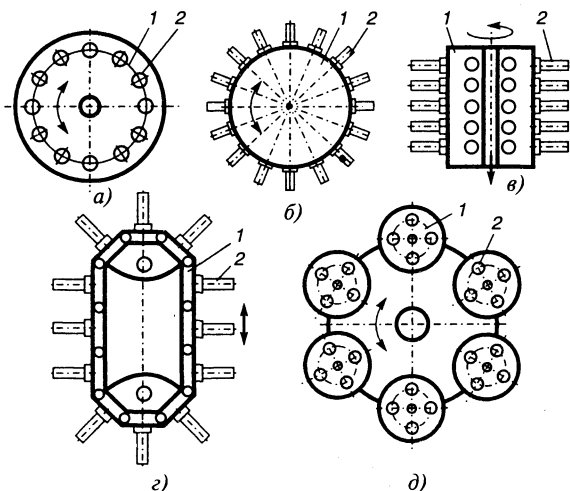


Рис. 200. Инструментальные магазины:

a, б — дисковый, *в* — барабанный, *г* — цепной, *д* — планетарный; 1 — магазин, 2 — инструмент

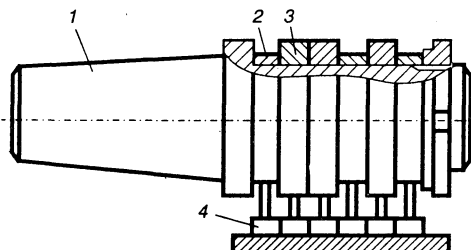


Рис. 201. Кодирование инструментальной оправки

дой смене инструмента магазин перемещается на один шаг. В остальных случаях применяют кодирование инструмента или кодирование гнезда магазина.

Кодирование инструмента на оправке (рис. 201) осуществляют установкой определенной комбинации сменных кодовых колец 2 и 3; во время движения магазина кодовые кольца нажимают на путевые переключатели 4; при возникновении заданной комбинации сигналов магазин остановится в требуемом положении (1 — конус Морзе для крепления оправки).

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 переключателями и др.), кинематически связанными с опорным 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 само гнездо магазина.

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. 202, а) позволяет значительно уменьшить время смены инструмента, так как инструменты одновременно захватываются в магазине и в шпинделе. Существует две схемы работы такого автооператора. **Схема 1.** При смене инструмента автооператор 1 (рис. 202, 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, забирается захватом при перемещении каретки автооператора вниз; затем автооператор ходом вдоль оси шпинделя вытаскивает оправку с отработавшим инструментом; поворачивается вокруг своей оси на 180° и подводит к шпинделю 3 другой инструмент; автооператор вставляет в шпиндель инструмент, в котором он автоматически закрепляется; автооператор перемещается вверх для переноса отработавшего инструмента в магазин.

Схема 2 (рис. 202, в). Автооператор не имеет вертикального перемещения. При смене инструмента он, поворачиваясь 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

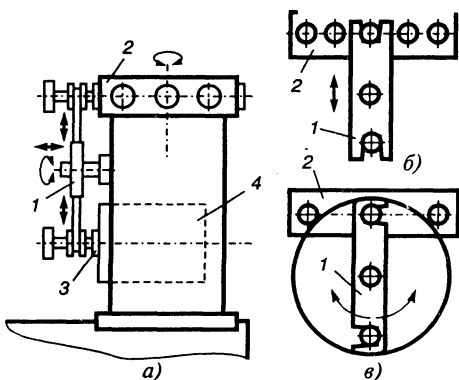


Рис. 202. Схема работы двухзахватного автооператора

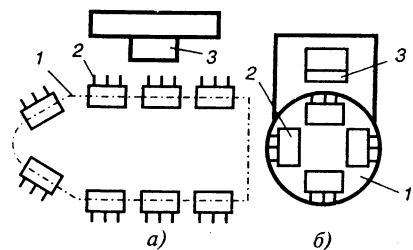


Рис. 203. Схема многоцелевых станков с автоматической сменой многошпиндельных головок

горизонтальное (нейтральное) положение, при котором он не мешает повороту магазина и вертикальному перемещению шпиндельной бабки 4 (рис. 202, а).

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 приводов 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 изготавливаемых деталей. Многошпиндельные головки 2 устанавливают в магазинном устройстве 1 (рис. 203, а) или на поворотном столе 1 (рис. 203, б), заготовки 3 обрабатываются поочередно. Указанные МС оснащаются устройствами автоматической смены шпиндельных головок.

Для сокращения времени загрузки заготовок и съема готовых деталей в МС применяют устройства для автоматической смены; поворотные столы (ПС); маятниковые столы; несколько поворотных столов, работающих одновременно, и др. На рис. 204, а показан МС, оснащенный сдвоенными 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 заготовок с несколь-

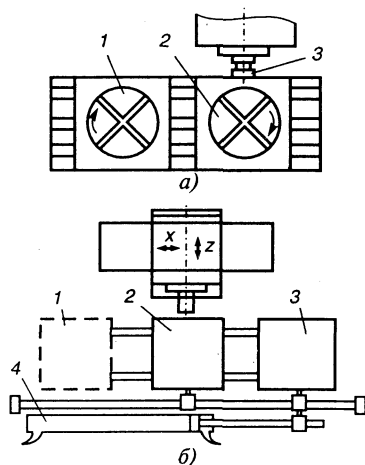


Рис. 204. Схема смены обрабатываемых заготовок:

а — на МС со сдвоенными поворотными столами, б — по маятниковому циклу

ких сторон; при этом второй стол может поворачиваться непрерывно для обработки цилиндрических и сложных криволинейных поверхностей. Схема смены заготовок, размещенных на ПС, показана на рисунке 204, б. В то время, когда ПС с закрепленной на нем заготовкой расположен на рабочей позиции 2, второй ПС загружается новой заготовкой на позиции 1. После окончательной обработки ПС с позиции 2 автоматически перемещается гидроцилиндром 4 в позицию 3 разгрузки, а на позицию 2 поступают 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).

МС 2204ВМФ2 с ЧПУ. Горизонтальный фрезерно-сверлильно-расточной МС с крестовым столом и инструментальным магазином (рис. 205, а) служит для комплексной обработки заготовок корпусных деталей средних размеров с четырех сторон без переустановки. Класс точности станка В. На станке можно выполнять получистовое и чистовое фрезерование концевыми, торцовыми и дисковыми фрезами, сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание и нарезание резьбы метчиками. Точность расточенных отверстий 6—7 квалитет.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности стола (ширина \times длина) 45 \times 500 мм; число инструментов в магазине 30; число частот вращения шпинделя 19, пределы частот вращения шпинделя 32—2000 мин^{-1} ; число подач 31; пределы рабочих подач по координатам X , Y , Z 2,5—2500 мм/мин; скорость быстрых перемещений по координатам X^1 , Y^1 , Z^1 — 7500 мм/мин; габаритные размеры 2630 \times 2785 \times 2250 мм.

УЧПУ — позиционно-прямоугольное типа «размер 2М». Число управляемых координат всего и одновременно 4/2. На перфоленте в коде ИСО 7 bit программируют координатные перемещения стола и шпиндельной головки, величины подачи и частот вращения шпинделя, смену инструмента, цикла обработки и т. д. Точность позиционирования исполнительного органа (ИО) 0,02 мм (поворотного стола 20) обеспечивается индуктивной отсчетной измерительной системой. Дискретность отсчета координат по осям X^1 , Y^1 , Z^1 0,02 мм, поворота стола — 0,01°.

Модификация МС 2204ВМФ4 с УЧПУ «размер 4» имеет пять управляемых координат. Интерполяция линейная, круговая, винтовая. Скорость быстрых перемещений ИО до 10 000 мм/мин.

Компоновка, основные механизмы и движения в станке. На основании А (рис. 205, а) расположена колонна Ж. По вертикальным направляющим последней перемещается шпиндельная головка В (подача по координате Y). Шпиндель не имеет осевого перемещения. Крестовый поворотный стол осуществляет продольные и поперечные перемещения по координатам X^1 и Z^1 по горизонтальным направляющим стани-

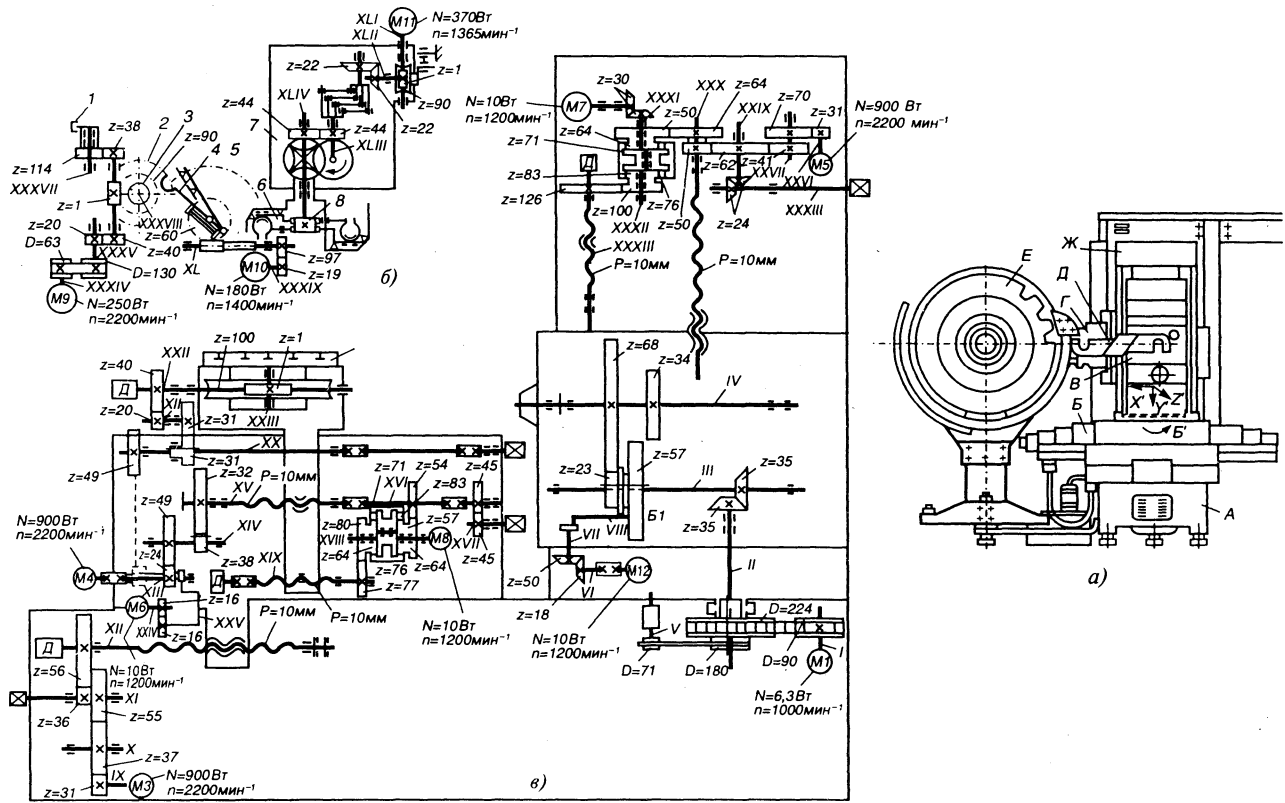


Рис. 205. Многоцелевой станок 2204BMФ2:

а — общий вид, б — механизмы смены инструмента, в — кинематическая схема

ны, а также поворот вокруг вертикальной оси *B*. На колонне смонтировано УАСИ, состоящее из магазина *E*, перегружателя *Г* и автооператора *Д*.

Кинематика станка. Главное движение. Шпиндель *VI* (рис. 205, *в*) получает вращение от электродвигателя постоянного тока *M1* через ременную передачу, коническую пару (35/35) и блок *B1*, который обеспечивает два диапазона частот вращения: блок *B1* переключается электродвигателем *M2* (типа РД-09) через передачу (18/50) и систему рычагов.

Приводы подач вертикального перемещения шпиндельной головки, а также продольного и поперечного перемещения стола и его поворота конструктивно одинаковы, от электродвигателей *M3*, *M4*, *M5* постоянного тока с тиристорным преобразователем через двух- или трехступенчатый редуктор движение передается соответственно транспортным винтам продольного *XIII* перемещения салазок, поперечного *XV* перемещения стола, вертикального *XXX* перемещения головки к шлицевому валу *XXII* поворотного стола.

Уравнение кинематического баланса для цепи продольных S_n , поперечных $S_{\text{поп}}$, круговых S_{κ} и вертикальных $S_{\text{в}}$ подач

$$\begin{aligned} S_n &= (31/37) \times (37/55) \times (36/56) \times 10 \text{ мм/мин}; \\ S_{\text{поп}} &= n_4 \times (24/49) \times (38/52) \times 10 \text{ мм/мин}; \\ S_{\kappa} &= n_4 \times (24/49) \times (31/31) \times (20/20) \times (1/100) \times 360 \text{ град/мин}; \\ S_{\text{в}} &= n_5 \times (31/70) \times (41/62) \times (62/50) \times 10 \text{ мм/мин}, \end{aligned}$$

где n_3 , n_4 , n_5 — частота вращения соответственно двигателей *M3*, *M4*, *M5*.

Колесо $Z=24$ на валу *XIII* передает движение или на поперечную подачу стола, или на его поворот. Это колесо перемещается электродвигателем *M6* (типа РД-09). Положение блока *B1* и колеса $Z=24$ контролируется микропереключателями.

Отсчетная система (рис. 205, *в*). Продольные перемещения салазок отсчитываются фотоимпульсным датчиком *Д*, который смонтирован на ходовом винте *XIII*, угловые перемещения поворотного стола — круговым электроиндуктивным датчиком и датчиком *Д*. Система отсчета поперечных перемещений стола и вертикальных перемещений шпиндельной головки — электроиндуктивная. Отсчетные винты *XIX* и *XXXIII* индуктивных датчиков через зубчатые пары и дифференциальный механизм связаны с транспортными валами *XV* и *XXX*. Сигнал рассогласования от индуктивных датчиков идет в блок управления приводам слежения. В соответствии с сигналом электродвигатели *M7* и *M8* (типа РД-09) через дифференциалы выполняют доворот винтов *XIX* и *XXXIII* в направлении управления сигнала рассогласования. На отсчетных винтах установлены фотоимпульсные датчики; имеются корректсионные датчики и линейки.

Механизм смены инструмента. Состоит (рис. 206, б) из магазина 2, автооператора 7 и перегружателя 4. Магазин в виде барабана с 30 гнездами для инструмента смонтирован на стойке и получает вращение от электродвигателя *M9* постоянного тока через клиноременную передачу, передатчи (20/40), (1/90). Червячное колесо установлено на одном валу *XXXVIII* с магазином и кодовым датчиком 3, который совместно с бесконтактным датчиком 1 представляет собой систему поиска инструментов и точного останова барабана в позиции смены. Тормозная муфта предохраняет барабан от поворота. По команде на смену инструмента магазин быстро вращается. При входе в зону нужного инструмента вращение замедляется и магазин точно останавливается, после чего в работу вступает перегружатель. Последний получает вращение от двигателя *M10* через передачи (19/97) x (1/60). При повороте клещи 5 под действием тарельчатых пружин сжимаются и захватывают оправку с инструментом, перенося ее в двухзахватное устройство 6 автооператора 7.

Автооператор захватывает инструмент в перегружателе и шпинделе, меняет их места и вставляет в клещи использованный инструмент. Электродвигатель *M11* через передачи $Z = 1/90$, $Z = 22/22$ передает вращение на распределительный вал, на котором установлено водило мальтийского креста.

При вращении последнего захватное устройство поворачивается на 180°. На валу *XIV* закреплен кулак 8 фиксации инструмента в захватном устройстве. Полная смена инструмента осуществляется за один оборот распределительного вала. Кривошипно-шатунный механизм обеспечивает движение автооператором вдоль оси шпинделя. Инструмент затягивается в конус шпинделя пакетом тарельчатых пружин через шток. Отжим инструмента для его замены осуществляется через систему зубчатых колес от отдельного электродвигателя. Цикл смены инструмента составляет 4 с, значительная его часть совмещена с машинным временем.

МС ИР500ПМФ4 с ЧПУ. Станок (рис. 206) служит для обработки заготовок корпусных деталей. На станке производятся сверление, зенкерование, растачивание, развертывание, фрезерование, нарезание резьбы метчиками. Поворотный стол станка устанавливается в 72 позиции. Точность позиционирования $\pm 5''$. Это позволяет обрабатывать консольным инструментом сосновые отверстия с поворотом стола. Станок имеет гидромеханическое устройство для автоматической смены столов-спутников. Устройство обеспечивает загрузку и разгрузку, ориентацию и фиксацию столов-спутников. Такой комплекс представляет собой ГПМ. Класс точности станка П. Станок может быть встроен в ГПС.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности плиты спутника (длина x ширина) 500 x 500 мм; максимальный диаметр растачиваемого отверстия 125 мм; максимальный диаметр сверления

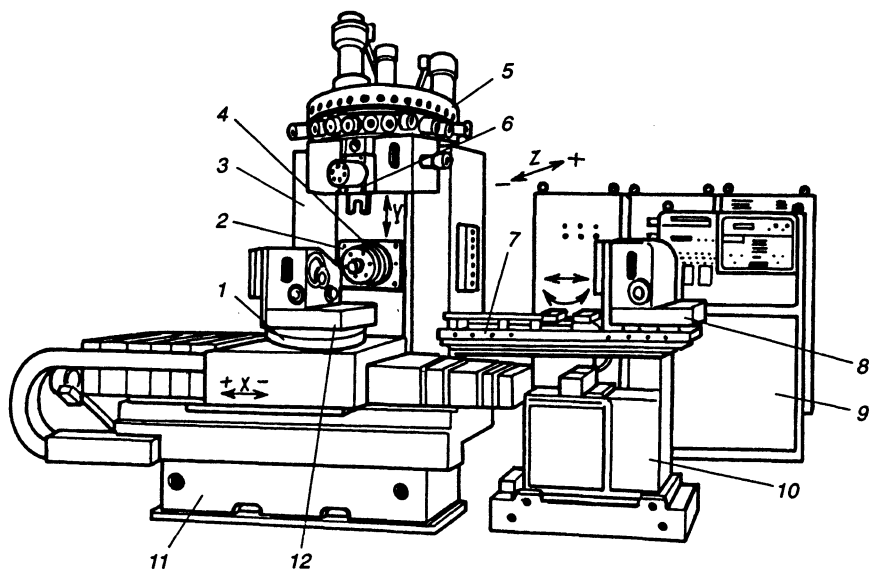


Рис. 206. Многоцелевой станок IP500MФ4

40 мм; вместимость магазина 30 инструментов; число частот вращения шпинделя 89; пределы частот вращения шпинделя $21\text{--}3000\text{ мин}^{-1}$. Регулирование подач бесступенчатое; пределы подач стола, шпиндельной бабки, стойки $1\text{--}2000\text{ мм/мин}$; скорости быстрых перемещений подвижных механизмов до $10\,000\text{ мм/мин}$; габаритные размеры станка $6000 \times 3750 \times 3100\text{ мм}$. УЧПУ — комбинированные с линейной и круговой интерполяцией различного исполнения. Дискретность задания перемещений $0,002\text{ мм}$. Число управляемых координат (из них одновременно $3/2$). Имеются корректоры ввода УП с перфоленты (код ISO, EVA) или вручную с пульта, или от ЭВМ; считывание УП фотоэлектрическое, обрабатываются автоматические циклы по ISO.

Компоновка, основные механизмы и движения в станке. Узлы станка смонтированы на общей жесткой станине 11. По ее направляющим перемещается в продольном направлении стойка 3 (подача по оси). Внутри стойки расположена бесконсольная шпиндельная бабка 2, имеющая вертикальное перемещение (подача по оси Y). Поворотный стол 1 движется по направляющим станины в поперечном направлении подач по оси X . Магазин 5 смонтирован на верхнем торце стойки, инструмент заменяется автооператором 6. Двухпозиционный поворотный стол 7, смонтированный на отдельной станине 10, обеспечивает быструю смену заготовок. Инструмент закрепляется в шпинделе 4.

Во время обработки заготовки на спутнике 12, другую заготовку

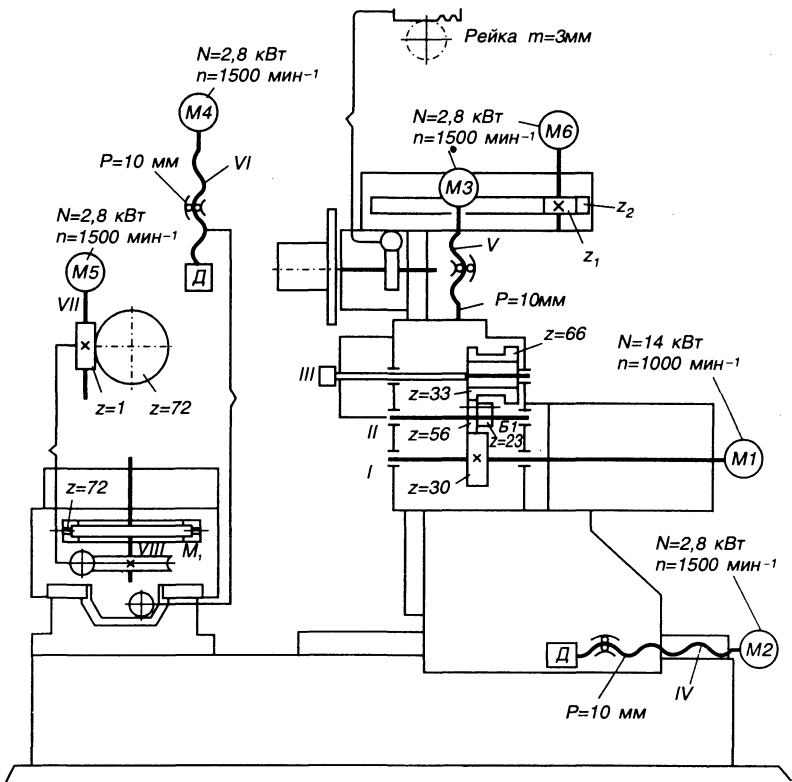


Рис. 207. Кинематическая схема станка ИР500МФ4

устанавливают на спутнике 8. После обработки спутник 12 автоматически перемещается на стол 7, который затем поворачивается на 180° , а спутник 8 с заготовкой поступает на стол 1 для обработки. Обработанную деталь снимают со спутника 12 и устанавливают на него следующую заготовку. УЧПУ расположено в шкафу 9.

Кинематика станка. Главное движение шпиндель III (рис. 207) получает от регулируемого двигателя постоянного тока M1 через двухступенчатую коробку скоростей. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется в пределах $1000\text{--}3150\text{ мин}^{-1}$ при постоянной мощности ($N = 14\text{ кВт}$ и $21\text{--}1000\text{ мин}^{-1}$ при постоянном моменте 700 Нм). Блок B1 переключается гидравлически. С блока колес $Z = 33$, $Z = 66$ крутящий момент на шпиндель передается через зубчатую муфту. Зажим инструмента осуществляется от тарельчатых пружин, отжим гидроцилиндром. В станке имеется механизм угловой ориентации шпинделя и оправки.

Подачи (рис. 207) стойки шпиндельной бабки стола выполняются посредством высокомоментных двигателей $M2, M3, M4$ с возбуждением от постоянных магнитов и ходовых винтов качения IV, V, VI ; приводы подач укомплектованы датчиками обратной связи (ДОС), типа индуктосин или револьвер. При комплектации с револьвером станок имеет класс точности Н и обозначается НР500МФ4.

Поворотный стол вращается от высокомоментного электродвигателя $M5$ через червячную пару $Z = 1/72$. Перед поворотом гидросистемы обеспечивает расцепление двух зубчатых полумуфт $Z = 72$, муфты M_1 с торцовыми зубьями. После поворота полумуфты сцепляются и стол зажимается.

Направляющие всех ИО имеют смешанное трение: нижние и боковые направляющие выполнены на опорах качения, лицевые направляющие скольжения изготовлены из полимерного антифрикционного материала.

Механизм смены инструмента состоит из магазина и двухзахватного оператора (см. рис. 202). На смену инструмента в шпинделе затрачивается 6 с. Магазин вращается от высокомоментного электродвигателя $M6$ с возбуждением от постоянных магнитов через зубчатую пару (рис. 207). Колесо Z_2 закреплено на корпусе магазина, номера гнезд которого закодированы. В корпусе магазина установлены упоры, воздействующие на конечные выключатели, отсчитывающие поворот при поиске нужного инструмента.

Автооператор оснащен механизмами поворота, вертикального перемещения и выдвижения. Механизмы работают от гидросистемы станка. Поворот автооператора осуществляется от реечной передачи $m = 3$ мм. Контроль и управление циклом автоматической смены инструмента выполняется бесконтактными конечными выключателями.

Поворот двухпозиционного стола на 180° осуществляется гидроцилиндром через реечную передачу (гидроцилиндры на схеме не показаны).

Гидросистема станка обеспечивает уравнивание шпиндельной бабки, переключение блока зубчатых колес шпиндельной бабки, отжим инструмента, ориентацию шпинделя, фиксацию инструментального магазина, работу механизмов автооператоров, зажим-отжим поворотного стола, столов-спутников, их автоматическую смену.

3.17. СТАНКИ С ЧПУ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

Назначение и принцип работы электроэрозионных станков. Расширение возможностей и повышение производительности шлифовальных и заточных станков достигается применением электроэрозионных методов обработки. Электроэрозионная обработка основана на физи-

ческом явлении, заключающемся в направленном выбрасывании электронов под действием происходящего между электродами электрического импульсного заряда (рис. 208, а). При сближении двух электродов 1 и 2 и подключении к ним напряжения, достаточного для пробоя образовавшегося межэлектрического промежутка, возникает электрический заряд в виде узкого проводящего столба с температурой, измеряемой десятками тысяч градусов. У основания этого столба наблюдается разрушение (оплавление, испарение) материала электродов. Жидкая среда обеспечивает возникновение динамических сил, необходимых для удаления разрушаемого материала. Охлаждая электроды, жидкость стабилизирует процесс. Наиболее часто в качестве среды применяют трансформаторное масло, керосин. Основными разновидностями электроэрозионного способа являются электроискровая, электроимпульсная и анодно-механическая обработка.

Электроискровая обработка характеризуется широким диапазоном режимов обработки — от черновой, производительностью 1,5—10 мм³/с при $R_z = 160—40$ мкм до отделочных производительностью около 0,001 мм³/с при $R_a = 1,25—0,16$ мкм. Характерные черты этого процесса: сравнительно низкая производительность обработки, большой износ электродов, применение преимущественно релаксационных, т. е. зависящих от состояния межэлектродного промежутка схем генерирования импульсов — длительностью 10—200 мкс при частоте 2—5 кГц, использование прямой полярности тока, образование на обрабатываемой поверхности тонкого дефектного слоя толщиной 0,2—0,5 мм на черновых и 0,02—0,05 мм на чистовых режимах. Интенсивный износ электродов ограничивает возможности этого метода.

Электроискровой метод применяют при обработке заготовок небольших размеров, изготовлении твердосплавных матриц штампов, обработке отверстий малого диаметра, шлифовании, растачивании профильными электрод-резцами. Инструмент является катодом, а заготовка — анодом. Напряжение в сети при обработке не превышает 250 В. При такой схеме работает электроэрозионный прошивочный станок с программным управлением 4Д722 АФЗ. Обычно профиль инструмента соответствует профилю обрабатываемого контура, но возможно вырезание непрофильной проволокой различных контуров. Материал инструмента — чаще всего медь М1, М2, медный сплав МЦ-1, алюминий и его сплавы. Особенностью процесса является значительный износ инструмента (износ катода соизмерим с износом анода).

При алмазно-электроэрозионном шлифовании микрорезание алмазным инструментом 1 детали 2 сопровождается процессом эрозионного разрушения. Выпускают алмазно-электроэрозионные станки для заточки резцов ЗЕ624ЭР, дисковых фрез ЗЕ667РФ1, а также кругло- и внутришлифовальные станки ЗК12Р, ЗК226ВР (рис. 208, б). В качестве инструмента для данного вида обработки применяют алмазные круги

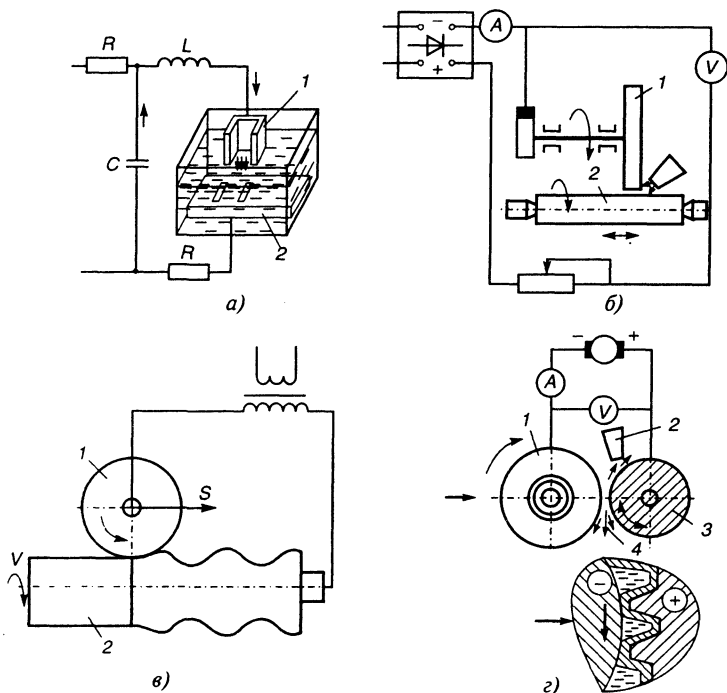


Рис. 208. Рабочие зоны станков электроискровой обработки (а), электроэрозионного шлифования (б), электроконтактного выглаживания (в) и анодно-механической обработки (г)

на токопроводящих металлических связках *М1, МВ1, МО13Э, МО4* с алмазами марки АСР, АСВ, зернистостью 100/80—250/200, концентрацией 100 %.

Режимы электроимпульсной и электроискровой обработки различны. При электроимпульсной обработке применяют пониженные напряжения и большие значения средних токов, а частота тока, питающего разрядный межэлектродный промежуток, стабильна. Электроимпульсная обработка характеризуется применением униполярных импульсов тока длительностью 0,5—1,0 мкс, скважностью 1—10; производительностью 100—300 мм³/с на грубых режимах с $Rz = 80—400$ мкм; малым относительным износом электродов, составляющим для графита 0,1—0,5 %; применением обратной полярности (при соединении электродов к положительному полюсу источника тока); применением в качестве источников тока транзисторных широкодиапазонных генераторов импульсов низкой и средней частоты (400—3000 Гц) типа ШГИ, ГТИ, ВГ-3В; работой обычно с низким напряжением (25—30 В) и большой силой тока (50—5000 А). Основная область

применения электроимпульсного метода — образование отверстий в деталях больших объемов, сложной формы и невысокой точности в заготовках из обыкновенной и жаропрочной стали (например, штампов, лопаток турбин, цельных роторов турбин, решеток и т. п.).

Электроконтактная обработка основана на механическом разрушении или формоизменении металлических поверхностей, производимым одновременно с нагревом или расплавлением этих поверхностей электрическим током (рис. 208, *в*). При этом методе в месте контакта двух токопроводящих поверхностей 1 и 2 выделяется тепло вследствие повышенного сопротивления, а также электрического разряда. Разрушение поверхности заготовки при обработке с напряжением свыше 10 В (до 20—22 В) и рабочим током 5000 А происходит в результате электродугового процесса возникновения множества микродуг в месте контакта микронеровностей электродов (инструмента и заготовки). Источниками питания служат трансформаторы с жесткой характеристикой или выпрямители; могут быть использованы также сварочные агрегаты. Они устанавливаются на универсальных токарных, фрезерных и других станках. Движущийся инструмент подводит ток и удаляет размягченный металл, но благодаря вибрации способствует возникновению множества прерывистых контактов, необходимых для образования дуговых разрядов. Для обтачивания, растачивания и подрезки торцев используют чашечные электроды из серого чугуна диаметром 150—350 мм и высотой 68—90 мм, а для отрезки — дисковые.

Основной особенностью электроконтактной обработки является высокая производительность процесса до 3000 мм³/с при низком качестве обработки. На мягких режимах производительность составляет 2 мм³/с при $R_z = 80—20$ мкм и глубине микротрещин на твердых сплавах или закливающихся сталях до 0,3—0,5 мм. Во всех случаях наблюдаются наплывы на кромках обрабатываемой поверхности. Электроконтактную обработку выполняют в воздушной или жидкой среде. Производительность обработки линейно растет с увеличением напряжения и мощности питания. Этот метод применяют в основном для обработки крупных деталей. Он может быть использован для зачистки литейных поверхностей и сварных швов.

Анодно-механическая обработка заключается в электрохимическом растворении металла с его механическим удалением; дополнительно может иметь место электроэрозионное разрушение. Схема обработки показана на рис. 208, *г*. При сближении электродов 3 (деталь) и 1 (инструмент) и прохождения между ними электролита (рабочей жидкости) из сопла 2, под действием тока происходит разрушение электрода, соединенного с положительным источником тока (анодом). Это разрушение при низких плотностях тока происходит в виде анодного растворения металла, а при высоких плотностях в виде его электроэрозионного разрушения. Образующиеся продукты распада 4 плохо проводят ток и изолируют один электрод от другого. Для их удаления

осуществляют движение инструмента с небольшой силой. Процесс протекает непрерывно, сближающийся материал продолжает разрушаться и требуемая обработка осуществляется независимо от его твердости.

Процесс анодно-механической обработки зависит от плотности тока, напряжения и давления на обрабатываемую поверхность, а также от скорости движения инструмента. Электролитический режим определяет производительность процесса и качество обработанных поверхностей. Напряжение источника тока колеблется от десятых долей А/см² на чистовых операциях до нескольких А/см² на черновых. Давление инструмента обуславливает межэлектродный зазор и связанное с ним электрическое сопротивление, а совместно с силой тока и рабочим напряжением определяет съем металла. Скорость перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности влияет на скорость и степень нагрева поверхностного слоя металла заготовки и шероховатость поверхности. Скорость инструмента составляет 0,5—25 м/с, а сила его прижима — 50—200 кПа. Наилучший состав рабочей жидкости — раствор жидкого стекла (силиката натрия) в воде.

Анодно-механическая обработка характеризуется малым износом электрода-инструмента относительно электрода-заготовки, обычно не превышающим 20—30 % на грубых, 2—3 % на чистых режимах; высокой производительностью на грубых режимах, достигающей 35—100 мм³/с при $Rz = 500—600$ мкм, и шероховатостью поверхности на мягких режимах, достигающей 1 мкм при производительности 0,01 мм³/с. Анодно-механическую обработку выполняют на оснащенных генератором и электролитной установкой токарных, фрезерных, сверлильно, шлифовальных и других станках. Электроэрозионные явления при анодно-механической обработке снижают удельные затраты мощности по сравнению с обычным резанием в 3,3 раза.

Электроэрозионный станок типа 4732 ФЗ предназначен для обработки заготовок сложного контура с прямойлинейной образующей, например рабочих элементов вырубных штампов, фасонных фильер в матрицах, фасонных резцов, шаблонов и подобных заготовок из любых токопроводящих материалов: легированных, закаленных сталей, металлокерамических, твердых сплавов, цветных металлов и т. д. Электродом-инструментом является непрерывно перемещающаяся латунная, вольфрамовая или молибденовая проволока диаметром 0,05—0,3 мм.

Обработку ведут в среде рабочей жидкости, в качестве которой используют воду с антикоррозийными присадками или керосин. Импульсный технологический ток вырабатывается тиристорным генератором типа ГКИ-250.

Станок может комплектоваться копировальной системой управления, работающей по фотошаблону. Это позволяет обрабатывать заготовки со сложным контуром, программирование которого затруднено.

Заготовки с наклонной образующей обрабатывают при применении специальных приспособлений.

Техническая характеристика станка. Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки 250 x 160 x 75 мм; наибольшая масса заготовки 45 кг; точность изготовления контура 0,032 мм; производительность мм³/мин при обработке заготовок из стали и меди — 35; из твердого сплава — 18; габаритные размеры станка 830 x 1200 x 1570 мм.

Устройство ЧПУ станка типа CNC (15ИПИ—3—001 или 2М—43) имеет линейно-круговой интерполятор, обеспечивает управление двухкоординатным приводом подачи в плоскости X — Y по программе, заданной в коде ISO. Цена деления импульса программного управления при линейных перемещениях 0,001 мм, при круговых 0,1°, точность координатных перемещений по программе 0,025 мм. Для обработки поверхности наклонной проволокой необходимо управление по третьей координате для поддержания заданного угла наклона проволоки. В этом случае нужно пользоваться служебной программой-интерпретатором, поставляемой со станком. Она заносится в оперативное запоминающее устройство к ЧПУ и вслед за ней помещается программа для обработки детали.

Станок состоит из следующих механизмов: (рис. 209) на станине A установлены подъемная ванна B и механизм координатных перемещений G ; скоба B несет на себе механизмы перемотки, натяжения проволоки; в ванне расположен стол D г-образной формы для крепления обрабатываемой заготовки. Подъем и опускание ванны с рабочей жидкостью осуществляется винтом II с шагом $P = 4$ мм, движение которому передается от двигателя $M1$ ($N = 0,18$ кВт, $n = 2980$ мин⁻¹) через червячный редуктор. Скорость перемещения ванны $V = 2890 \times \sqrt{2} / (77 \times 4) = 300$ мм/мин.

Перемещение скобы с проволокой в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях является движением формообразования. Ходовые винты качения $Y1$ и X с шагом $P_{х.в.} = 5$ мм приводятся в движение шаговыми двигателями $M2$ и $M3$ типа ШД5—Д1М через редукторы $Z = 18—36$, $Z = 18—60$, $Z = 24—75$.

Линейное перемещение скобы в том или другом направлении за один импульс при минимальном повороте вала шагового двигателя на 1,5° составит: $(1/240) \times (18/36) \times (18/60) \times (24/75) \times 5 = 0,001$ мм.

Ручное перемещение скобы осуществляется в продольном направлении непосредственно от ходового винта X , в поперечном направлении — через винтовую зубчатую передачу $Z = 28—28$.

В качестве направляющих в станке использованы линейные подшипники качения.

Перемотка проволоки осуществляется непосредственно двигателем $M4$ типа РД—09 со встроенным редуктором $N = 10$ кВт; редукция 1/76 мин⁻¹ через ведущий ролик диаметром 45 мм. Скорость перемотки регулируется в пределах 8—20 мм/с за счет изменения частоты враще-

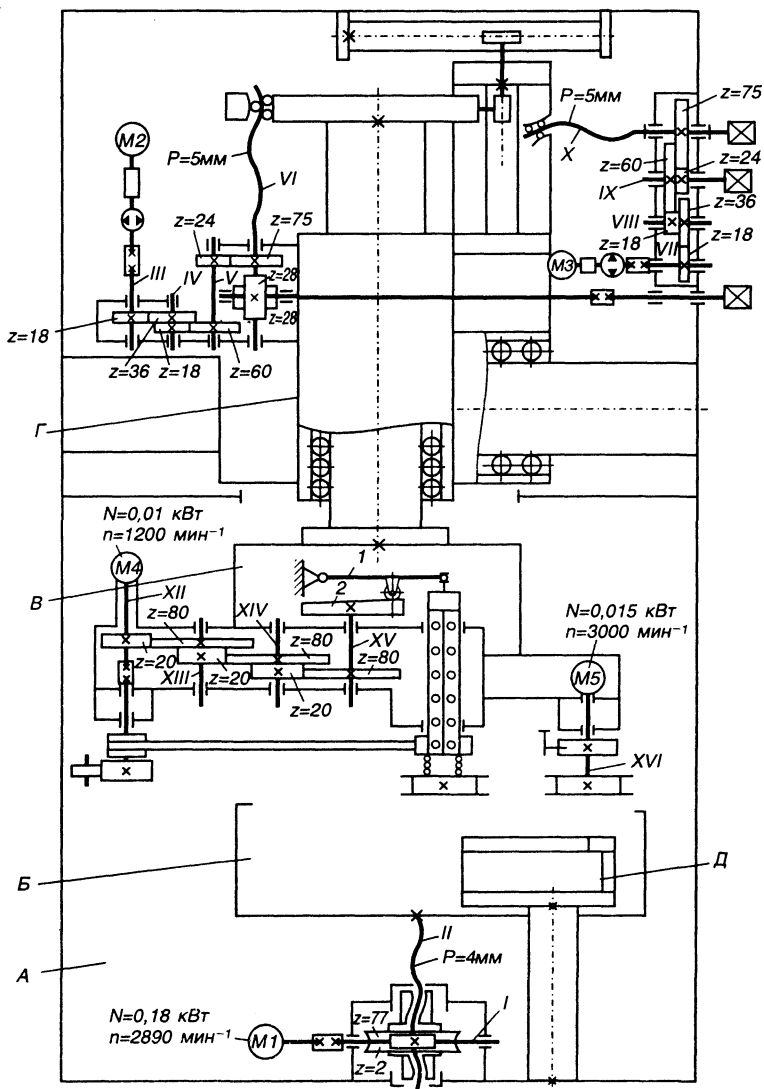


Рис. 209. Кинематическая схема электроэрозионного вырезного станка 4732Ф3 с ЧПУ

ния двигателя *M4*. Вращение на катушку, принимающую отработанную проволоку, передается через ременную передачу. Направление движения проволоки в рабочей зоне сверху вниз. Раскладка проволоки на приемной катушке производится за счет осевого возвратно-поступательного движения катушки, осуществляемого качающимся рычагом

1 и торцовым кулачком 2. Вращение кулачку передается от двигателя М4 через зубчатые пары (20/80) x (20/80) x (20/80). Натяжение проволоки осуществляется электродвигателем М5 ($N = 0,015$ кВт, $n = 3000$ мин⁻¹), работающим в заторможенном режиме. Управление наклоном проволоки происходит от шагового двигателя ШД5—Д1М.

Ультразвуковая обработка металлов. Ультразвуковыми называют большую группу процессов и операций разнообразного назначения, осуществляемых с механическими упругими колебаниями частотой выше 16—18 кГц. В одних процессах ультразвуковые колебания используют для передачи в зону обработки необходимого количества энергии (размерная ультразвуковая обработка твердых материалов), в других служит средством интенсификации химических и электрохимических процессов. Ультразвуковая размерная обработка — это направленное разрушение твердых и хрупких материалов при помощи мельчайших зерен абразивного порошка, вводимых в виде суспензий в зазор между торцом инструмента и заготовкой, колеблющихся с ультразвуковой частотой. Под ударами зерен абразива скалываются мелкие частицы материала с поверхности заготовки. Обрабатываемая площадь и наибольшая глубина обработки зависят от сечения и свойств магнитострикционного материала, из которого изготовлен двигатель-преобразователь.

Ультразвуковой обработке поддаются хрупкие материалы (стекло, твердые сплавы и др.), частицы которых скалываются ударами зерен абразива. Вязкие материалы (незакаленная сталь, латунь) плохо обрабатываются ультразвуковым способом, так как в этом случае не происходит сколов. На рис. 208, з изображена схема ультразвуковой обработки. Магнитострикционный преобразователь 1 связан с концентратором 2, к концу которого присоединен инструмент 3, воздействующий на абразивные частицы суспензии 5. В заготовке 4 обрабатывается отверстие, копирующее форму и размеры (в сечении) инструмента. Суспензии подают в ванну насосом 6. Электрический высокочастотный ток к преобразователю подается от генератора 7. При работе установки преобразователь охлаждают проточной водой.

Ультразвуковую обработку используют для изготовления отверстий разнообразного профиля в труднообрабатываемых материалах, а также для гравировки и маркировки. Материалом инструмента служат латунь, медь, чугун. Профиль инструмента соответствует профилю обрабатываемого отверстия. Все шире применяют алмазные инструменты для обработки деталей из хрупких твердых материалов. Ультразвуковая алмазная обработка отличается высокой производительностью и сопровождается предельным износом инструмента.

Для ультразвуковой обработки материалов на фрезерных станках разработана универсальная ультразвуковая головка УЗБГ—4, питаемая от серийного генератора УЗГ—3—0,4. Головка, предназначенная для обработки глухих цилиндрических, конических и фасонных поверхно-

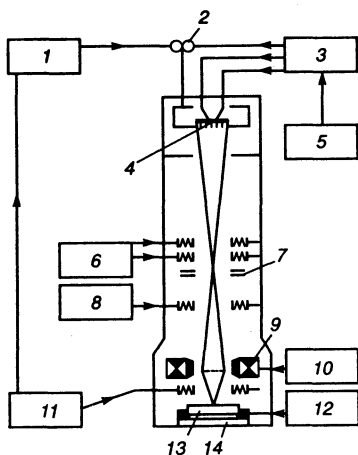


Рис. 210. Схема установки для электронно-лучевой обработки:

1 — генератор импульсов, 2 — импульсный трансформатор, 3 — источник напряжения, возбуждения и накала, 4 — катод, 5 — источник высокого напряжения, 6 — электромагнитная юстировка, 7 — диафрагма, 8 — корректор изображения, 9 — магнитная линза, 10 — источник питания линзы, 11 — контрольный контур, 12 — катодный осциллоскоп, 13 — обрабатываемая заготовка, 14 — рабочий стол

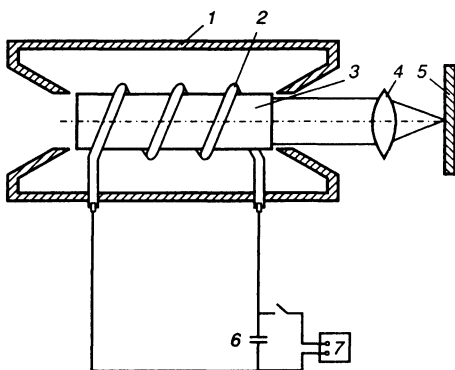


Рис. 211. Схема светолучевой обработки:

1 — отражатель, 2 — импульсный источник излучения, 3 — активное вещество, 4 — линза, 5 — обрабатываемая заготовка, 6 — батарея конденсаторов, 7 — источник питания для зарядки конденсаторов

стей, канавок, пазов криволинейной формы в хрупких неметаллических материалах, отличается простотой конструкции и возможностью легкой разборки для замены сальников и щеток. В головке обеспечена легкая установка и смена алмазных инструментов.

Рабочая частота головки $44 + 5$ кГц; амплитуда колебаний торца до 15 мкм; наибольшая частота вращения 2500 мин^{-1} ; время непрерывной работы 60 мин; масса 2,6 кг; диаметр алмазного инструмента 3—1,5 мм.

Электронно-лучевая обработка основана на использовании кинетической энергии сфокусированного пучка электронов. Большие скорости электронам сообщают с помощью высоких ускоряющих напряжений в среде, имеющей достаточный вакуум. Сущность процесса состоит в испарении вещества из зоны касания электронного луча. Этот вид обработки применяют для вырезания микродиодов, изготовления тонких пленок и сеток из медной фольги и т. д. Такой обработкой можно получать очень малые отверстия и прорезы шириной до 0,01 мм. Установка для электронно-лучевой обработки (рис. 210) состоит из электронной пушки, в которой образуется мощный элект-

ронный луч, вакуумной или рабочей камеры (вместе с устройствами для точной установки и перемещения заготовки), вакуумных насосов, контрольной схемы, управляющей электронным лучом и его траекторией, высоковольтного источника энергии, приборов для наблюдения и контроля за ходом процесса. Для уменьшения энергии, рассеиваемой в материале детали, применяется импульсный режим работы.

Лазерная обработка — обработка сфокусированным световым лучом. Ее применяют для резки, сварки, получения отверстий и т. п. Лазеры работают в импульсном режиме. Энергия их светового импульса невелика, но она сфокусирована в луче диаметром 0,01 мм и выделяется в миллионные доли секунды. При такой концентрации энергии и ее мгновенном выделении материал обрабатываемой заготовки нагревается до высоких температур, плавится и испаряется.

Лазер или квантовый генератор состоит из трех основных элементов: активного вещества, являющегося источником индуцированного излучения, источника возбуждения (подкачки), который снабжает энергией активное вещество, и резонансной системы. Когда энергия импульса источника излучения превышает определенную величину, наблюдается увеличение интенсивности излучения в 1000 раз; с помощью линзы оно фокусируется в узкий пучок (рис. 211). Оптическая подкачка осуществляется одним или несколькими источниками излучения (вспышками), снабженными рефлекторами-отражателями. резонансной системой служит стержень из рубина или ниобиевого стекла, торцы которого отполированы и представляют собой зеркала, причем один торец покрыт непрозрачным слоем серебра, а другой, также посеребренный, имеет коэффициент пропускания около 8 %.

Оптический квантовый генератор работает следующим образом: при разрядке конденсатора происходит возбуждение световых колебаний, появляется вспышка света продолжительностью около 0,001 с. Свет отражателем фокусируется на стержень, в результате чего его атомы переходят в возбужденное состояние. Когда больше половины атомов приходит в возбужденное состояние, равновесие становится неустойчивым, и вся энергия, аккумулированная в кристалле, освобождается, и кристалл испускает ослепительно яркий свет.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение, устройство и принцип работы станков строгально-протяжной группы?
2. Какова классификация шлифовальных станков?
3. Как правят шлифовальные круги?
4. Расскажите о методах балансировки и крепления шлифовальных кругов.

5. Каково устройство и принцип работы круглошлифовальных, бесцентровошлифовальных, внутришлифовальных и плоскошлифовальных станков с ручным управлением и с ЧПУ?

6. Расскажите назначение, устройство и принцип работы зубообрабатывающих станков с ручным управлением и с ЧПУ.

7. Каково назначение, устройство и принцип работы агрегатных станков?

8. Каковы преимущества агрегатных станков по сравнению со специальными?

9. Каково назначение, устройство и принцип работы многоцелевых станков с ЧПУ?

10. Каково назначение, устройство и принцип работы электрохимических и электрофизических станков с ЧПУ?

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНОЧНЫХ СИСТЕМ МЕХАНООБРАБОТКИ

Производство изделий машиностроения примерно на 80 % имеет мелко- и среднесерийный характер. Быстрое обновление широкой номенклатуры изготавливаемых машин при одновременном росте сложности их конструкции и точности вызывает необходимость быстрой и эффективной перестройки производства на предприятиях на основе высокоавтоматизированных станков с ЧПУ, обслуживаемых ПР. Быстро переналаживаемое автоматизированное производство окупается в приемлемые сроки только при условии его работы в две-три смены. Автоматизированное производство обслуживается рабочими только в первую смену, во вторую и третью смены оно функционирует практически без обслуживающего персонала. В дневную смену автоматизированное производство работает в режиме наладки и подготовки к работе (комплектование и входной контроль заготовок, подлежащих обработке, наладка, контроль состояния и комплектование режущего инструмента, проверка и корректировка УП, контроль состояния, обслуживание оборудования и др.); в вечернюю и ночную смены производство работает в автоматическом режиме под наблюдением дежурного персонала. Принцип такой работы заложен в ГПС различной сложности.

Основные определения. Станочная система (СС) представляет собой совокупность станков и вспомогательного оборудования, которая служит для обработки одной или нескольких одинаковых заготовок, а также заготовок широкой номенклатуры на основе одного и нескольких различных маршрутных технологических процессов.

Автоматизированные или автоматические СС — совокупность взаи-

модействующих станков и вспомогательного оборудования, объединенных автоматизированными или автоматическими подсистемами: транспортно-накопительной, инструментального обеспечения и управления. Автоматизированные СС функционируют с участием человека в реализации некоторых производственных функций, а автоматические СС — без участия человека или с минимальным его участием.

В зависимости от типа производства СС подразделяется на специальные (непереналаживаемые), специализированные (переналаживаемые) и универсальные (гибкие).

К специальным СС относятся переналаживаемые автоматические линии (АЛ) для обработки заготовок 1—2 наименований. Годовая программа выпуска деталей одного наименования более 75 000 шт. по одному маршрутному технологическому процессу. Поток обрабатываемых заготовок следует по схеме «станок — станок». В состав специальных СС, являющихся основным средством автоматизации крупносерийного и массового производства, входят различные сочетания специальных, специализированных систем и других механизмов. Благодаря наличию разветвленных транспортных систем и промежуточных позиций накопления деталей, настройку и техническое обслуживание отдельных станков в АЛ можно выполнять без существенного снижения выпуска изделий. При изготовлении малогабаритных и однородных по форме деталей наиболее производительны роторные линии, в которых процессы обработки и транспортирования деталей совмещены во времени.

К специализированным СС относятся переналаживаемые АЛ (ПАЛ), в состав которых входят универсальные и специализированные станки, транспортно-накопительные системы и другие механизмы. ПАЛ выполняют обработку заготовок от 2 до 15 наименований. В универсальные СС входят только универсальные станки; поток обрабатываемых заготовок движения по схеме «станок — склад — станок». К этой группе СС относятся (ГПС), служащие для обработки заготовок широкой номенклатуры с различными технологическими маршрутами.

ГПС — совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов (РТК), гибких производственных модулей (ГПМ), отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. В ГПС предусмотрена автоматизированная переналадка при изготовлении изделия произвольной номенклатуры в установленных пределах значений и их характеристик.

РТК — совокупность единицы технологического оборудования, ПР и средств оснащения. РТК функционирует автономно и осуществляет многократные циклы. Комплекс оснащает устройствами накопления, ориентации, поштучной выдачи объектов производства и другими устройствами, обеспечивающими функционирование РТК. В качестве

технологического оборудования может быть использован ПР. В РТК, предназначенном для работы в ГПС, должны быть предусмотрены автоматизированная переналадка и возможность встраивания в систему.

ГПМ — единица технологического оборудования с программным управлением для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик. ГПМ, автономно функционирующий и автоматически осуществляющий все функции, связанные с изготовлением изделий, можно встраивать в ГПС.

Роботизированная технологическая линия (РТЛ) — совокупность РТК, связанных между собой транспортными средствами и системой управления, или несколько единиц технологического оборудования, обслуживаемых одним или несколькими ПР для выполнения операций в применяемой технологической последовательности.

Система обеспечения функционирования (СОФ) ГПС — совокупность взаимосвязанных автоматических систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку производства, управление ГПС посредством ЭВМ, автоматическое перемещение объектов производства и технологической оснастки. В СОФ в общем случае входят: автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО); система автоматизированного контроля (САК); автоматизированная система удаления отходов (АСУО); автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП); автоматизированная система научных исследований (АСНИ); система автоматизированного проектирования (САПР); автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП); автоматизированная система управления (АСУ) и ряд других.

АТСС — система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, загрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.

АСИО — система взаимосвязанных элементов, включающая в себя участки подготовки инструмента, его транспортирования, накопления, а также устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента.

По организационным признакам ГПС подразделяют на гибкую автоматизированную линию (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) и гибкий автоматизированный завод (ГАЗ).

ГАЛ — это совокупность не менее двух единиц оборудования или ГПМ, объединенных посредством АСУ, АТСС для полуфабрикатов, заготовок, инструментов, оснастки, отходов, переналаживаемая на обработку заготовок заданной номенклатуры в пределах технической

возможности оборудования. Технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций.

ГАУ — указанная, как и в ГАЛ, совокупность оборудования, функционирующая по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

ГАЦ — ГПС, представляющая собой в различных сочетаниях совокупность гибких автоматизированных линий, роботизированных технологических линий, гибких автоматизированных участков, роботизированных технологических участков для изготовления изделий заданной номенклатуры.

ГАЗ — это комплекс ГАЦ, ГАЛ, САУ, ГПМ (литейных, кузнечно-прессовых, металлорежущих и т. д.) и других типов основного оборудования, переналаживаемых на выпуск изделий, входящих в план основного производства.

В настоящее время от производства требуется быстрый переход от изготовления одного вида изделий к другому. Это свойство называют мобильностью или гибкостью. Различают два вида гибкости: при внеплановых изменениях производственного задания; при плановом изменении задания или номенклатуры выпускаемой продукции.

Первый вид гибкости характерен для кратковременного выхода из строя отдельных станков. В этом случае задания выполняются за счет передачи заготовок на аналогичные станки из числа взаимозаменяемых, т. е. исключается сплошная специализация оборудования.

При такой форме гибкости можно несколько расширить число наименований заготовок, обрабатываемых на каждой станке, и обеспечить своевременные поставки готовых деталей. Заданная производительность при этом достигается оптимизацией структуры и состава производительной системы для различной (по типу, числу и трудоемкости), но четко ограниченной номенклатуры продукции. Количественно такую форму гибкости можно оценить как число наименований заготовок, которые могут быть обработаны на данной СС.

Второй вид гибкости оборудования комплекса — эффективно изготовить детали как заданной номенклатуры с переменной последовательностью их запуска в производство, так и измененной номенклатуры.

Понятие гибкости производственной системы относится к двум основным областям: производству (управлению и организации); планированию производства (технологии, структуре, мощности).

Технологическая гибкость определяется как универсальность, т. е. способность выполнять на имеющихся СС несколько технологических задач, таких, как мобильность — способность комплекса выполнять различные технологические задачи с небольшими затратами времени на переналадку.

Структурная гибкость характеризуется свободной в выборе после-

довательности операций обработки. При этом возникает противоречие между стремлением к максимальной загрузке оборудования и стремлением к минимальному производственному циклу.

Стремление к сокращению производственного цикла приводит к построению производственной структуры, ориентированной на изделия (предметный принцип). При этом станки располагают в последовательности выполнения технологического процесса изготовления изделий.

Стремление к увеличению загрузки оборудования приводит к построению производственной структуры, ориентированной на средства производства (технологический принцип). При этом выход из строя одной СС легко компенсируется загрузкой аналогичных, соседних СС. Такая структура требует промежуточного складирования объектов производства.

Гибкость производственной мощности системы характеризуется ее способностью к расширению, компенсационной возможностью, накопительной способностью. Способность к расширению определяется количественными резервами производственной мощности системы (изменением сменности, увеличением выпуска продукции).

Компенсационная возможность заключается в способности системы выравнять количественные сдвиги производственной программы.

Накопительная способность — способность системы выравнять количественные колебания структуры заказов за счет среднесрочного временного сдвига начала работы. Чем меньше накопительная способность системы, тем производство является более гибким.

Интегральным показателем гибкости является коэффициент гибкости $K_r = n/N$, где n — совокупность всех деталей-операций (вся номенклатура заготовок), выполненных или подлежащих выполнению в течение планового периода времени; N — общее число всех деталей, подлежащих изготовлению. При $0,25 \leq K_r$ ГПС обладает большей гибкостью; $0,1 \leq K_r \leq 0,25$ — средней и при $0,025 \leq K_r \leq 0,1$ — малой гибкостью.

В зависимости от типа производства, сроков сменяемости изготавливаемой продукции, технико-экономических и социальных требований в машиностроении используются все основные направления автоматизации. ГПС механической обработки создаются для серийного, а в ряде случаев и для массового производства.

4.2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Автоматической линией (АЛ) называется система автоматически действующих станков, связанных транспортирующими устройствами и имеющая единое устройство управления. АЛ осуществляет заданную

последовательность ряда технологических операций без участия операторов. Периодический контроль оборудования и его подналадку выполняет наладчик. Загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей осуществляется оператором или ПР. Количество установленного в АЛ оборудования обычно не превышает 12 единиц.

АЛ создается на основе агрегатных станков (АС). В основе проектирования АЛ и АС лежит принцип агрегатирования, позволяющий сократить сроки проектирования и изготовления указанного оборудования. Компоновка АС и АЛ и унифицированных узлов повышает их надежность, так как происходит непрерывное совершенствование унифицированных узлов.

Заготовки, обрабатываемые на АЛ, должны быть технологичными, иметь стабильную конструкцию, обеспечивать минимальное число установок. Операции технологического процесса должны быть синхронизированы по времени для выполнения заданного такта выпуска изделий. Это осуществляется использованием комбинированного инструмента, согласованием режимов резания на отдельных операциях и другими мероприятиями.

Технологический агрегат 1 АЛ (рис. 212) — это машина, которая выполняет одну или несколько законченных частей технологического процесса, кроме накопления и транспортирования заготовок 3. **Транспортный агрегат 2 АЛ** — это машина, которая выполняет межоперационные транспортные операции технологического процесса.

Накопитель 4 заделов АЛ (рис. 212, *в*) — устройство для приема, хранения и выдачи межоперационного задела, расположенного между двумя станками или участками АЛ.

Участок АЛ — это ее часть, соединенная с остальным технологическим оборудованием посредством накопителя или транспортного устройства с емкостью для заготовок и полуфабрикатов (рис. 212, *в*). **Однопредметная** (однономенклатурная) АЛ — это линия, в которой обрабатываются заготовки одного типоразмера и наименования (рис. 212, *а*). **Многопредметная** (многономенклатурная) АЛ — линия, в которой одновременно обрабатываются заготовки многих наименований или различных типоразмеров одного наименования (рис. 212, *б*).

Связь между технологическими агрегатами АЛ определяется характером транспортных движений между их зонами обработки и наличием или отсутствием между ними межоперационных заделов. В АЛ с жесткой связью эти заделы отсутствуют и при отказе одного агрегата останавливается вся АЛ (рис. 212, *а*). В АЛ с гибкой связью между отдельными агрегатами и участками имеются межоперационные заделы, размещаемые в накопителях или в транспортной системе, отсутствует жесткое координирование во времени работы агрегатов: отказ какого-либо агрегата или участка не вызывает простоя остальных до тех пор, пока не выработан запас заготовок или не заполнена емкость для готовых деталей (рис. 212, *в — ж*).

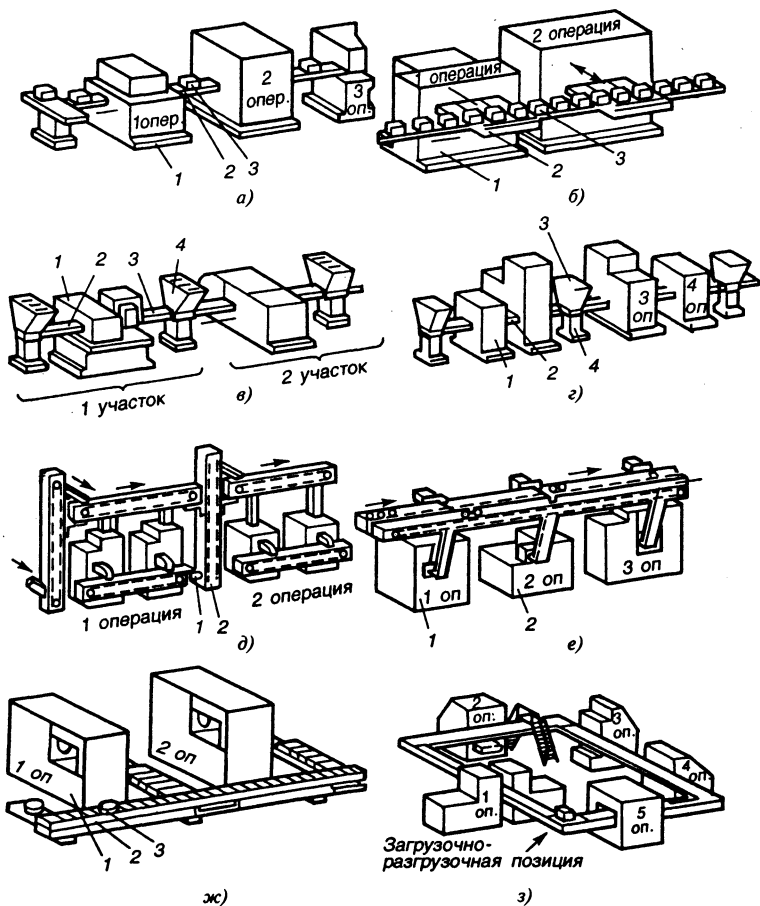


Рис. 212. Структурное построение АЛ

Классификация АЛ. Структура и конструктивное выполнение АЛ определяется ее назначением, принятым оборудованием и конкретными условиями эксплуатации. АЛ классифицируют по различным признакам.

По типу технологического оборудования АЛ делят на следующие группы: 1. Из АС; 2. Из модернизированных универсальных станков, полуавтоматов и автоматов общего назначения (для обработки валов, дисков, зубчатых колес и т. д.); 3. Из специализированных и специальных станков, изготовленных только для данной АЛ; 4. Из станков с ЧПУ и транспортной системы с ПУ, которыми управляет единая УП.

По виду транспортных систем и способу передачи обрабатываемых

заготовок со станка на станок различают АЛ: 1. Со сквозным транспортированием через рабочую зону (рис. 212, б — з). Используются в основном для обработки корпусных заготовок на АС; 2. С верхним транспортированием (рис. 212, в). Применяются для обработки заготовок шестерен, фланцев, валов и других деталей; 3. С боковым (фронтальным) транспортированием (рис. 212, б). Используются при обработке заготовок коленчатых и распределительных валов, гильз, крупных колес; 4. С комбинированным транспортированием (рис. 212, з); 5. С роторным транспортированием, применяемым в роторных АЛ, в которых процессы обработки и транспортирования заготовок частично или полностью совмещены во времени.

По типу расположения оборудования различают замкнутые (рис. 212, з) и незамкнутые (рис. 212, а — ж) АЛ. В замкнутых АЛ загрузка заготовок и съем готовых деталей осуществляется в одном месте, что удобно, но доступ к агрегатам затруднен. Поэтому наиболее распространены незамкнутые АЛ с прямолинейным, Г-образным, П-образным и другим расположением оборудования.

По структурному построению различают АЛ: 1. С последовательным расположением оборудования (рис. 212, а); 2. С параллельно последовательным расположением (рис. 212, д), когда в участках АЛ работают по несколько станков, выполняющих параллельно одну и ту же операцию, а участки в АЛ — последовательно.

По виду обрабатываемых заготовок различают АЛ для обработки корпусных заготовок, заготовок тел вращения и т. д.

По возможности переналадки АЛ делят на переналаживаемые и переналаживаемые. На первых периодически выполняется переналадка оборудования с обработки заготовки одного типа на другой, незначительно отличающихся по размерам и геометрической форме.

Длинные АЛ с целью уменьшения времени простоев разделяют на несколько самостоятельно функционирующих участков (рис. 212, з), между которыми устанавливают накопители. В АЛ высокопроизводительных станков накопители могут быть установлены после каждого станка (рис. 212, в). Целесообразность установки накопителя и его вместимость определяют на основе технико-экономических расчетов. Накопители сокращают простои АЛ, но увеличивают ее стоимость. Вместимость накопителя обычно выбирают для обеспечения 15—120 мин безотказной работы АЛ, исходя из производительности смежных станков или участков.

Накопителем может служить специальное устройство в виде магазина, бункера или сама транспортная система 2 (рис. 212, д — ж).

Для упрощения установки и закрепления нежестких заготовок корпусов и других деталей (рис. 213) сложной конфигурации используют специальные приспособления-спутники 2, которые обеспечивают сохранность ориентации расположенных на них заготовок при транс-

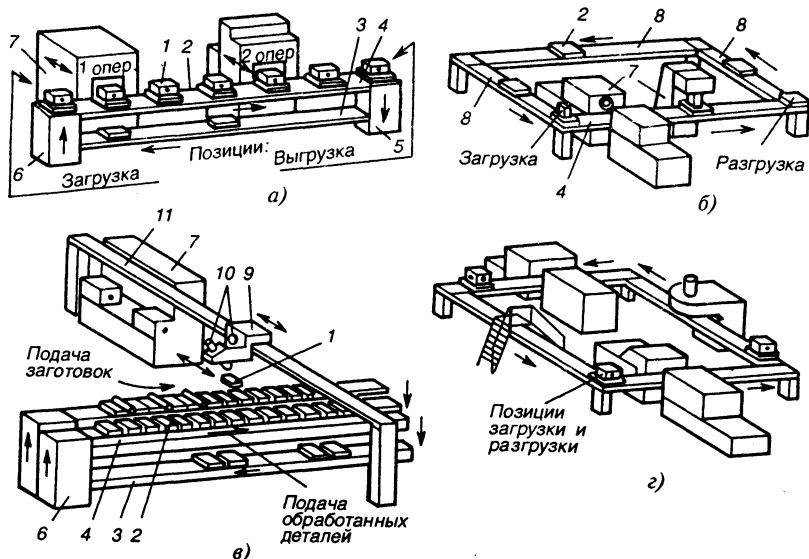


Рис. 213. Схемы возврата приспособлений спутников в АЛ

портировании и обработке, во время которой спутник автоматически фиксируется и закрепляется на рабочих позициях АЛ.

В таких АЛ возврат спутников на рабочую позицию после снятия готовой детали 1 может выполняться различными способами: 1. В вертикальной плоскости конвейером возврата 3 (рис. 213, а), расположенным над рабочим конвейером 4. Перемещение спутника в вертикальной плоскости осуществляется подъемником 6 и опускателем 5. Подача спутника с заготовкой с рабочего конвейера 4 в станок 7 и обратно производится загрузочным устройством; 2. В горизонтальной плоскости сзади станков-конвейерами возврата 8 (рис. 213, б), расположенными на одной высоте с рабочим конвейером 4. Перемещение спутника в вертикальной плоскости осуществляется подъемником 6 и опускателем 5. Подача спутника с заготовкой с рабочего конвейера 4 в станок 7 и обратно производится загрузочным устройством; 3. В горизонтальной плоскости сзади станков-конвейерами возврата 8 (рис. 213, б), расположенными на одной высоте с рабочим конвейером 4. Имеются АЛ, в которых конвейер возврата 3 расположен выше рабочего конвейера. В этом случае передающие конвейеры выполняются наклонными. 4. В горизонтальной плоскости конвейерами возврата 3 и устройствами 6 для передачи спутников 2 между конвейерами 3 и 4 (рис. 213, в). По рабочим позициям АЛ, где возврат разгруженных спутников отсутствует (рис. 213, г).

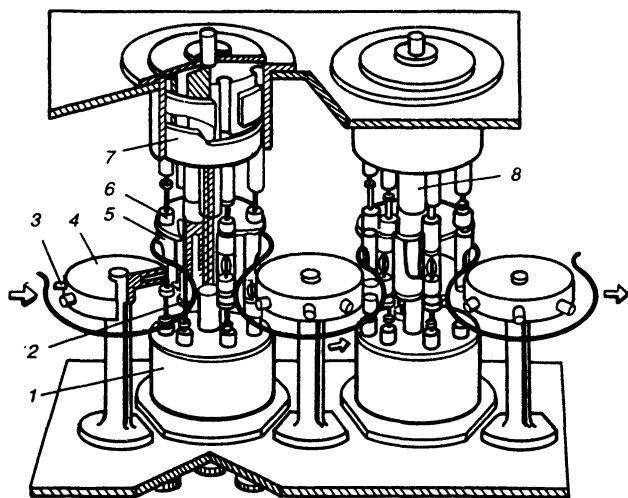


Рис. 214. Роторные АЛ

В ряде АЛ, предназначенных для обработки заготовок очень сложной формы (например, коленчатых или эксцентриковых валов), спутники 2 служат только для транспортирования заготовок 1 между станками 7. В этом случае заготовка снимается со спутника и переносится для обработки на станок порталным манипулятором, который перемещает по траверсе 11 каретку 9 с двумя захватами 10 для транспортировки заготовок и деталей (рис. 213, в).

Роторные АЛ. По структуре роторные АЛ, используемые в массовом производстве, имеют существенные отличия от АЛ, скомпонованных из АС и других станков, соединенных транспортной системой. Роторные АЛ комплектуются из роторных автоматов, в которых все технологические операции выполняются в процессе непрерывного транспортного движения обрабатываемой заготовки вместе с инструментом. Траектория транспортного перемещения изготавливаемой детали по всем станкам обеспечивается транспортными роторами. Высокая производительность роторных АЛ обеспечивается числом позиций роторных автоматов и частотой вращения роторов.

Роторная АЛ (рис. 214) состоит из многошпиндельных роторных станков-автоматов 1, которые связаны между собой транспортными роторами 4, выполняющими посредством клещей загрузку заготовок на первый автомат, их передачу между автоматами выгрузку готовых деталей. В роторном автомате заготовки переносятся толкателями 2 из клещей в патроны 6 рабочих шпинделей. Шпиндели совместно с суппортами 5 и закрепленным на них режущим инструментом смон-

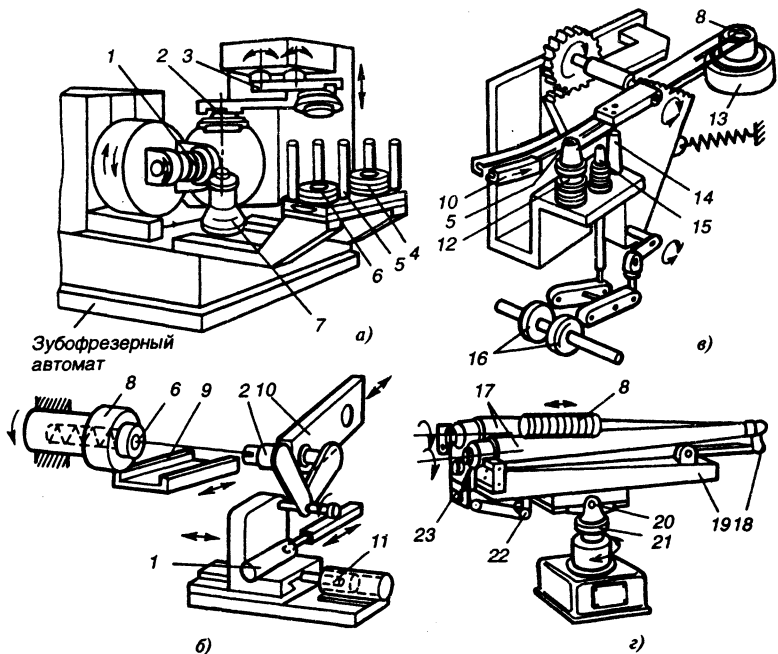


Рис. 215. Схемы автоматических загрузочных устройств:

а — устройство для загрузки-выгрузки зубчатых колес на зубофрезерный станок, *б* — устройство для загрузки-выгрузки колец, втулок на одношпиндельный токарный автомат, *в* — устройство для загрузки-выгрузки шайб на сверлильный станок, *г* — двухвалковое устройство для подачи (отвода) колец и других деталей на бесцентровый круглошлифовальный автомат; 1 — фреза, 2 — поворотная рука для обработанных деталей, 3 — поворотная рука для заготовки, 4 — заготовка, 5 — кассета, 6 — деталь, 7 — лоток, 8 — рука, 9 — лоток, 10 — ползун, 11 — гидроцилиндр, 12 — держатель детали, 13 — шпиндель станка, 14 — клещи руки, 15 — штырь разжима клещей, 16 — кулачки приводов, 17 — конусные валки, 18 — регулируемая опора, 19 — корыто, 20 — механизм горизонтального перемещения валков, 21 — винт вертикального перемещения валков, 22 — рычаг, 23 — приводная цепь

тированы на барабане, который медленно вращается на центральной неподвижной колонне 8. Суппорты получают необходимые перемещения через тяги от неподвижного копира 7.

Применение АЛ снижает себестоимость изготовления деталей, сокращает число рабочих и занимаемые площади. По сравнению с отдельно работающими АС скомпонованные из них АЛ эффективнее в несколько раз: сокращается объем незавершенного производства. В АЛ для выполнения разнообразных операций по загрузке заготовок, выгрузке готовых деталей, по межоперационному складированию, ориентации и перемещению в процессе изготовления используются различные автоматические загрузочные, ориентирующие, поворотные, транспортные устройства, механизмы контроля, устройства для отвода стружки.

Загрузочные устройства АЛ. По месту расположения автоматические загрузочные устройства подразделяются на встроенные, являющиеся неотъемлемыми частями автоматов и работающие от общего привода (рис. 215, а), и на расположенные около автоматов и между участками АЛ, работающие от самостоятельного привода (рис. 215, б). По характеру подачи заготовок загрузочные устройства разделяют на устройства непрерывного (рис. 215, з) и циклического действия (рис. 215, е). Они имеют механический, гидравлический или пневматический привод.

Загрузочные устройства осуществляют накопление и выдачу заготовки, полуфабрикатов или изделий в ориентированном положении и состоят из емкости и целевых механизмов: захвата; отсекателя; сбрасывателя; привода. В зависимости от метода накопления устройства подразделяют на бункерные, магазинные и штабельные. В бункерных устройствах объекты производства в емкости находятся в неориентированном положении. Посредством специального механизма они ориентируются и выдаются из бункерного устройства (рис. 216, а, д — з). В магазинных устройствах объекты производства размещаются в емкости в ориентированном положении в один ряд (рис. 216, б, в), а в штабельных устройствах — в несколько рядов или слоев (рис. 216, в, г, ж).

Загрузочные устройства по конструкции подразделяют на цепные, фрикционные, трубчатые, дисковые и лотковые. Заготовки могут перемещаться в бункере или магазине под действием цепи, подающего диска, толкателя вращающихся щеток вибрационного механизма и других механизмов, а также под действием сил гравитации (массы). Перемещение заготовок может быть прерывистым и непрерывным.

Транспортные системы АЛ. Системы классифицируются по различным признакам: 1. По характеру транспортной связи между технологическим оборудованием АЛ различают транспортные системы синхронные (жесткие) и несинхронные (гибкие). В АЛ из АС для изготовления корпусных деталей наиболее часто используют транспортные системы с жесткой связью технологического оборудования, к которым относятся конвейеры с убирающимися собачками (рис. 217) или поворачивающимися фланцами (рис. 217, б). Для сокращения простоев оборудования в АЛ с жесткой связью применяют конвейеры с управляющими собачками (рис. 217, в), выполняющими небольшое межоперационное накопление объектов производства между станками. В АЛ с гибкой связью, которые используют в основном для обработки заготовок тел вращения, чаще всего используют транспортные системы в виде цепных, роликовых, винтовых, вибрационных конвейеров (рис. 217, в, з, ж, и, д), подъемников (рис. 217, к, л), лотков (рис. 217, е). При гибкой связи координация перемещений объектов производства в АЛ отсутствует. 2. По характеру перемещения объектов производства в АЛ различают транспортные устройства циклического (рис. 217, а,

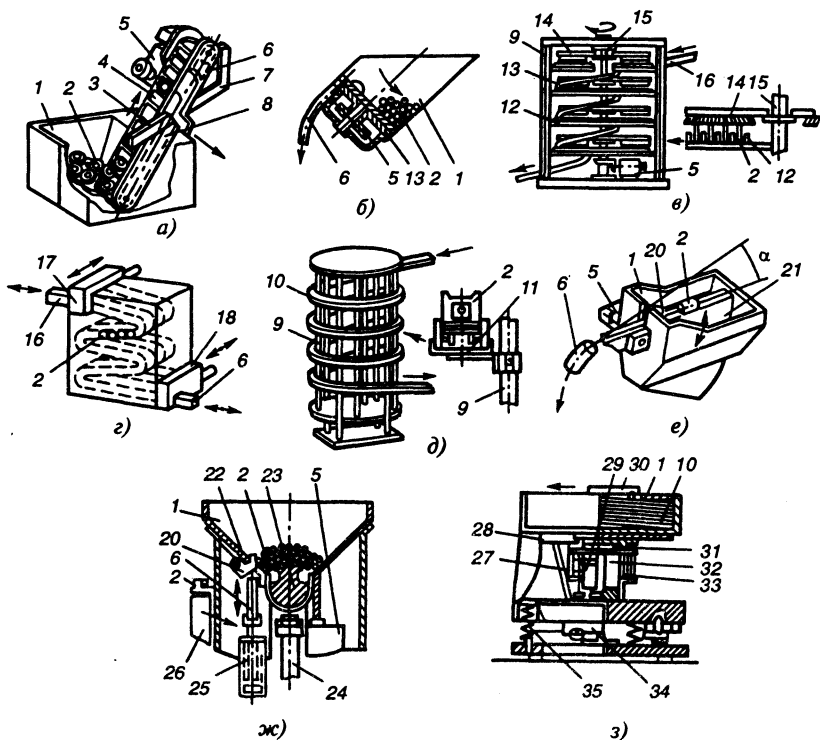


Рис. 216. Схемы автоматических бункерных и магазинных устройств:

а — бункер с трактом, *б* — магазин со спиральным лотком, *в* — магазин со щетками перемещения деталей, *г* — магазин с змееобразными лотками, *д* — бункер с дисковым захватом, *е* — бункер с ножевым захватом, *ж* — бункер с барабанным захватом, *з* — вибрационный бункер; 1 — чаша, 2 — деталь, 3 — трак для подъема деталей, 4 — наклонная планка трака, 5 — привод с электродвигателем, 6 — лоток выдачи, 7 — лоток для сброса деталей в чашу, сошедших с планок, 8 — цепная передача для перемещения планок, 9 — стойка, 10 — спиральный лоток, 11 — держатель лотка, 12 — диск с лотком в виде архимедовой спирали, 13 — переходной наклонный лоток, 14 — щетка, 15 — вал, 16 — змееобразные лотки, 17 — механизм распределения деталей по лоткам, 18 — механизм выдач деталей в лоток, 19 — диск с радиальными карманами для захвата деталей, 20 — отсекатель, 21 — нож для захвата и подачи деталей, 22 — шибер для подачи деталей, 23 — барабан, 24 — конвейер отвода деталей, 25 — привод шибера, 26 — конвейер подвода деталей, 27 — наклонный пружинный стержень, 28 — верхний башмак стержня, 29 — вибратор, 30 — приемник выдачи деталей, 31 — якорь вибратора, 32 — сердечник электромагнита, 33 — катушка электромагнита, 34 — нижний башмак стержня, 35 — пружинный амортизатор

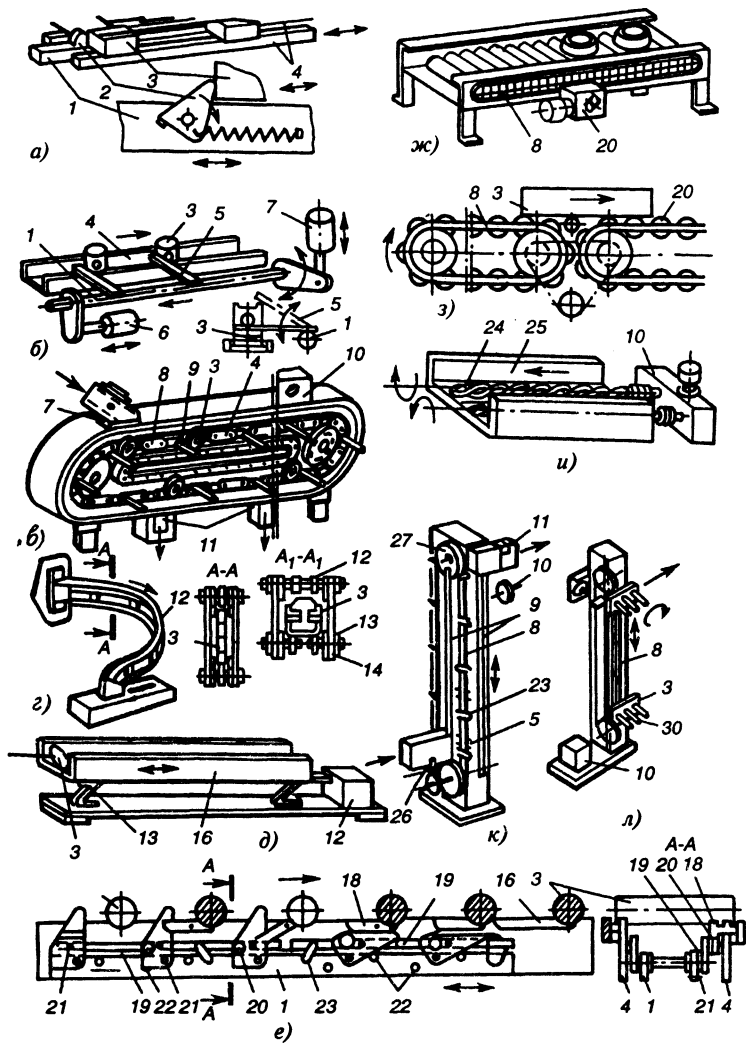


Рис. 217. Схема транспортных устройств:

1 — подвижная штанга, 2 — убирающаяся собачка, 3 — перемещаемая деталь, 4 — направляющая, 5 — поворачивающийся флажок, 6 — гидроцилиндр, 7 — механизм приема деталей, 8 — втулочно-роликовая цепь, 9 — палец, 10 — привод с электродвигателем, 11 — механизм выдачи деталей, 12 — стальная лента, 13 — шарикоподшипниковая опора, 14 — скоба, 15 — наклонная пружина, 16 — лоток, 17 — вибратор лотка, 18 — рычаг контроля наличия детали, 19 — подвижная соединительная планка, 20 — ролик, 21 — управляемая толкающая собачка, 22 — упор, 23 — звено, 24 — вал с приваренной спиралью (винт), 25 — корыто; 26 — отсекатель, 27 — копир для сбрасывания деталей с площадки, 28 — площадка на цепи, 29 — механизм передачи движения рольганговому устройству, 30 — столик с рольганговым устройством

б, е, л) и непрерывного действия (217, а, д, ж, з, и, к). 3. По способу перемещения объектов производства транспортные системы подразделяют на системы с перемещением под действием силы гравитации (рис. 217, з), с принудительным перемещением (рис. 217, а — з, к, л) и с перемещением смешанным способом. 4. По целевому назначению транспортные системы подразделяют на системы межоперационного и межстаночного обслуживания (рис. 217, и, г и др.) и для удаления отходов — стружки (рис. 217, у).

Механизмы изменения ориентации АЛ выполняют поворот заготовок на 90° и 180° . Для изменения ориентации корпусных заготовок используют барабаны для поворота вокруг горизонтальной оси, столы для поворота вокруг наклонной оси. Изменение ориентации заготовок тел вращения происходит при их транспортировании в лотках.

Системы управления АЛ. Выполнение заданного цикла работы отдельных механизмов в автомате отдельных встроенных единиц оборудования в АЛ осуществляется системами автоматического управления. Заданная последовательность работы оборудования АЛ обеспечивается своевременной подачей однозначных команд приводным и исполнительным органам станков и механизмов. В общем случае система управления АЛ состоит из трех типов устройств, служащих для получения информации, ее преобразования и передачи, использования информации дополнительными механизмами. В систему управления АЛ входит ряд подсистем: блокирования, контроля размеров обрабатываемых заготовок, сигнализации и т. д. В задачи системы управления АЛ входит автоматическое нахождение места появления отказа и определение его характера получение информации для управления эксплуатацией оборудования, данных о производительности АЛ, учет и анализ простоев, контроль состояния режущего инструмента.

Для управления АЛ часто используют путевой контроль на основе релейно-контактной аппаратуры. Системы управления АЛ строятся также на основе командоаппаратов — программируемых контроллеров (ПК), представляющих собой малые управляющие машины, выполненные на элементах вычислительной техники. Выпускаются два вида ПК: 1. Малые ПК-ПКМ, служащие только для управления циклом работы оборудования; 2. Большие ПК-ПКБ, обеспечивающие управление циклом и организацию технического обслуживания оборудования.

Систему управления АЛ строят двухуровневой. Нижний уровень организован на базе ПК, а верхний — на базе ЭВМ. Состав управляющего оборудования определяется структурой АЛ. В системе управления АЛ с жесткой связью на нижнем уровне ПКБ управляет циклом работы АЛ, осуществляет диагностирование оборудования и ряд функций диспетчирования, а малая ЭВМ верхнего уровня накапливает и обрабатывает статистическую информацию. Такая ЭВМ может быть общей для нескольких систем управления АЛ (рис. 218, а). В системе

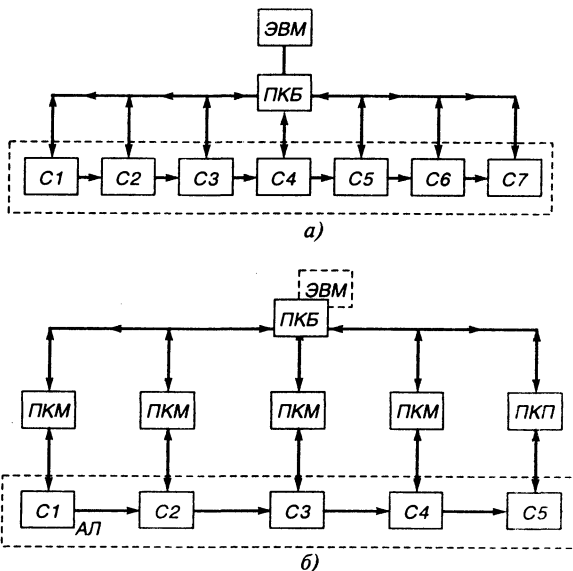


Рис. 218. Структурные схемы систем управления АЛ:
а — с жесткой связью, *б* — с гибкой связью; С — станок

управления АЛ с гибкой связью работой каждого станка управляет индивидуальный ПКМ (рис. 218, *б*). При отказе какого-либо станка или ПКМ АЛ не останавливается, используя для работы межстаночные заделы. ПКМ объединяются посредством ПКБ или малой ЭВМ, которые управляют только техническим обслуживанием АЛ.

Конструкции АЛ. Автоматические линии создают для изготовления деталей крупносерийного и массового производства: корпусов, валов, шестерен и т. д. Создают также комплексы АЛ для изготовления изделий, например шариковых, роликовых и карданных подшипников качения.

АЛ для обработки валов. В таких АЛ технологическое оборудование располагают перпендикулярно или параллельно относительно транспортной системы. В первом случае транспортная система обычно проходит сквозь оборудование, а во втором случае располагается перед станками или над ними.

В АЛ для изготовления валов электродвигателей (рис. 219, *а*) конвейер 2 расположен с передней стороны станков-автоматов (на уровне центра) и перемещает заготовки валов из магазина 1 к фрезерно-центральному 3 и далее последовательно к токарным 4—7, накатному 8, шлифовальному 9 и шпоночно-фрезерному 10 автоматам,

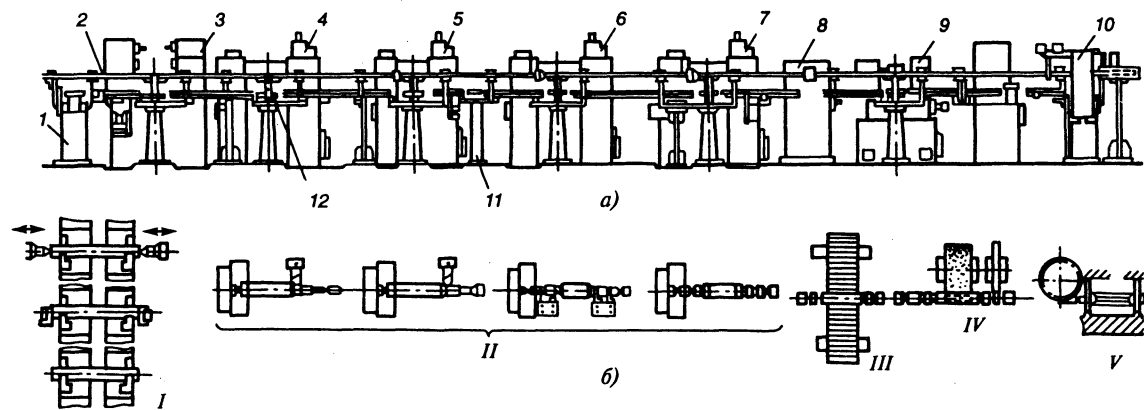


Рис. 219. АЛ обработки валов электродвигателей:

a — общий вид, *b* — маршрут обработки; *I* — фрезерно-центровая операция, *II* — токарная, *III* — накатная, *IV* — шлифовальная, *V* — шпоночно-фрезерная

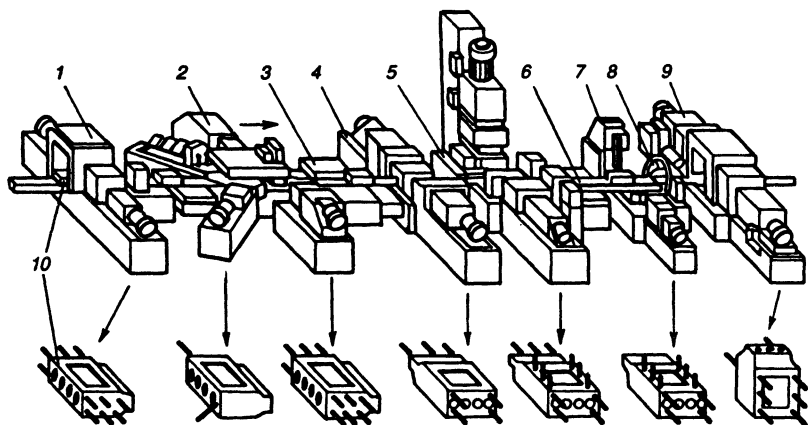


Рис. 220. АЛ для обработки отверстий головки блока

на которых выполняется обработка согласно маршруту, данному на рис. 219, б. Загрузку обрабатываемых заготовок в рабочие зоны всех станков (кроме накатного) и их выгрузку на конвейер 2 выполняют питатели 12. На накатном станке подачу и выдачу валов осуществляет конвейер 2, который доставляет их непосредственно в зону обработки. Между токарными станками 5 и 6 расположен кантователь 11, служащий для поворота вала на 180° . Делитель потока, установленный между двумя токарными станками 7, обеспечивает их параллельную работу. В конце АЛ расположен магазин для хранения готовых деталей.

АЛ для обработки отверстий в головке цилиндра 6 трактора состоит из шести агрегатных станков 1, 2, 4, 5, 7, 9 (рис. 220). Через их рабочие зоны конвейер 8 перемещает заготовку 10 с предварительно обработанными плоскостями. Станок 1 выполняет сверление отверстий и снятие фасок на боковых сторонах заготовки. Станок 2 осуществляет сверление отверстий под углом, нарезание резьбы под винты, зенкерование и развертывание отверстий под контрольные штифты на боковых сторонах. Затем обрабатываемая заготовка поворачивается на поворотном случае 3 в горизонтальной плоскости на 90° и подается на станок 4, который выполняет сверление отверстий со снятием фасок в основании и в верхней плоскости заготовки. Станок 5 производит сверление отверстий со снятием фасок под крышку на передней стороне, а также зенкерование отверстий в основании и нарезание резьбы в верхней плоскости. Станок 7 осуществляет нарезание резьбы в отверстиях в основании. Затем барабан 8 поворачивает заготовку в вертикальной плоскости на 90° и подает ее на станок 9, на котором нарезается резьба на передней и сверлятся отверстия со снятием фасок на задней стороне детали. Далее деталь подается на смежную АЛ для последующей обработки.

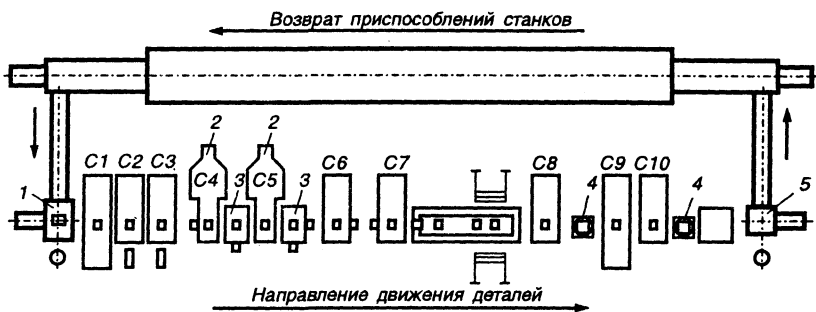


Рис. 221. Схема ПАЛ для обработки корпусов редукторов

Переналаживаемые АЛ (ПАЛ) используются в крупносерийном и массовом производстве, ПАЛ могут переналаживаться вручную, автоматически или комбинировано на одновременную или последовательную обработку группы однотипных по размерам и технологии изготовления заготовок. ПАЛ компонуется из тех же элементов, что и переналаживаемые АЛ. В ПАЛ предусматривают резервные позиции для заготовок с частично измененной конструкцией. Эти позиции оснащены устройствами для установки и закрепления заготовки и дополнительными силовыми механизмами, которые кроме движения подачи могут перемещаться по одной-двум координатам. Силовые механизмы с поворотными устройствами обеспечивают поочередную автоматическую подачу в зону обработки до 4-6 многошпиндельных коробов или отдельных режущих инструментов. При переналадке ПАЛ для обработки заготовок другого типа заменяют базисные устройства, элементы инструментальной наладки, регулируют приводы на новые режимы резания, переналаживают системы управления. ПАЛ управляются посредством ПК.

На рис. 221 показана схема ПАЛ для обработки заготовок четырех типоразмеров корпусов редукторов. В состав ПАЛ входят десять агрегатных станков (С1 — С10), которые соединены конвейером. Обработка выполняется на спутниках четырех типоразмеров. Заготовки загружаются на позиции 1, готовые детали, пройдя через контрольные позиции 3, разгружаются на позиции 5. На позициях 4 расположены поворотные столы (угол поворота 90°). На позиции 2 имеются два переналаживаемых АС с устройством для автоматической смены четырех шпиндельных коробов. Посредством каждой из них обрабатывается заготовка определенного типоразмера. Переналадку ПАЛ на следующий типоразмер заготовки выполняют один раз в неделю. Время переналадки 4 ч.

4.3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ (ПР)

ПР — автоматическая машина, стационарная или подвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

По характеру выполняемых операций ПР подразделяют на три группы: 1. Производственные роботы, служащие для автоматизации основных операций технологического процесса (сборка, сварка, окраска и т. д.). 2. Подъемно-транспортные роботы, служащие для автоматизации вспомогательных операций (установка — снятие заготовок и инструмента, удаление стружки и т. д.). 3. Универсальные роботы, выполняющие как основные, так и вспомогательные операции.

Структурная схема ПР показана на рис. 222. Основным элементом любого ПР является механическая система, предназначенная для выполнения двигательных функций и реализации его технологического назначения. Механическая система конструктивно состоит из следующих основных узлов: несущих конструкций; приводов; исполнительных механизмов и захватных устройств. Захват и удерживание объекта манипулирования выполняется захватным устройством, которое устанавливается на исполнительном механизме, часто называемом — «рукой» ПР.

Система программного управления служит для программирования движений ПР, как правило, технологического оборудования, сохранения УП, ее воспроизведения и обработки.

Информационная система выполняет сбор, первичную обработку и передачу в систему программного управления данных о функциони-

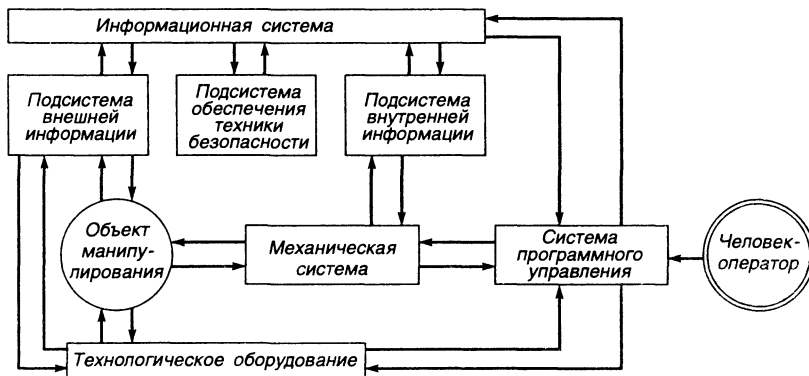


Рис. 222. Структурная схема ПР

ровании узлов и механизмов ПР и о состоянии внешней среды (объекта манипулирования, технологического оборудования). Информационные системы ПР по функциональному назначению подразделяют на три подсистемы: 1. Восприятия и переработки информации о внешней среде, в которой работает ПР. 2. Внутренней информации о состоянии самого ПР. 3. Обеспечения техники безопасности.

Модель ПР для использования в конкретных производственных условиях выбирают по технологическим показателям, к которым относятся: 1. Номинальная грузоподъемность ПР. 2. Усилие зажима (захвата, удержания) объекта манипулирования захватным устройством. 3. Число степеней подвижности ПР — сумма возможных координатных движений объекта манипулирования относительно основания ПР. 4. Рабочая зона ПР — пространство, в котором может находиться исполнительное устройство при функционировании ПР. Рабочая зона характеризуется формой и геометрическими размерами. 5. Погрешность позиционирования ПР (отклонения положения рабочего органа ПР от заданного УП). 6. Мобильность — способность ПР совершать движения.

По мобильности ПР подразделяют на две группы: стационарные (обеспечивающие, ориентирующие и транспортирующие движения); передвижные (обеспечивающие дополнительно к указанным еще и координатные движения).

Исполнительные механизмы ПР. Исполнительный механизм (манипулятор) ПР представляет собой совокупность подвижно соединенных звеньев, служащих для воздействия на объект манипулирования или обрабатываемую среду. Соединение звеньев манипулятора в кинематическую цепь выполняется посредством кинематических пар. В большинстве конструкций манипуляторов ПР применяются кинематические пары класса V вращательные или поступательные. Они обеспечивают одну степень свободы в относительном движении каждого из подвижно соединяемых звеньев (табл. 9).

Важной характеристикой манипулятора является число степеней подвижности, определяемое числом степеней свободы кинематической цепи относительно неподвижного звена. В открытых кинематических цепях, к которым относятся манипуляторы ПР, число n подвижных звеньев всегда равно числу кинематических пар p . Для кинематической цепи, состоящей только из кинематических пар класса V, число степеней подвижности $W = 6n - 5p$.

Звенья манипуляторов ПР в большинстве случаев образуют поступательные и вращательные пары класса V. В случаях, когда в кинематическую цепь входят только вращательные пары, манипулятор ПР имеет антропоморфную схему, подобную руке человека.

9. Условные обозначения элементов структурных кинематических схем манипуляторов ПР

Элемент, соединение	Эскиз	Характеристика
Звено (стержень)		
Неподвижное закрепление звена		Движение отсутствует
Жесткое соединение звеньев		
Подвижное соединение с перемещением вдоль прямолинейных направляющих		Возвратно-поступательное движение (поступательная пара класса V)
Винтовое подвижное соединение		Возвратно-поступательное движение и взаимосвязанное вращательное движение (поступательно-вращательная пара класса V)
Плоское шарнирное соединение		Вращение вокруг поперечной оси (вращательная пара класса V)
Захватное устройство		Зажимные элементы подвижны

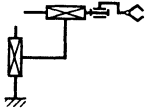
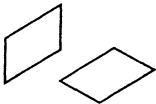
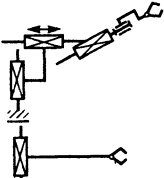
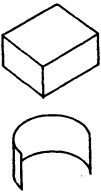
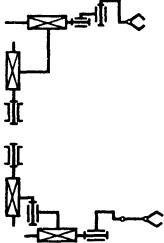

Для обеспечения перемещения хватного устройства ПР в любую точку рабочего пространства манипулятор должен иметь три степени подвижности. Еще три такие степени нужны для обеспечения хватному устройству любой ориентации в этой точке. В зависимости от конкретных условий производства манипуляторы ПР имеют от двух до семи степеней подвижности.

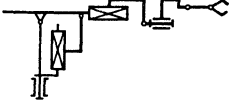

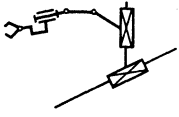

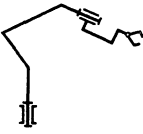

В зависимости от конструктивной схемы хватное устройство манипулятора ПР может располагаться в рабочей зоне, имеющей ту или иную форму, а его движения осуществляться в различных системах координат, которые бывают двух видов: прямоугольные и криволиней-

ные. В прямоугольной системе координат (плоская и пространственная) объект манипулирования помещается в определенную точку рабочей зоны за счет прямолинейных перемещений звеньев манипулятора ПР по двум (или трем) взаимно перпендикулярным осям. В криволинейной системе координат наиболее распространены полярные плоские, цилиндрические и сферические координаты. К разновидностям криволинейной системы относятся ангулярная, плоская и пространственная (цилиндрическая и сферическая) координаты, которые характерны для многозвенных манипуляторов ПР. В табл. 10 даны структурные кинематические схемы и формы рабочих зон ПР.

Приводы ПР. Для перемещения рабочих органов ПР используют пневматические, гидравлические, электрические и комбинированные приводы. Наиболее распространены пневматические приводы (45 % общего мирового парка ПР).

10. Примеры структурных кинематических схем и формы рабочих зон ПР

Система координат	Структурная кинематическая схема	Форма рабочей зоны
Прямоугольная плоская		
Прямоугольная пространственная		
Полярная цилиндрическая		

Система координат	Структурная кинематическая схема	Форма рабочей зоны
Полярная сферическая		
Ангулярная цилиндрическая		
Ангулярная сферическая		

Приводы ПР классифицируют по ряду признаков. По числу двигателей различают групповой, однодвигательный и многодвигательный привод. Групповой привод обеспечивает одновременное перемещение нескольких звеньев ПР либо может обеспечивать согласованное перемещение звеньев нескольких ПР. Для передачи заданной мощности на несколько звеньев и ее распределения между ними используют трансмиссии, поэтому такой привод также называют трансмиссионным. Индивидуальный или однодвигательный привод обеспечивает движение только одного звена исполнительного механизма ПР. Это значительно упрощает конструкцию механических передач, а в ряде случаев позволяет отказаться от них. У многодвигательного привода двигатели совместно работают на общий вал, что дает возможность распределить потребляемую мощность между отдельными двигателями и улучшить условия работы механической передачи.

По способу управления приводы делят на нерегулируемые, обеспечивающие движение звеньев с одной рабочей скоростью; регулируемые, обеспечивающие регулирование скорости движения звеньев под воздействием устройств управления; следящие, обеспечивающие отработку перемещений с определенной точностью согласно произвольно меняющемуся задающему сигналу; адаптивные — автоматически выбирающие параметры управления при изменении условий работы с целью выработки оптимального режима.

На рис. 223, а дана схема ПР с пневматическим приводом и цикловым управлением. Привод состоит из пневмоцилиндра 7 со

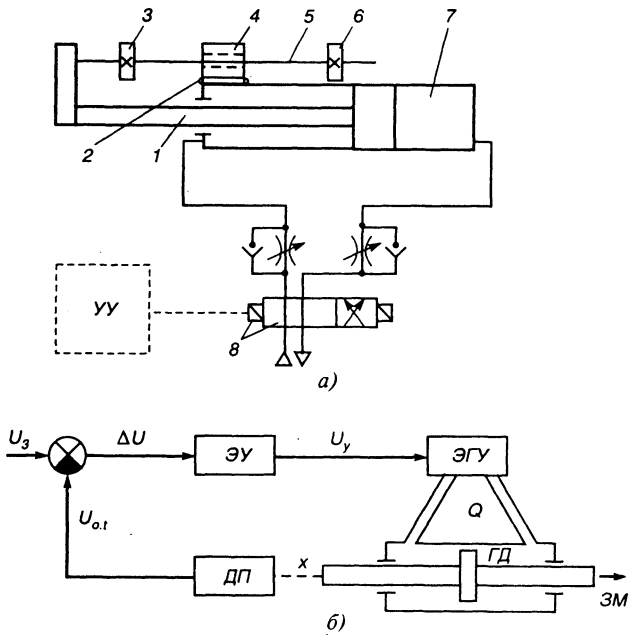


Рис. 223. Схема привода ПР:

а — пневматический с цикловым управлением, *б* — следящий электрогидравлический

штоком *1*, на котором закреплена скалка *5* с регулируемыми упорами *3* и *6*, неподвижного упора *4* с демпфирующим устройством *2*, воздухораспределителя *8*, устройства управления *УУ*. Сигнал с *УУ*, несущий логическую информацию о направлении перемещения штока *1*, поступает на управляющий электромагнит воздухораспределителя *8*, который в соответствии с управляющим воздействием соединяет одну из полостей пневмоцилиндра с гидростанцией, а другую — с окружающей средой. При этом шток *1* перемещается в требуемом направлении до соприкосновения упоров *3* или *6* с упором *4*. Положение упоров *3* и *6* определяет величину перемещения штока *1* при прямом и обратном ходе. Демпфирующее устройство *2* обеспечивает торможение штока *1* с заданным ускорением при нажатии упорами *3* и *6* на кнопки демпфера.

На рис. 223, *б* показана функциональная схема следящего электрогидравлического привода, работающего по замкнутой схеме. Поток жидкости от электрогидравлического устройства *ЭГУ* подается на гидромотор *ГД*, перемещающий звено манипулятора *ЗМ*. Положение *X* штока *ГД* регистрируется датчиком положения *ДП*, преобразуется в электрический сигнал обратной связи $U_{о.т}$ и сравнивается с заданным

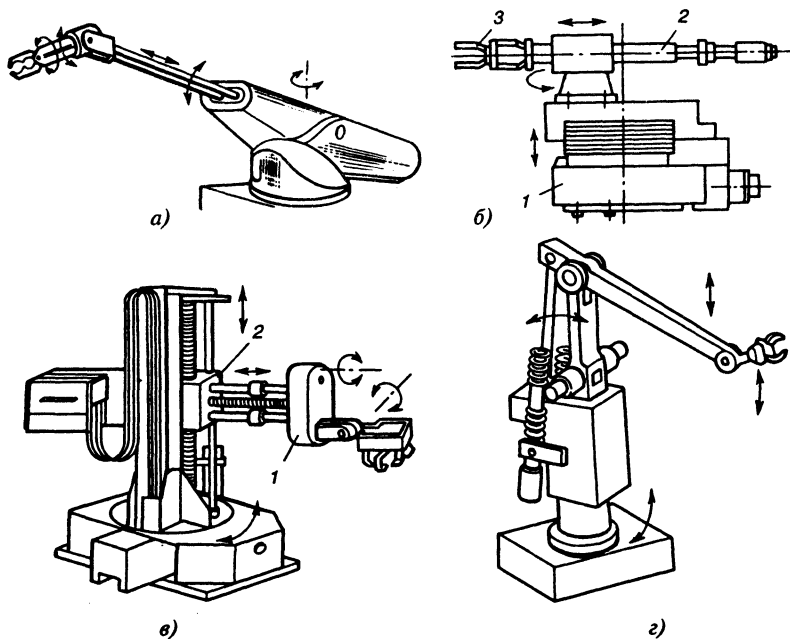


Рис. 224. Типовые конструкции напольных ПР:

a — с качающейся выдвигной рукой, *б* — с горизонтальной выдвигной рукой и консольным механизмом подъема, *в* — с горизонтальной выдвигной рукой, установленной на подъемной каретке, *г* — с многозвенной рукой

значением сигнала U_3 . Разность этих сигналов ΔU усиливается электрическим усилителем ЭУ и подается в ЭГУ в качестве входного сигнала U_y . Шаговые электрогидравлические приводы работают по разомкнутой схеме, что создает опасность потери информации о положении выходного звена. Поэтому при их использовании предусматривают оснащение звеньев ПР дополнительными датчиками положения.

Типовые конструкции ПР. Конструкция механической системы ПР зависит от служебного назначения, привода, системы управления и ряда других факторов.

Напольные ПР с качающейся выдвигной рукой работают в сферической и цилиндрической системах координат (рис. 224, *a*).

Напольные ПР с горизонтальной выдвигной рукой и консольным механизмом подъема наиболее распространены. ПР с пневматическим приводом и выдвигной рукой (рис. 224, *б*) работает в цилиндрической системе координат. Рука 2 ПР представляет собой пневмоцилиндр с выдвигным штоком, на конце которого установлено захватное устройство 3. На основании 1 расположены механизм поворота вокруг вертикальной оси и механизм вертикального подъема руки.

Поворот вокруг вертикальной оси выполняется двумя пневмоцилиндрами, соединенными цепной передачей с блоком звездочек, смонтированным на поворотной колонне. Такие ПР выпускают в одно-, двух-, трехруком исполнении.

Напольные ПР с горизонтальной выдвижной рукой 1, установленной на подъемной каретке 2 (рис. 224, в), работают в цилиндрической системе координат и могут обслуживать один или два станка. В ПР такого рода используют все виды приводов рабочих органов и их комбинации, а также все известные виды систем управления. Грузоподъемность различных конструкций ПР от 1 до 1000 кг, число степеней подвижности от трех до семи.

Напольные работы с многозвенной рукой работают, как правило, в ангулярной системе координат, оснащаются гидравлическими или электрическими приводами и управляются посредством позиционной или контурной системы (рис. 224, г).

Портальные ПР. Преимуществами этих ПР является экономия производственной площади и удобство обслуживания. Использование опорных систем большой длины позволяет компоновать участки с групповым обслуживанием станков одним ПР при линейном расположении оборудования.

ПР строят на основе агрегатно-модульного принципа. Новые модели ПР создаются на базе унифицированных агрегатных узлов и блоков. Это обеспечивает широкий диапазон конструкции ПР с техническими параметрами, которые наиболее полно соответствуют конкретным требованиям производства. На рис. 225 даны варианты принципиальных схем компоновок ПР, построенных на основе использования девяти различных модулей.

Захватные устройства ПР. Эти устройства предназначены для захватывания и удержания в определенном положении объектов манипулирования (заготовок или инструментов). ПР комплектуют набором типовых захватных устройств, которые можно менять в зависимости от конкретного рабочего задания.

Захватные устройства ПР классифицируют по принципу действия и по способу управления, характеру базирования объекта манипулирования, степени специализации.

По принципу действия захватные устройства подразделяют на механические, магнитные, электромагнитные, вакуумные с эластичными камерами. По способу управления различают неуправляемые командные, жесткопрограммируемые и адаптивные захватные устройства.

Неуправляемые захватные устройства — устройства с постоянными магнитами или с вакуумными присосками без принудительного разряжения в виде разрезных упругих валиков, подпружиненных клещей и т. д. Эти устройства используют в массовом производстве при манипулировании с объектами небольшой массы и габаритных размеров.

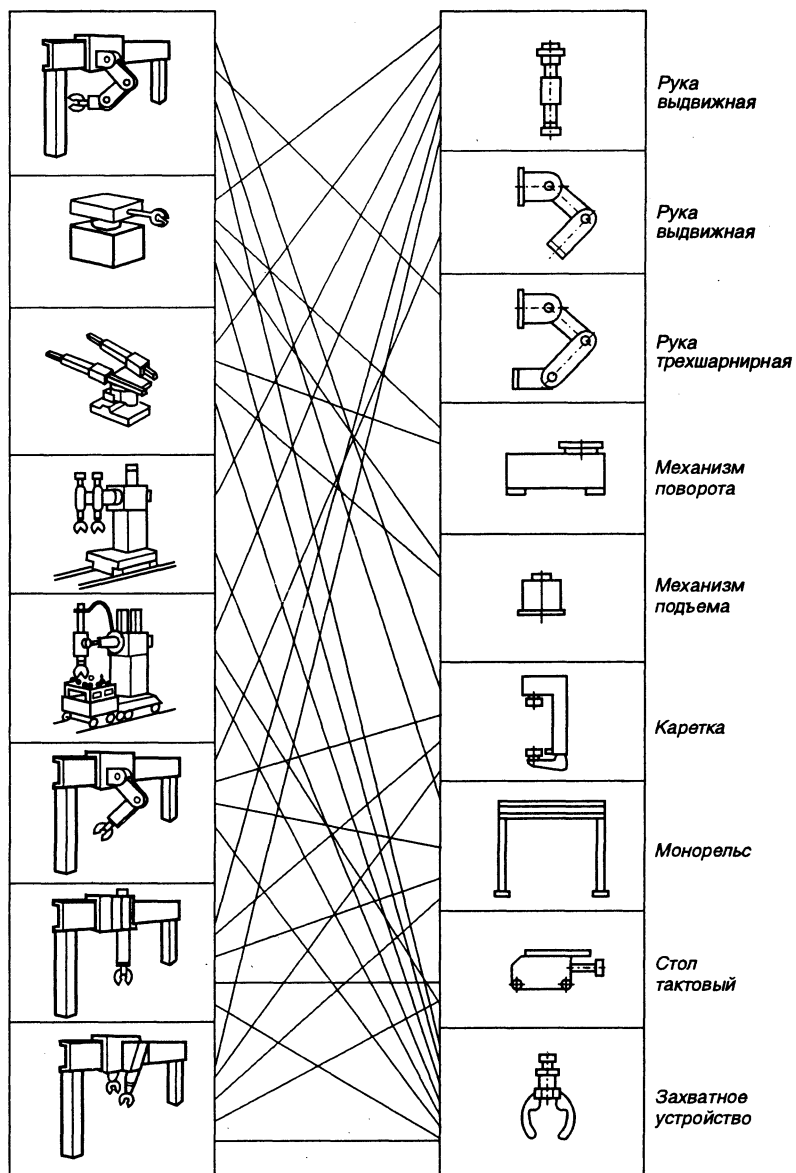


Рис. 225. Варианты принципиальных схем компоновок различных ПР

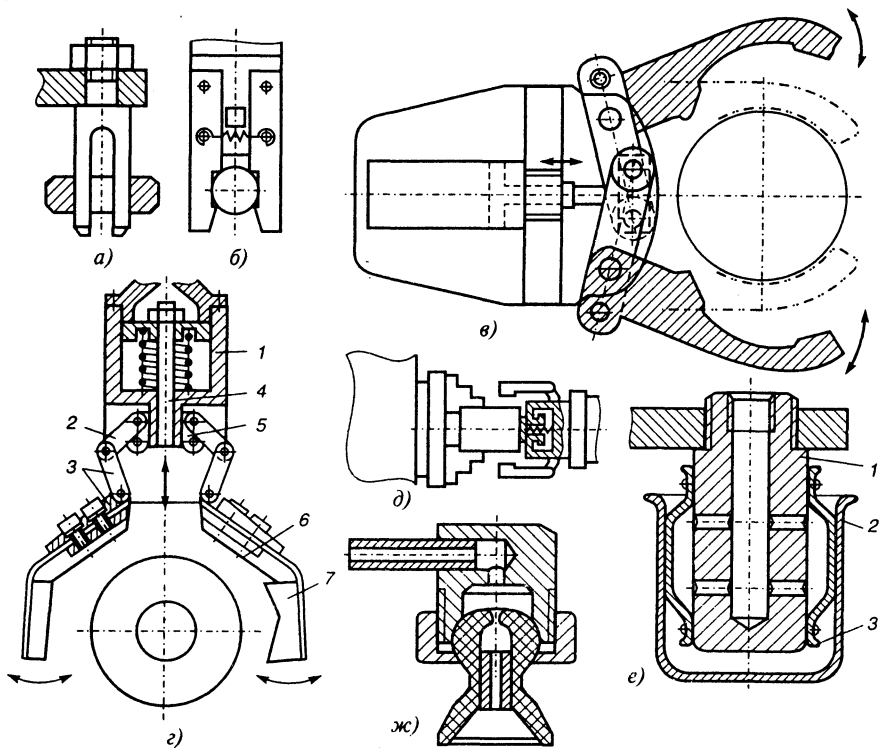


Рис. 226. Захватные устройства РР:

а, б — неуправляемые механические, *в* — клещевой командный, *г* — широкозахватное центрирующее со сменными губками, *д* — для установки заготовки в патрон токарного станка с ЧПУ, *е* — центрирующее с захватной камерой, *ж* — вакуумное

На рис. 226, *б* показаны примеры неуправляемых механических захватных устройств, в которых удержание детали осуществляется за счет упругого воздействия зажимных элементов, а удаление производится посредством дополнительных приспособлений.

Командные захватные устройства управляются только командами на захватывание или опускание объекта. На рис. 226, *в* показано клещевидное командное захватное устройство с рычажными механизмами.

В жесткопрограммируемых захватных устройствах, управляемых системой управления РР, усилие зажима и величина перемещения губок могут регулироваться в зависимости от заданной программы.

На рис. 226, *г* показано широкозахватное центрирующее захватное устройство со сменными губками, которые позволяют манипулировать объектами различной формы. На штоке 4 пневмоцилиндра 1 установ-

жения *УС* и поступают в подсистему приводов манипулятора *ПМ*, которые согласно программе перемещают звенья манипулятора *М*. Истинное положение этих звеньев определяется посредством *ДОС*. Информация от *ДОС*, преобразованная в *УУ*, используется для управления. При некоторых способах программирования эта информация передается в запоминающее устройство *ЗУ*.

Система может работать в одном из двух режимов: программирование и автоматическое воспроизведение программных движений.

4.4. ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОДУЛИ (ГПМ)

Классификация ГПМ. ГПМ представляет собой многоцелевой станок (МС), оснащенный дополнительными устройствами для возможности его включения в состав ГПС (рис. 228). ГПМ могут эксплуатироваться также автономно в условиях мелкосерийного производства с максимальным использованием их технологических возможностей и гибкости в переналадке. При автономном использовании ГПМ их часто называют гибкими производственными ячейками (ГПЯ).

В состав ГПМ включаются, как правило, МС наиболее высокого технического уровня. Высокая производительность таких МС обеспечивается увеличением мощности главного привода, расширением диапазонов частот вращения шпинделя и рабочих подач, сокращением вспомогательного времени, быстродействием работы всех узлов и механизмов, а также использованием многолезцовых инструментов и многошпиндельных головок. Высокая точность и стабильность работы МС достигается улучшением характеристик и жесткости направляющих, повышением жесткости и точности исполнительных механизмов приводов подач, точности измерительных систем и коррекции ошибок позиционирования за счет использования электронных устройств, применением термодинамических несущих систем МС, методов тремостабилизации, интенсивного охлаждения и отвода стружки. Экономичность эксплуатации ГПМ повышается в результате высокой производительности, гибкости, сокращения обслуживания, а также более рациональной компоновки МС. ГПМ может работать в автоматическом режиме 1—2 смены и более при определенных условиях; автоматическая загрузка партии заготовок, контроль и замена режущего инструмента, проверка и обслуживание оборудования и т. д.

Металлообрабатывающие ГПМ по назначению подразделяют для обработки заготовок корпусов, плоскостных деталей, тел вращения и универсальные, служащие для обработки заготовок различных технологических классов, например, корпусов и тел вращения.

По уровню автоматизации ГПМ подразделяют на три группы. К первой группе относятся ГПМ с автоматической сменой заготовок и инструментов, которые выполняют автоматический цикл обработки,

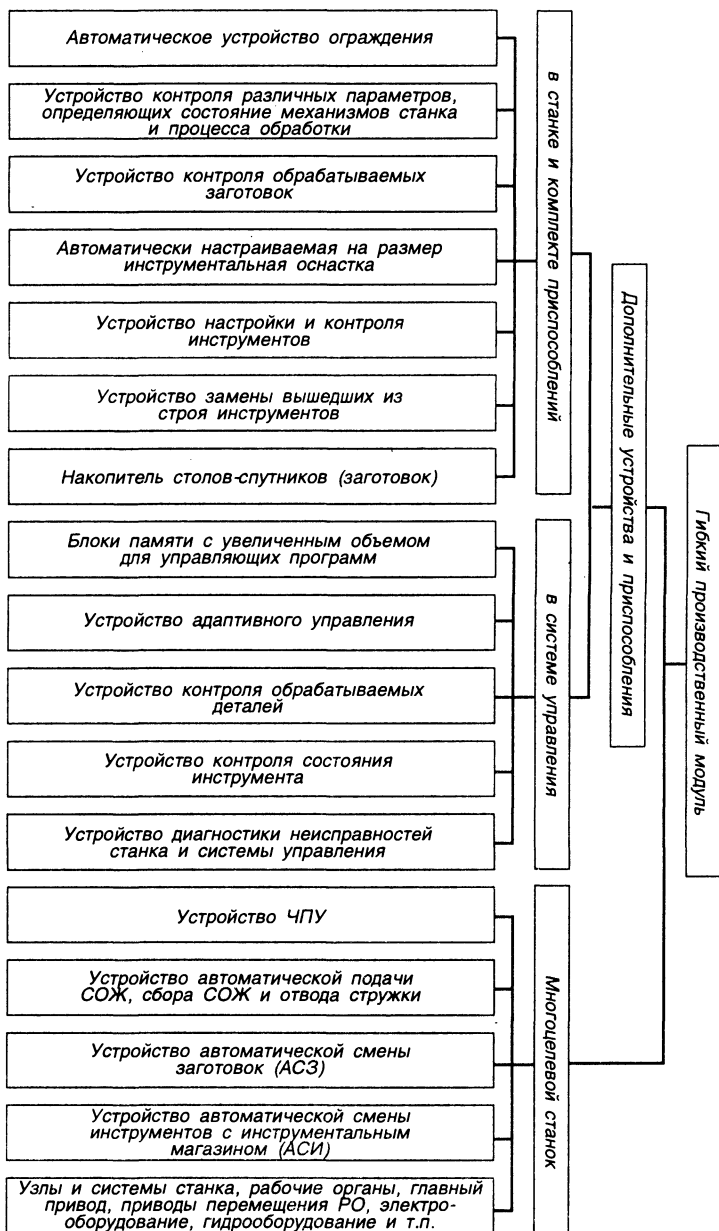


Рис. 228. Структура гибкого производственного модуля

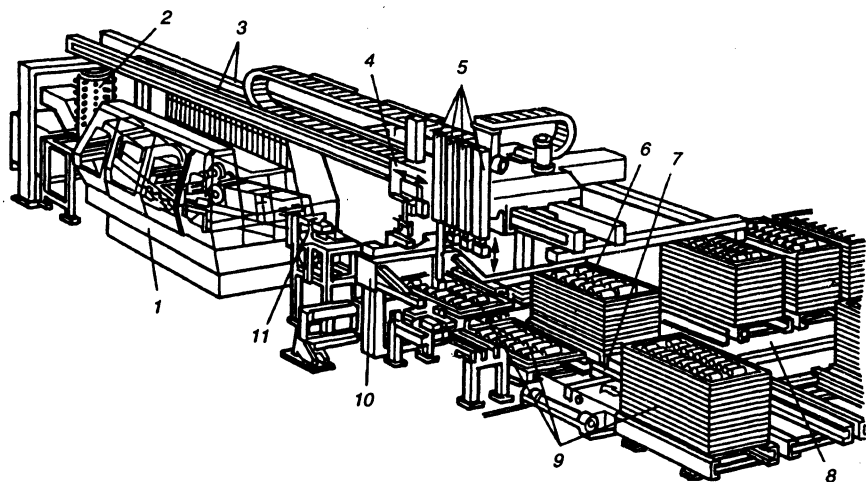


Рис. 229. ГПМ для обработки заготовок тел вращения

но требуют постоянного наблюдения за технологическим процессом. ГПМ второй группы оснащены устройствами контроля процесса обработки и поэтому постоянного присутствия оператора не требуется, ГПМ третьей группы характеризуются наличием устройств автоматической смены комплектов инструментов и приспособлений и возможностью адаптации к изменяющимся условиям технологического процесса, что необходимо при работе в режиме малолюдной технологии.

Каждую из указанных групп ГПМ по признаку технологических классов обрабатываемых заготовок классифицируют по ряду других признаков: интеграции видов обработки, концентрации обработки, степени универсальности, точности, компоновке. По точности ГПМ различаются на класс П-основного исполнения и класс А прецизионного исполнения.

Компоновки ГПМ. Основные типы компоновок ГПМ стандартизованы. ГПМ строят по принципу агрегатирования. Это позволяет из сравнительно ограниченного комплекта унифицированных узлов создавать без значительных дополнительных затрат разнообразные модификации ГПМ, приспособленных к конкретным требованиям заказчиков по технологическим возможностям, объему рабочего пространства, количеству и номенклатуре рабочих органов, уровню автоматизации, а также другим параметрам.

На рис. 229 показан ГПМ, выполненный на базе двухшпиндельного токарного станка для обработки заготовок тел вращения. ГПМ состоит из станка 1, оснащенного автоматизированными зажимными патрона-

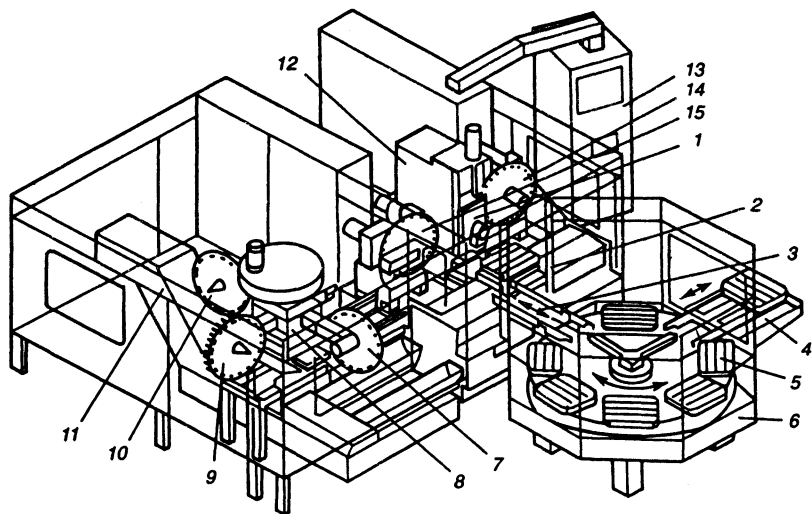


Рис. 230. ГПМ горизонтальной компоновки для обработки заготовок корпусов

ми для закрепления заготовок 6 и магазином инструментов 2 с устройством их автоматической замены (при износе, поломке). Автоматическую смену заготовок осуществляет ПР, оснащенный четырьмя манипуляторами 5. ПР может выполнять смену в двух шпинделях: снять обработанные детали и установить заготовки, подлежащие обработке, взятые с поддонов 9 транспортно-накопительной системы 8, оснащенной манипуляторами 7 и 10 для перемещения поддонов, может устанавливать заготовки на призмы поворотного стола 11, где они кантуются и одновременно контролируются, что сокращает вспомогательное время. Устройство 4 и ПР перемещаются вдоль станка по portalу 3.

На рис. 230 показан ГПМ горизонтальной компоновки для обработки заготовок корпусов средних размеров. Одностоечный МС с подвижными по одной линейной координате шлифовальной бабкой 1, стойкой 12 и поворотным столом 2 связан перегрузчиком 3 с накопителем 6 столов-спутников 5. Накопитель 6 на дополнительной позиции 4 осуществляет смену обрабатываемых заготовок. Если ГПМ встраивают в ГПС, то позиция 4 стыкуется с общей транспортной системой. МС оснащен двумя инструментальными магазинами 14 и 15 и поворотным устройством 8 с тремя дополнительными магазинами 7, 9 и 10, которыми можно заменить магазин 15. Это значительно увеличивает вместимость системы инструментального обеспечения (СИО) и количество инструментов дублеров для замены изношенных

инструментов. Автоматический транспортер *11* отводит стружку. ГПМ вместе с накопителем имеет надежное ограждение (показано тонкими линиями). Управление ГПМ осуществляет УЧПУ *13*. При встраивании ГПМ в ГПС это УЧПУ стыкуется с управляющей машиной высшего ранга.

Вместимость накопителя столов-спутников зависит от трудоемкости обработки заготовок и должна обеспечивать работу ГПМ в течение не менее чем двух смен.

Вместимость СИО определяется номенклатурой обрабатываемых поверхностей на заготовках, закрепленных для обработки на данном ГПМ, а также от количества инструментов, подвергающихся интенсивному износу или частой поломке. В крупных ГПМ чаще используют не дисковые, а цепные инструментальные магазины.

Если ГПМ работает в составе ГПС, то накопитель столов-спутников может быть использован как буферный, но может и отсутствовать в зависимости от принципа построения транспортной системы ГПС.

4.5. ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ (ГПС)

ГПС являются наиболее эффективным средством автоматизации, позволяющим переходить с изготовления одного вида продукции на другой с минимальными затратами времени и труда.

По технологическому назначению ГПС подразделяют на три класса: для изготовления деталей или полуфабрикатов; сборочные для выполнения технологических процессов агрегатной или общей сборки; комбинированные, предназначенные как для изготовления деталей, так и для сборки из них агрегатов или изделий.

Первый класс ГПС по конструктивным характеристикам изготавливаемых деталей подразделяется на ГПС для изготовления деталей типа «тел вращения», ГПС для изготовления корпусных деталей.

По виду технологических процессов ГПС могут быть заготовительными (штамповочные, литейные и т. д.), механообрабатывающими, для термообработки, для покрытий, смешанные.

По структуре ГПС подразделяют на узко- и широкономенклатурные. В узкономенклатурных ГПС количество наименований одновременно запускаемых в производство изделий невелико (не более 10). Номенклатура изделий обычно полностью известна и остается без изменения в течение относительно длительного периода времени. Такие ГПС могут использоваться в крупносерийном и массовом переналаживаемых производствах и выпускать параллельно несколько модификаций изделий. В широкономенклатурных ГПС количество наименований изготавливаемых изделий может достигать нескольких сотен в год. При этом вся номенклатура изделий может быть неизвестной до начала проектирования ГПС. Объем производственной про-

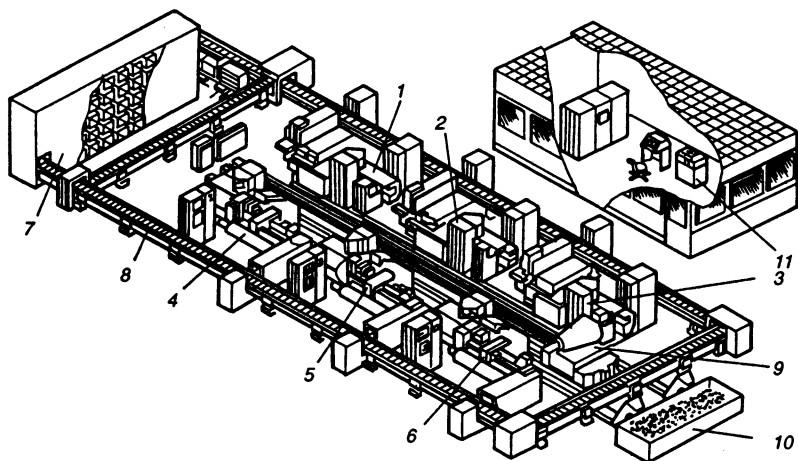


Рис. 231. Схема ГПС для изготовления статоров электродвигателей

граммы по каждому наименованию составляет от нескольких единиц до нескольких десятков изделий в год.

ГПС могут быть с общим маршрутом изготовления для всей номенклатуры изделий или с независимыми маршрутами изготовления каждого изделия закрепленной номенклатуры.

В состав ГПС входят: основное технологическое оборудование, вспомогательное оборудование в виде устройств загрузки и разгрузки, устройства складирования, хранения и накопления заготовок, деталей, средств технологического оснащения, отходов производства, устройства транспортирования, устройства технологического оснащения, автономные устройства управления как ГПС в целом, так и ее отдельными подсистемами, включающими вычислительные комплексы (УВК) разного уровня, программно-математическое обеспечение подготовки и управления функционированием ГПС, информационное обеспечение (датчики состояния ГПС, устройства передачи, преобразования и регистрации информации).

На рис. 231 представлена ГПС для изготовления статоров электродвигателей различных размеров. ГПС состоит из шести МС (1 — 6). Каждый из МС может полностью обрабатывать заготовку или выполнять только часть технологических операций. Заготовки автоматически передаются из склада 7 на роликовый конвейер 8 и по нему — к соответствующему МС. Установка заготовок на МС осуществляется ПР 9, размещенным на тележке, перемещающейся по рельсам. Этот ПР снимает со станка готовую деталь и передает ее на конвейер для последующего перемещения на склад 7. Стружка постоянно передается

в емкость I_0 для последующего удаления. Работой ГПС управляет ЭВМ 11. Переналадка отдельных МС и всей системы выполняется за короткое время благодаря смене программ, режущих инструментов и некоторых приспособлений.

При функционировании ГПС человек непосредственного участия в производственном процессе не принимает, а выполняет работу по ее обслуживанию, ремонту оборудования и наблюдает за правильностью всех операций.

Уровень автоматизации современного производства постоянно повышается. Появились интегрированные ГПС, которые управляются от единой ЭВМ и состоят из самых разнородных, но необходимых для данного изделия оборудования и установок.

4.6. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Роботизированные комплексы являются составной частью ГПС. В состав комплексов включаются ПР. В роботизированных технологических комплексах (РТК) ПР выполняет вспомогательные операции типа «взять — положить», в роботизированных производственных комплексах (РПК) ПР выполняют основные операции технологического процесса (сварку, сборку, окраску).

В состав РТК кроме ПР входят металлообрабатывающие станки, вспомогательное транспортное оборудование, включающее накопители, магазины заготовок, инструментов и т. д. В зависимости от числа станков, обслуживаемых одним ПР, различают одностаночные и многостаночные РТК. В состав любого РТК входят также устройства управления как отдельным ПР, так и всем РТК. Число устройств управления, как правило, равно числу станков и других технологических машин (в том числе и ПР). В ряде случаев для управления одностаночного РТК используют общую систему управления, особенно тогда, когда управление станком и ПР выполняется раздельно во времени.

Металлообрабатывающие станки, предназначенные для встраивания в РТК, должны обладать высокой производительностью, высоким уровнем концентрации разнохарактерных переходов обработки, удобным доступом к рабочей зоне станка, механизмами автоматической смены инструмента, зажима заготовок. Конструкция станка должна обеспечивать автоматическое открывание и закрывание защитных экранов, ограждающих зону обработки, автоматический обдув или обмыв базовых поверхностей приспособлений для закрепления заготовок, дробление и уборку стружки. Для встраивания в РТК серийно выпускаемые станки модернизируют или разрабатывают специализированное оборудование вновь.

На рис. 232 показаны компоновки РТК на базе напольных ПР.

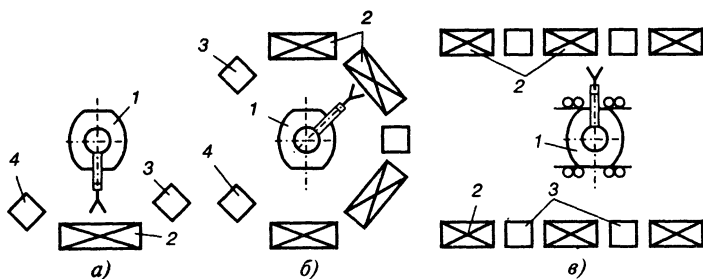


Рис. 232. Компоновка РТК:

a — для индивидуального обслуживания оборудования, *б* — группового обслуживания при линейном, *в* — линейно-параллельном расположении оборудования

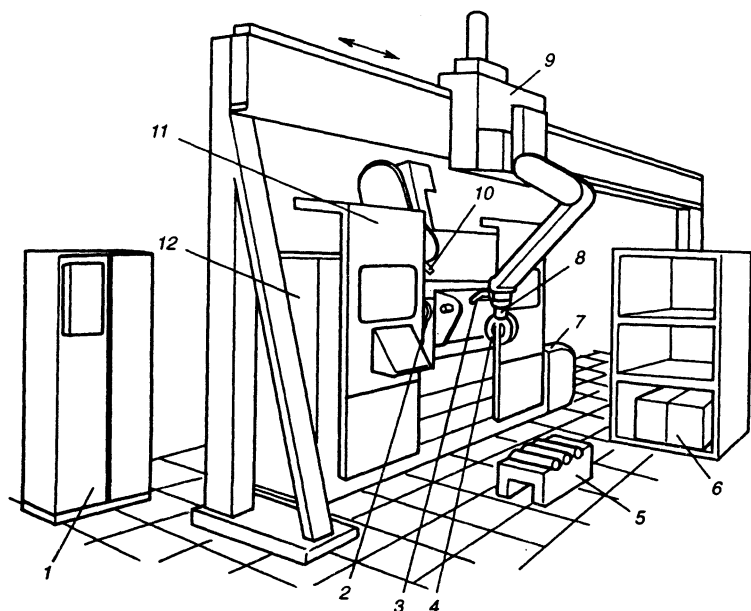


Рис. 233. РТК на базе токарного станка

Круговую компоновку используют при стационарных ПР, линейно-параллельную — при подвижных ПР. РТК с групповым обслуживанием в зависимости от количества выпускаемых изделий может иметь различные организационные формы загрузки оборудования: от независимой работы каждого станка до поточной линии.

РТК для индивидуального обслуживания оборудования (рис. 232,

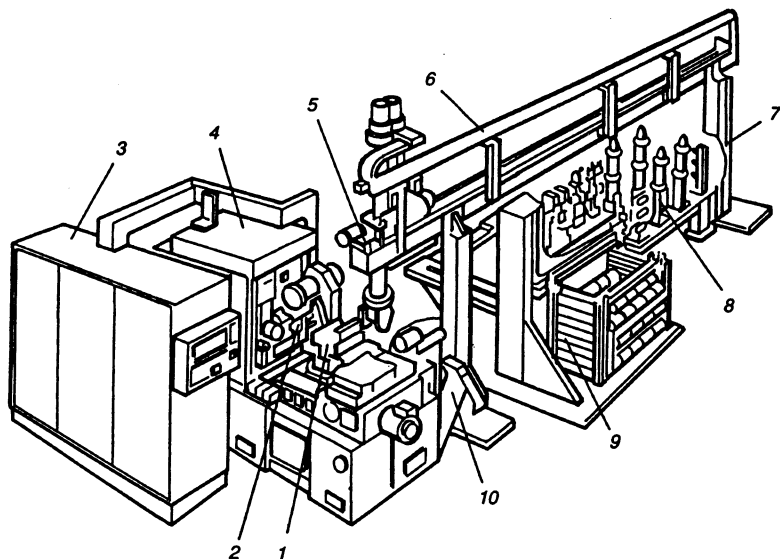


Рис. 234. РПК обработки зубчатых колес

а) входит станок 2 и автономный или встроенный в оборудование ПР 1, перемещающий заготовки из накопителя 3 к станку, а от станка к конвейеру 4. Такую компоновку РПК используют в средне- и крупносерийном производстве. В РПК автоматизированы операции установки заготовки, снятия детали, фиксации заготовки в рабочей зоне обработки. Обеспечиваются транспортные и информационные связи с основным производством.

При групповом обслуживании оборудования, имеющим круговое (рис. 232, б) или линейно-параллельное (рис. 232, в) расположение, ПР выполняет еще и межстаночное транспортирование заготовок. В настоящее время серийно выпускают РПК типа станок — ПР на базе станков токарной, сверлильной, фрезерной и шлифовальной групп, а также станков с ЧПУ.

На рис. 233 показана структура РПК на базе токарного станка 12. Последний оснащен автоматическими базирующими и зажимными приспособлениями 2 и устройством 10 автоматической смены инструмента, ПР 9 с устройством 8 для автоматической смены захватного устройства 4 и устройством 3 для очистки базовых поверхностей заготовок, а также системы управления 1 ПР и станком. РПК оснащен ячейками 6 автоматизированного склада и ориентированными магазинами 5 для заготовок. Рабочую зону станка предохраняет ограждение 11. Конвейер 7 служит для удаления стружки.

На рис. 234 показан РТК для нарезания зубчатых колес. В его состав входит зубофрезерный станок 4 с ЧПУ, управляемый от ЭВМ 3, порталный загрузочно-погрузочный механизм 6 и ПР 5, который снимает нарезанную фрезой 2 деталь 1 и устанавливает заготовку 10. Механизм 6 транспортирует инструмент из магазина 7, приспособления из магазина 8 и заготовки из магазина 9. Несколько РТК, объединенных транспортно-складской системой и автоматизированной системой управления, образуют ГАЛ или ГАУ. На основе таких линий работают ГАЦ.

4.7. ГИБКИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УЧАСТКИ (ГАУ)

Назначение и классификация. ГАУ из станков с ЧПУ, управляемых ЭВМ, используют в мелко- и среднесерийном производстве. ЭВМ выполняет прямое числовое управление группами станков; управление системами, которые обеспечивают каждое рабочее место заготовками, инструментом, оснасткой и УП; планирование и диспетчирование производства. Подготовка УП обработки и ее контроль осуществляет ЭВМ.

ГАУ классифицируют по технологическому назначению и компоновке.

По технологическому назначению ГАУ из станков с ЧПУ подразделяют на три группы: 1) для обработки заготовок тел вращения (фланцы, втулки, валы и т. д.) — участки типа АСВ; 2) для обработки заготовок корпусов (основания, станины, корпуса коробок скоростей, подач и т. д.) — участки типа АСК; 3) для обработки плоских заготовок (панели, крышки, планки и т. д.) — участки типа АСП.

По компоновке различают ГАУ: 1) с линейной одно или многорядной компоновкой (станки расположены в один или несколько рядов, а транспортно-накопительные системы параллельно им); 2) с круговой компоновкой (станки расположены вокруг центрального склада накопителя); 3) с модульным принципом компоновки.

В последнем случае ГАУ комплектуется из отдельных унифицированных производственных единиц — модулей, в которые входят однотипные станки и комплектующие оборудование (УЧПУ, транспортно-загрузочные и накопительные устройства, электро- и гидроприводы).

Системы управления ГАУ — системы ДНС, имеющие одну или две управляющие ЭВМ (рис. 235), станочные УЧПУ и каналы связи. В участках типа АСВ станки оснащены устройствами Н22 — токарные станки и Н33 — сверлильно-фрезерные МС, ЭВМ соединена с каждым станком индивидуальным кабелем, по которому осуществляется связь с УЧПУ. Станки могут работать в двух режимах: прямого управления с покადровым вводом управляющей информации от ЭВМ и автоном-

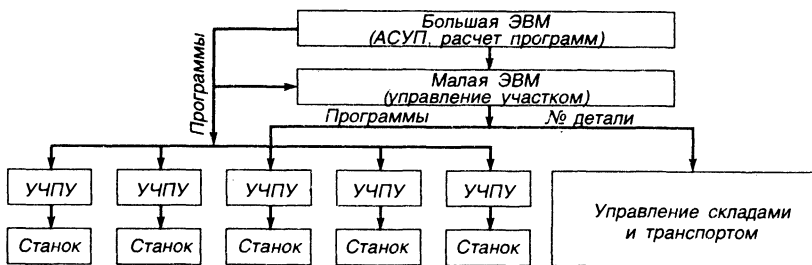


Рис. 235. Структурная схема управления ГАУ

ном с вводом этой информации с перфоленты посредством фотосчитывающего устройства СЧПУ. В сменном задании оператору задаются номера УП. Вызов от ЭВМ требуемой УП выполняет оператор посредством декадных переключателей пульта УЧПУ.

В участках типа АСК станки оснащены мини-ЭВМ (типа CNC), УП передается в УЧПУ не по кадрам, а целиком или в виде законченной части. Мини-ЭВМ выполняет все функции ЧПУ. Операции, редактирования и корректировки УП имеют индикацию технологической информации на экране.

Управляющая ЭВМ функционирует в режиме разделения времени. У ЭВМ появляется резерв времени, который используется для решения других производственных задач.

Системы централизованного управления организованы по иерархическому признаку: устройства более высоких рангов управляют работой устройств низких рангов. Первый ранг составляют исполнительные механизмы станка (привода подачи, автоматические коробки скоростей, механизмы автоматической смены инструментов, спутников и т. д.); второй ранг устройства станочного управления (элементы цикловой автоматики, дешифраторы команд, механизмы управления приводами).

Третий ранг составляют устройства преобразования кодированной УП в декодированный вид (например, УЧПУ, использующие в качестве программносителя перфоленту).

Устройством четвертого ранга является мини-ЭВМ. Последняя непосредственно управляет работой ГАУ: подключает те или иные станки; выбирает из долговременной памяти массивы УП, выдает их по запросу, управляет поиском и транспортированием заготовок, инструментов и технологической оснастки. Центральная (большая) ЭВМ — устройство пятого ранга выполняет долгосрочное и оперативное планирование производства, решает вопросы загрузки оборудования, разрабатывает УП и осуществляет их автоматическое транспортирование, конструкторскую и технологическую подготовку производ-

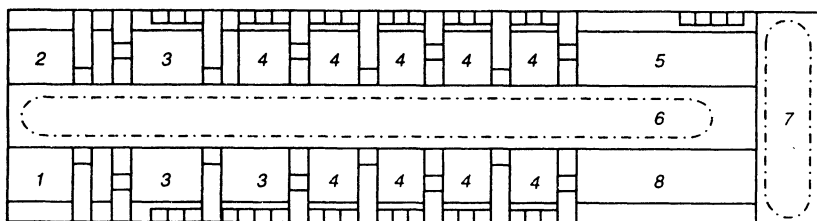


Рис. 236. Компоновка ГАУ АСВ—22

ства. Центральная ЭВМ может управлять несколькими ЭВМ четвертого ранга, однако может и не использоваться на участке.

Автоматизированный участок АСВ—22 (рис. 236) служит для комплексной механической обработки заготовок (диаметр до 250 мм, длина до 750 мм) тел вращения единичного и мелкосерийного производства. Обеспечивается полная токарная обработка, сверление, зенкерование, развертывание, цекование отверстий, фрезерование граней, канавок, пазов, лысок. Число наименований заготовок обрабатываемых в год практически не ограничено. Серийность от 5 до 500 заготовок при средней величине партии 20—50 шт.

В состав участка входит 12 станочных и ряд вспомогательных секций, конвейер и ЭВМ. Использован агрегатно-секционный принцип компоновки. В число станочных входит девять секций 4 с токарными полуавтоматами 1725МФЗ и три секции 3 с МС типа МА2235МФ4. Каждая секция состоит из станка, его гидростанции, электрошкафа, УЧПУ, приемных столов с роликовыми конвейерами для приема тары с заготовками, инструментами и оснасткой. МС имеет магазин из 12 инструментов и выполняет сверлильные и фрезерные работы (УЧПУ типа CNC).

Секция 1 режущего инструмента и оснастки служит для комплектации и наладки инструмента, а также для приема использованного. Секция 2 приспособлений и крепежной оснастки имеет аналогичное назначение. В секции 5 осуществляется сбор СОЖ и стружки, которая поступает от станков по конвейеру в специальных емкостях в уплотненном виде. В секции 8 приема — сдачи и ОТК расположена мини-ЭВМ и другое оборудование для приема заготовок и готовых деталей.

Замкнутый напольный тележечный конвейер 6 (скорость 18 м/мин) движется в одном направлении и периодически пускается и останавливается. Та или иная тележка вызывается по команде от ЭВМ набором адреса. Конвейер-преднакопитель 7 создает определенный задел и позволяет основному конвейеру обслуживать рабочие позиции независимо от поступления партии заготовок. Связь конвейеров реализуется тележкой с поворотной платформой, загрузка конвейера 7 — поворотным краном. Тара с заготовками или инструментом к рабочим

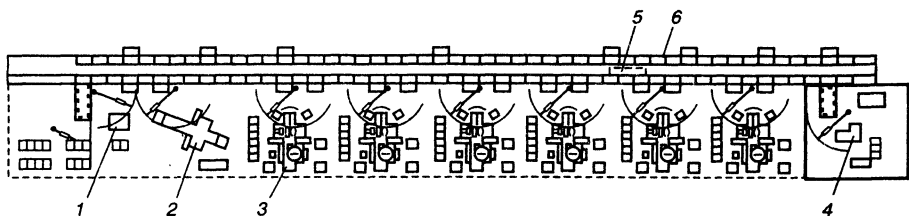


Рис. 237. Компоновка ГАУ АСК—10

местам с конвейера 6 транспортируется тележками с механическим приводом.

ЭВМ выполняет технологическую подготовку и оперативное планирование производства и прямое (целенаправленное) управление станками.

Автоматизированный участок АСК—10 (рис. 237) служит для обработки заготовок корпусов ($L \times B \times H = 750 \times 600 \times 550$ мм) в условиях мелко и среднесерийного производства (размер партии 10—50 шт.). На участке выполняется разметка, обработка плоских поверхностей, отверстий, пазов, уступов и криволинейных контуров; нарезание резьб в отверстиях (точность обработки отверстий 7—8 квалитет, межосевых расстояний $\pm 0,02$ мм, параллельность и перпендикулярность обработанных поверхностей — 0,01—0,2 мм).

Шесть МС имеют магазины на 36 инструментов. В инструментальном отделении хранится, комплектуется и настраивается на размер 190 наименований режущего инструмента и 90 наименований вспомогательного. Для комплектования одного магазина инструментов затрачивается 60—70 мин.

Участок комплектации приспособлений позволяет из элементов универсально-сборной оснастки (УСО) собрать 400 типов приспособлений. Для закрепления заготовок используют спутники, на которых монтируют элементы УСО.

Транспортная складская система предназначена для создания задела заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей. Это обеспечивает оптимальную загрузку станков. Для хранения заготовок и готовых деталей использованы двухъярусный, двухрядный ячеечный склад. По команде с пульта диспетчера кран-оператор подается к роликовым конвейерным станциям, которые расположены в зоне загрузки станков. Оператор с помощью крана-манипулятора устанавливает заготовку в приспособлении на спутнике. После обработки от УП происходит разжим спутников, его удаление манипулятором из рабочей зоны в позицию ожидания. Манипулятор затем подает на обработку новый спутник с заготовкой. Спутник автоматически базируется и закрепляется. Выполняется обработка согласно УП.

Управление работой участка осуществляется ЭВМ. Каждый агрегат участка может управляться от индивидуального устройства управления или централизованно от ЭВМ.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируются автоматизированные станочные системы механообработок?
2. В чем заключается гибкость автоматизированной станочной системы?
3. Как классифицируются АЛ механообработки?
4. Какие основные устройства входят в состав АЛ?
5. Что представляет собой ПАЛ?
6. Как классифицируются ПР?
7. Как классифицируются ГПМ?
8. Из каких элементов состоит ГПМ?
9. Каково назначение ГПС?
10. Как классифицируются ГПС?
11. Каково назначение РТК?
12. Каково назначение и состав ГАУ?

ГЛАВА 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Задачей рациональной эксплуатации металлообрабатывающего оборудования является обеспечение длительного и безотказного изготовления на нем деталей с заданной производительностью, точностью и качеством поверхностей. К требованиям эксплуатации станков относят их правильную упаковку и транспортирование, устройство помещений для них, правильную установку и крепление станков и их испытания, выполнение установленных правил работы и ухода за станком, своевременный ремонт.

5.1. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И УСТАНОВКА СТАНКОВ

Транспортирование станков необходимо осуществлять строго по инструкции, указанной в руководстве по эксплуатации. Перед транспортированием станки покрывают защитной смазкой и упаковывают в деревянные ящики, обеспечивая их неподвижную установку. При транспортировании станков морским транспортом используют специальные защитные средства. Ободку распакованного станка канатом выполняют согласно руководству по эксплуатации. Перемещать станки по цеху можно лишь волоком на металлическом листе или на специальной транспортной тележке. Тяжелые станки для удобства ремонта располагают в зоне действия подъемно-транспортных средств цеха. Если станки транспортируют в частично разобранном состоянии, то после установки основания станка на фундамент их монтируют, при этом выполняют заземление, подводят электропитание и, если необходимо, соединяют коммуникации центральной подачи СОЖ, сети сжатого воздуха или жидкости, а также системы стружкоудаления.

Установка станков. Правильность установки и закрепления станков на фундаменте во многом определяет качество их работы и технико-экономические показатели. Станки в цехе устанавливают или на общем

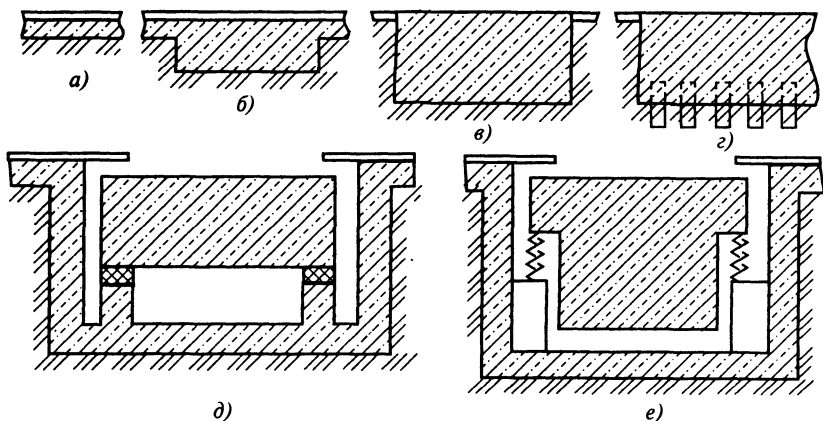


Рис. 238. Фундаменты под станки:

a — пол цеха (общая плита), *б* — ленточный (поперечное сечение плиты), *в* — обычный, *г* — свайный, *д* — на резиновых ковриках, *е* — на пружинах

бетонном полу толщиной 150—200 мм, или на специально проектируемых фундаментах. Жесткий фундамент, рациональная конструкция, целесообразная расстановка и тщательная регулировка станочных опор уменьшает деформации недостаточно жестких станин, особенно при их большой протяженности и перемещенном по ним тяжелых исполнительных органов. Фундамент и опоры станка должны обладать виброизоляционными свойствами, чтобы на станок не передавались колебания извне, чтобы снизить уровень колебаний от внутренних возмущений. Основные виды фундаментов для станков показаны на рис. 238. Фундаменты выполняют из кирпича, бетона, бутобетона, железобетона (бетона, армированного стальной сеткой). Фундаменты на естественном основании обладают виброизоляционными свойствами, в особенности если боковые грани выполнены свободными (без засыпки). Станок размещают на фундаменте по установленному чертежу, который имеется в руководстве по эксплуатации станка. Фундамент предварительно рассчитывают, определяя его высоту и площадь основания.

Станки нормальной точности массой до 2 т и достаточно жесткой станиной (при отношении ее длины L к высоте h не более 2) устанавливают непосредственно на бетонный пол или бетонные плиты площадью 4 x 4 м и толщиной до 300 мм и закрепляют фундаментными болтами. Прецизионные станки устанавливают на отдельных фундаментах, которые выполняют в виде монолитных бетонных блоков высотой 0,5—0,6 м для станков массой до 10 т и 1—1,5 м для станков свыше 10 т. В этом случае выполняют проверку фундамента по среднему давлению $p = (G_{\Sigma}/S_{\Phi}) \leq [P]$, где G_{Σ} — вес фундамента и станка с обра-

батываемой заготовкой, H ; S_f — площадь фундамента, m^2 ; $[P]$ — допускаемое давление на грунт, Па. Специальные станки, объединенные в линию, можно устанавливать на бетонных плитах шириной 1,5—3 м и длиной до 6 м. На бетонный пол толщиной не менее 150 мм можно устанавливать станки массой до 10—15 т с жесткими станинами.

Одиночный фундамент выполняют с размерами в плане, соответствующими габариту опорной поверхности станины. Высоту бетонного фундамента H выбирают по формуле $H = k \sqrt{L}$, где L — длина фундамента; $k = 0,2$ для токарных и горизонтально-протяжных станков; для продольно-строгальных, продольно-фрезерных и расточных $k = 0,3$; для шлифовальных $k = 0,4$; для зуборезных, карусельных станков $k = 0,6$.

Для многоцелевых станков и станков с ЧПУ величину H следует увеличивать на 20 %. Для прецизионных станков высота фундаментного блока должна быть не менее 1 м, причем масса фундаментного блока в 2—3 раза и более должна превосходить массу станка. Среднее статистическое давление фундамента на естественное основание должно соответствовать строительным нормам и правилам.

Резонансную частоту собственных колебаний фундамента со станком определяют по формулам: в вертикальной плоскости $\omega_b = 0,16\sqrt{(C_z S_f q) G_z}$, в горизонтальной плоскости $\omega_r = 0,7\omega_b$, где G_z — коэффициент упругого равномерного сжатия грунта H/m^3 ; g — ускорение свободного падения, m/c^2 . Если частота собственных колебаний фундамента превышает собственные колебания станка более чем на 40 %, то происходит ослабление колебаний; в противном случае колебания усиливаются, а при их равенстве наступает явление резонанса.

При установке станка его положение регулируют с помощью подкладок, клиньев, опор и проверяют по уровню в продольном и поперечном направлениях. Точность установки регламентируется стандартом на соответствующие станки. Обычно допуск на горизонтальность составляет 0,01—0,02 мм на 1 м длины. После установки, как правило, закрепляют с помощью фундаментных (анкерных) болтов или посредством подливания цементного раствора под опорную поверхность станины. Конструкция опор должна обеспечивать удобство регулирования положения станка при его перемещении вверх или вниз, неизменность установки станка по горизонтали при регулировании в вертикальной плоскости, стопорение регулируемых элементов, самоустановку элементов опоры относительно станины, совпадение осей фундаментного болта и элемента, перемещающем станину.

Станину перемещают не только с помощью прокладок и клиньев, но также с помощью винта (рис. 239, а — в) или клинового механизма (рис. 239, г, д). Клиновое опора упрощенной конструкции (рис. 239, г) не соответствует перечисленным требованиям. Клиновое опора повышенной жесткости и сложности (рис. 239, д) удовлетворяет всем указанным требованиям благодаря двустороннему креплению винта в корпусной части; отсутствию соприкосновения между станиной и

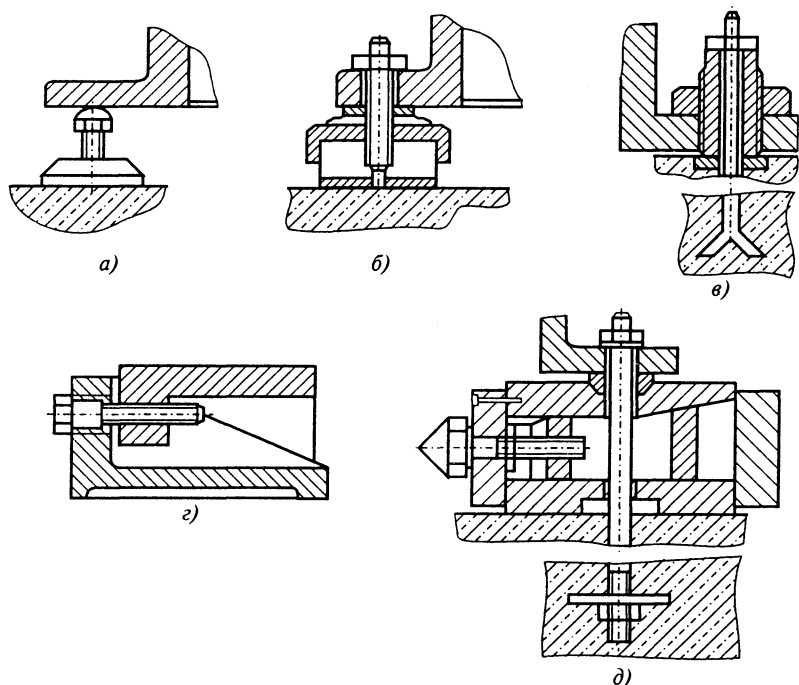


Рис. 239. Конструкция опор и фундаментных болтов

горизонтально движущимся клином; надежному самоторможению клинового соединения; наличию сферической шайбы, а также паза в середине опоры, через который можно пропустить фундаментальный болт.

Винтовые домкраты (рис. 239, *г, а*) подводят под станины, не требующие крепления. Виброизолирующие опоры (рис. 239, *б*) прикреплены к станине, но свободно стоят на фундаменте. Винтовая пара (рис. 239, *в*) имеет высокую жесткость благодаря соосному расположению полого застопоренного регулировочного винта и фундаментного болта. Последний может быть съемным, но чаще он имеет отгибы и заливается раствором (рис. 239, *в*) или связанным с анкерной плитой (рис. 239, *д*).

Установка станков бывает жесткой (без упругих элементов) и упругой (с виброизолирующими опорами или фундаментами). Упругие опоры (рис. 239, *б*) допустимы для станков средних размеров с жесткими станинами $h/L < 5$, не имеющих мощных внутренних источников возмущений. Такие опоры служат единственным средством виброизоляции станков, устанавливаемых на перекрытиях; они достаточно дешевы, их применение сокращает время установки станков.

5.2. ИСПЫТАНИЯ СТАНКОВ

Основным видом испытаний серийных и новых станков являются приемочные испытания, включающие: 1) испытание станка на холостом ходу, проверку работы узлов и механизмов и проверку паспортных данных; 2) испытание станка в работе под нагрузкой (специальных станков также и на производительность); 3) проверку станка на геометрическую точность, точность изготавливаемой детали и параметр шероховатости; 4) испытание станка при обработке на жесткость и виброустойчивость.

Кроме указанных испытаний часть серийного выпуска станков подвергают выборочным испытаниям, в которые входят измерение КПД привода, проверка уровня шума, измерение статической и динамической жесткости всех основных узлов и механизмов, проверка мощности двигателей и т. д.

Перед испытанием станок устанавливают на специальный фундамент на опоры или клинья с выверкой по уровню в продольном и поперечном направлениях. Точность установки на длине 1000 мм 0,02—0,04 мм в продольном и 0,03—0,05 мм в поперечном направлениях.

Испытания станка без нагрузки (на холостом ходу). Вначале производят внешний осмотр станка, затем проверяют легкость и плавность перемещений механизмов от руки, допустимые величины нагрузок и мертвых ходов маховиков и рукояток управления.

Затем станок испытывают последовательным включением всех частот вращения шпинделя, а также при всех величинах рабочих и ускоренных подач. При этом проверяют фактическое отклонение частот вращения на наибольшей скорости (станок должен непрерывно работать не менее 1,5—2 ч для установления постоянной температуры в подшипниках шпинделя). Проверяют работу электродвигателей, муфт, тормозов, механизмы зажима заготовки и инструмента, гидроборудование, системы подачи СОЖ, смазывание защитных устройств. Для привода главного движения записывают мощность холостого хода, измеряют температуру подшипниковых опор для шпиндельного узла (допускается нагрев подшипников качения не более 70° С, скольжения не более 60° С, для других механизмов не более 50° С). Работа механизмов станка должна быть плавной, без толчков, повышенного шума, сотрясений, вызывающих вибрации. Уровень шума измеряют шумомером или фонометром. В зоне рабочего места уровень шума не должен превышать 70—80 дБ. Кнопки управления станком, пусковая аппаратура, устройства блокировки, рычаги переключения должны работать без заедания и самопроизвольного смещения.

Проверка паспортных данных станка. Проверяют соответствие данным паспорта и чертежа: 1) основных размеров и характеристик станка, характеристик его электродвигателей, гидромоторов, гидро- и пневмоборудования; 2) величины частот вращения шпинделя и величин

подач; 3) кинематической, гидравлической, пневматической, электрической схем станка, системы смазывания и охлаждения. Допускаются отклонения фактических данных от паспортных не более чем на 5 %.

Испытание станка в работе под нагрузкой. При этом испытании проверяют качество работы станка, правильность взаимодействия и функционирования всех его механизмов в условиях нормальной эксплуатации. Выбирают наиболее тяжелые режимы работы с кратковременными перегрузками до 25 % сверх номинальной мощности. Испытания выполняют в зависимости от служебного назначения станка на черновом или чистовом режимах для типичных заготовок и материалов. Образцы обрабатывают в течение 30 мин (не менее). При этом все механизмы станка должны работать исправно. Эксплуатационные характеристики станка должны отвечать паспортным данным. Предохранительные устройства, тормоза и фрикционные муфты должны надежно действовать. Последние не должны самовыключаться и буксовать при перегрузке более 25 % от номинальной мощности.

Производственные возможности станка, качество его изготовления характеризуются наряду с другими параметрами КПД станка $\eta_0 = N_3/N$ и КПД механического привода $\eta_{\text{м}} = N_3/(N - N_{\text{ии}})$, где N_3 — эффективная мощность, расходуемая на резание, кВт; $N_{\text{ии}}$ — потери мощности в электродвигателе, кВт. Для определения КПД проводят испытание на мощность. Уравнение баланса мощности станка $N = N_3 + N_{\text{ии}} + N_{\text{хх}} + N_{\text{н.п}}$, где $N_{\text{н.п}}$ — потери мощности при работе станка под нагрузкой.

Мощность асинхронных двигателей определяют двумя вольтметрами W_1 и W_2 (рис. 240) или одним вольтметром с искусственной нулевой точкой. У двигателей постоянного тока измеряют напряжение, а амперметром ток I и вычисляют мощность $N = I \cdot U$. Эффективную мощность определяют по формуле $N_3 = (P_z \times U)/600$, где P_z — тангенциальная составляющая силы резания, Н. Величину $N_{\text{ии}}$ определяют по паспорту, в котором указаны значения КПД ($\eta_{\text{н}}$) при номинальной мощности $N_{\text{н}}$, а также при мощностях (0,25; 0,5; 0,75; 1,25) $N_{\text{н}}$. По этим значениям строят кривую потерь, определяя по формуле $N_{\text{ии}} = (N_i/\eta_{\text{зи}} - N_i)$, где N_i — мощность, развиваемая электродвигателем; $\eta_{\text{зи}}$ — КПД электродвигателя при данной мощности. Мощность холостого хода $N_{\text{хх}} = N_i - N_{\text{ии}}$. Она зависит от частоты вращения шпинделя. Для токарных станков на нижних ступенях вращения $N_{\text{хх}} = (0,05 \dots 0,1)N$; на верхних $N_{\text{хх}} = (0,12 \dots 0,3)N$. Мощность нагрузочных потерь $N_{\text{н.п}} = (0,05 \dots 0,14)N_{\text{н}}$; наименьшее значение соответствует малой частоте вращения.

Испытание станков на производительность проводят для операционных станков-автоматов, полуавтоматов, агрегатных станков и других специальных станков. Фактическая производительность станка должна соответствовать паспортной.

Испытание на получение параметра шероховатости поверхности выполняют на станках, служащих для доводочных и суперфинишных

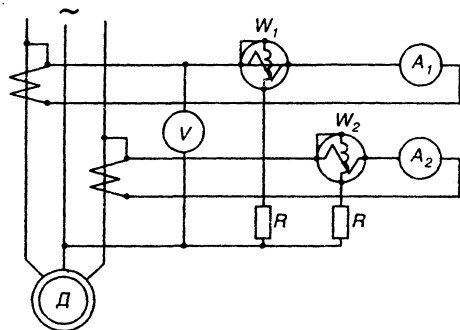


Рис. 240. Схема измерения мощности асинхронных электродвигателей

станков. Обработку осуществляют на чистовом режиме. Полученный параметр шероховатости сравнивают с шероховатостью эталонной детали. Применяют различные приборы для оценки параметра шероховатости поверхности — профилометры, профилографы, интерферометры.

Проверка геометрической точности. Точность формы и размеров изготавливаемых на станке деталей во многом зависит от точности технологической системы.

Точность станка должна соответствовать нормам стандартов. Для каждого типа станков установлено определенное число инструментальных проверок (ГОСТ 8—82Е). В испытание на точность входят измерение геометрической точности самого станка и измерение точности изготовленных на нем деталей, используемые для измерений различные средства (уровни, индикаторы, микрометры и т. д.), должны отвечать по точности требованиям государственных стандартов.

Проверка геометрической точности станка включает контроль точности изготовления отдельных элементов станка, точность вращения шпинделя, геометрическую форму посадочных поверхностей, отклонение от плоскостности и прямолинейности направляющих поверхностей; станин, стоек, колонн, столов, суппортов, отклонение от прямолинейности перемещения столов, шпиндельных бабок, суппортов, точность ходовых винтов и т. д. Контролируют также точность относительного положения и движения элементов и сборочных единиц станка. Допустимые значения отклонений зависят от класса точности станка.

Проверка точности изготовленных на станке деталей дает возможность определить точность станка в рабочем состоянии. Выбор образца для испытаний инструмента и режимов резания выполняют в соответствии с типом, размером и конструкцией испытываемого станка по соответствующим стандартам. Правила выполнения испытаний приводятся в паспорте станка.

Испытание станка на жесткость. Жесткость станка это способность его несущих элементов сопротивляться действию нагрузок. Жесткость определяется величиной $j = P/y$, Н/мм, где P — действующая сила, y — величина деформации, вызываемая этой силой. Она является одним из важнейших критериев работоспособности станка и определяет точность его работы в установившемся режиме. Чем выше жесткость станка, тем точнее получаются изготавливаемые на нем детали. Жесткость станков определяется как собственными деформациями его

деталей, которые зависят от их материала, модуля упругости, площади сечения или момента инерции, так и контактными деформациями стыков, величина которых зависит от шероховатости сопрягаемых поверхностей, точности их геометрической формы, смазки и характера нагружения. На долю контактных деформаций в станке приходится 70—80 % упругих перемещений, приведенных к вершине режущего инструмента.

Для измерения жесткости применяют устройства нагружения элементов станка и приборы для регистрации деформаций. На рис. 241, а показана схема измерения статистической жесткости токарного станка. В резцедержателе 1 закреплен динамометр 2. Последний через сергу 3 воздействует на оправку 4, установленную в шпинделе. Нагрузка на оправку создается винтом 6 и регистрируется индикатором 9 через тарированную плоскую пружину 8. Отжатие шпинделя и суппорта определяют по индикаторам 5 и 7. По результатам испытаний строят график жесткости (рис. 241, б). При прямом нагружении вначале в системе выбираются зазоры, поэтому суппорт не возвращается в первоначальное исходное положение (пунктирная кривая). При последующих нагружениях и разгрузках кривые изменения деформаций образуют петлю, площадь которой характеризует в основном работу сил трения в стыках. Аналогично строят график и для обратного нагружения. При этом величина u между ветвями прямого и обратного нагружения характеризует разрыв характеристики, которая определяет суммарные остаточные перемещения. Перед проверкой станка на жесткость все его части, которые должны быть закреплены в процессе резания, также закрепляются.

Испытание станка на виброустойчивость. При работе станка наблюдаются быстропротекающие колебательные процессы — вибрации. Они отрицательно влияют на точность и шероховатость обрабатываемой поверхности, уменьшают долговечность и ухудшают технологические возможности станка. Вибрации в станке возникают из-за колебаний, вызываемых работающими рядом машинами, обусловленных недостаточной жесткостью станка и передач в его приводах, недостаточной уравновешенностью вращающихся частей станка или вращающейся заготовки, прерывистого характера процесса резания. В станках имеют место следующие виды колебаний.

Свободные колебания возникают под действием и кратковременной возмущающей силы, например, при пусковых и переходных процессах. Вынужденные колебания появляются под действием периодической силы, например, от моментов вращающихся частей станка. Автоколебания (незатухающие, самоподдерживающиеся) возникают при резании под действием периодической возмущающей силы резания при сдвиге слоев срезаемого материала. Параметрические колебания появляются при наличии какого-либо переменного параметра, переменной жесткости технологической системы, создающего эффект, подобно действию периодической возмущающей силы.

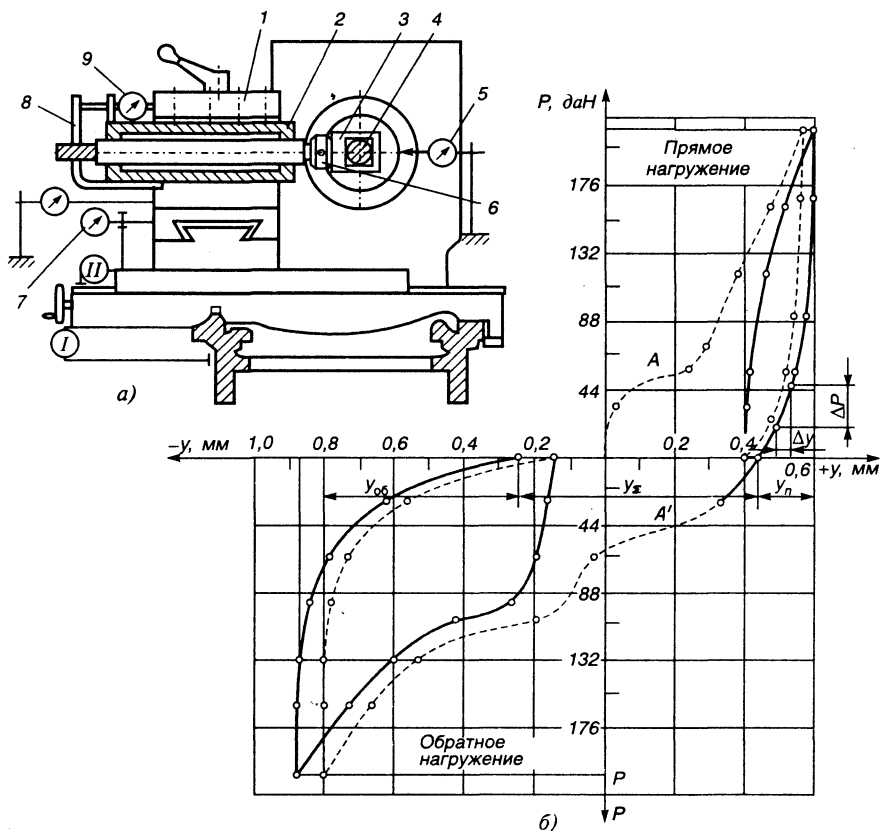


Рис. 241. Схема измерения (а) и характеристика статической жесткости (б) токарного станка

Свободные колебания описываются уравнением $m\ddot{x} + d\dot{x} + jx = 0$, где m — масса системы; d — коэффициент демпфирования сопротивлений трению; x , \dot{x} , \ddot{x} — соответственно перемещение, скорость и ускорение системы. Отношение $\lambda = d/m$ называют логарифмическим декрементом затухания колебаний, $\omega_0 = \sqrt{j/m}$ собственной частоты колебаний; $D = \lambda/\omega_0$ — относительное демпфирование. Относительное демпфирование является показателем степени виброустойчивости технологической системы: $D > 1$ ($\lambda > \omega_0$) — сильное демпфирование; ($\lambda = \omega_0$) — критическое демпфирование; $D < 1$ ($\lambda < \omega_0$) — слабое демпфирование. При сильном и критическом демпфировании колебание аperiodично, т. е. затухает сразу, не переходя за положение равновесия. При слабом демпфировании затухание колебаний происходит по экспоненциальному закону $e^{-\lambda t}$, т. е. отношение амплитуд A_0 и A_n (рис. 242, б) за время $t = nT$ равно $A_0/A_n = e^{-\lambda t}$, где T — период колебания, n —

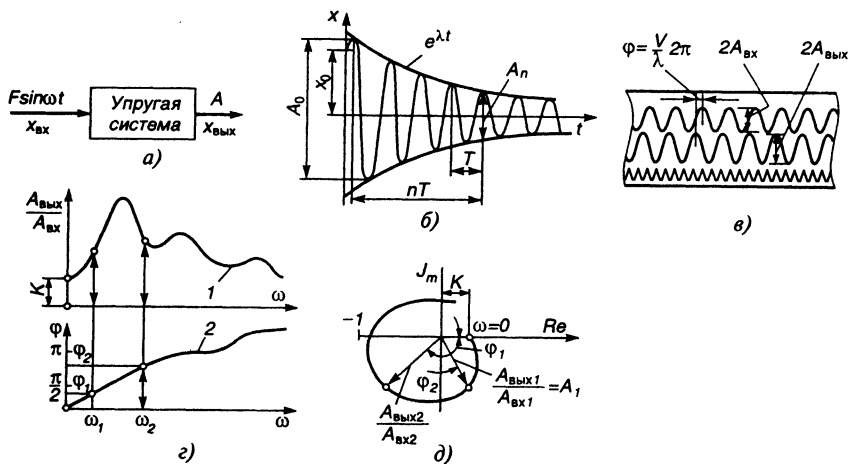


Рис. 242. Динамические характеристики станка

число колебаний за период уменьшения амплитуды до заданной величины. Логарифмируя отношения амплитуд, находят $\lambda = \ln(A_0/A_n)/nT$ и декремент затухания при $\omega_0 = 2\pi/T$, который равен $D = \ln(A_0/A_n)/2\pi n$. При сильном и критическом демпфировании $n = 1$ уравнение вынужденных колебаний имеет вид: $m\ddot{x} + dx + jx = P\sin\omega t$, где P — возмущающая сила, ω — круговая частота действия возмущающей силы. При вынужденных колебаниях для избежания резонанса собственная частота колебаний системы не должна совпадать по величине с частотой вынужденных колебаний.

Виброустойчивость станка оценивают посредством амплитудно-фазового частотного метода. Шпинделю станка, например, сообщают периодические вынужденные колебания от генератора колебаний (рис. 242, а) и записывают при помощи выбродатчика и осциллографа колебание системы на осциллограмму (рис. 242, в). При периодическом изменении частоты генератора сравнивают амплитуды колебаний на входе и выходе системы $A_{\text{вых}}/A_{\text{вх}}$ и сдвиг колебаний по фазе φ . На основании измерения строят амплитудную $A_{\text{вых}}/A_{\text{вх}} = P(\omega)$ и фазовую $\varphi = P(\omega)$ характеристики в зависимости от частоты колебаний (рис. 242, г). Совмещая амплитудную и фазовую частотные характеристики в иррациональной J_m и реальной R_c координатах, получают амплитудно-фазовую характеристику АФЧХ (рис. 242, д). Радиус-вектор кривой АФЧХ характеризует отношение амплитуд, а угловое положение φ относительного положительного направления оси R_c — угол сдвига фаз колебаний. Значение -1 на оси R_c означает совпадение амплитуд колебаний и сдвиг по фазе $\varphi = 180^\circ$, что соответствует резонансу.

Система устойчива тогда, когда кривая АФЧХ не охватывает значение -1 на оси R_c .

Испытание станков на виброустойчивость выполняют также на основе срезания предварительной стружки и ее зависимости от скорости резания. Предельная стружка — это наибольшая ширина среза, снимаемая с заготовки при обработке на станке без вибраций. Предельную стружку определяют по характерному звуку во время резания, по сильной волнистости и зазубренности сходящей стружки, по следам на обработанной поверхности и другими способами.

5.3. ПАСПОРТИЗАЦИЯ СТАНКОВ

Основным техническим документом, который содержит все необходимые сведения по конструкции, кинематике и динамическим характеристикам станка, является его паспорт, который состоит из ряда разделов. В разделе «Общие сведения о станке» помещают фотографию станка и указывают сведения о нем: тип, модель, завод-заготовитель, год выпуска, класс точности, масса, габаритные размеры, место установки. В разделе «Основные технические данные» приводят параметры станка, его приводов и механизмов привода главного движения и подач, типы приводов, основные размеры ИО, расстояние между ними и предельные перемещения ИО, минимальные и максимальные размеры обрабатываемых заготовок, данные для крепления инструмента и заготовок. В разделе «Привод» указывают характеристики электродвигателей, ремней, цепей, подшипников муфт и т. д. В раздел «Кинематическая схема станка» приводят последнюю и указывают спецификацию зубчатых и червячных колес, червяков, ходовых винтов, а также все данные, необходимые для подсчета перемещений в станке. В разделе «Механика станка» приводят частоты вращения шпинделей (мин^{-1}), числа двойных ходов ИО, передаваемые крутящие моменты и мощности, величины подач, наибольшие допустимые силы резания, КПД станка, КПД кинематических цепей, приводимых от каждого электродвигателя. Паспорт содержит также разделы: «Гидравлические механизмы», «Изменения в станке», «Дата капитального ремонта», «Принадлежности и приспособления», «Таблицы настройки», «Схема управления».

5.4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СТАНКОВ

На универсальных станках настройку режимов резания производит станочник непосредственно перед или во время обработки, устанавливая рукоятками частоту вращения шпинделя, подачу и глубину резания.

На специальных и специализированных станках режим резания

устанавливается заранее (согласно карте наладки), путем установки сменных колес в цепях главного движения и подачи. Наладку завершают регулировкой инструмента на размер и пробными работами.

На большинстве станков при механической обработке на направляющих станины и суппортов образуется мелкая пылевидная стружка, которая оседает на оборудовании, поэтому после каждой смены предусматривается 10—15 мин на уборку. За это время рабочий станочник обязан тщательно очистить оборудование от стружки и грязи. Направляющие необходимо тщательно протереть от охлаждающей жидкости и смазать тонким слоем масла. Доставку масел, долив в резервуар, замену отработанных масел и периодическое смазывание производят по графику. Ежедневное смазывание оборудования и контроль за состоянием системы подачи СОЖ выполняет станочник.

При работе оборудования необходимо также периодически проверять качество изготавливаемых деталей. При ухудшении качества, которое контролируется станочником, он должен произвести подналадку оборудования, отрегулировать механизмы станка.

Уход за станками и их обслуживание включает чистку и смазывание, осмотр и контроль состояния механизмов и деталей станков и остастки, гидросистемы, системы смазывания и подачи СОЖ, регулировку и устранение мелких неисправностей. При эксплуатации автоматизированных станков применяют смешанную форму обслуживания: наладку станка производит наладчик, а подналадку — станочник. При этом в функции станочника входят: приемка заготовок и их установка, снятие готовых деталей, оперативное управление, периодический контроль деталей, смена или регулировка режущего инструмента, регулирование подачи СОЖ, контроль за удалением стружки и др.

Уход за гидросистемой оборудования предусматривает контроль температуры масла, которая не должна превышать + 50° С. Первую замену масла в гидросистеме, как правило, производят через 0,5—1 месяц работы, чтобы удалить продукты притирки механизмов. В дальнейшем замену масла производят через 4—6 месяцев. Необходимо систематически контролировать и поддерживать уровень масла, следить за состоянием трубопроводов (во избежание утечки и попадания воздуха в гидросистему), регулярно чистить фильтры.

Уход за электрооборудованием включает в себя ежемесячную очистку аппаратов от грязи и пыли, подтягивание винтовых соединений, контроль плавности перемещений и надежности возврата подвижных частей электроаппаратов в исходное положение. Периодически смазывают приводы аппаратов тонким слоем смазочного материала, не допуская попадания его на контакты. Раз в полгода меняют полярность рабочих контактов у кнопок и выключателей, работающих в цепях постоянного тока, проверяют состояние контактов. При появлении пригара или капель металла на поверхности контактов их слегка зачищают бархатным надфилем.

Особенности эксплуатации станков обязательно указывают в инс-

трукциях. Соблюдение инструкции обеспечит длительную, бесперебойную работу оборудования.

Для устранения неисправностей и восстановления работоспособности станков выполняют их ремонт. Его производят не дожидаясь выхода оборудования из строя. Такой ремонт называют планово-предупредительным ремонтом (ППР). Система ППР металлорежущих станков включает техническое обслуживание, плановый, текущий, средний и капитальный ремонт. При текущем ремонте заменяют поврежденные детали; шпонки, втулки, болты и т. д. При среднем ремонте устраняют неисправности и частично восстанавливают ресурс станка (например, по точности обработки) с заменой или восстановлением составных частей. Капитальный ремонт производят для устранения неисправностей с заменой или восстановлением основных частей, включая базовые элементы для близкого к полному или полного восстановления ресурса станка.

5.5. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАНКОВ С ЧПУ

Основные правила эксплуатации станков с ЧПУ аналогичны правилам для металлорежущих станков с ручным управлением. Имеются, однако, некоторые отличительные особенности эксплуатации этих станков.

Станки с ЧПУ классов точности Н и П располагают в общих помещениях механических цехов, а станки классов точности В и А — в изолированных помещениях, температура воздуха в которых должна быть $+20^{\circ}\text{C}$. В зависимости от класса точности станка с ЧПУ допускаются следующие колебания температуры: Н, П ($\pm 5^{\circ}\text{C}$); В ($\pm 2^{\circ}\text{C}$); А ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Прецизионные станки с ЧПУ следует располагать так, чтобы на них из окон не падал прямой солнечный свет.

Установка станков классов А и С на полу зданий второго этажа не допускается. Станки с ЧПУ класса А, легкие и средние станки, класса В с нежесткой станиной, а также тяжелые станки располагают на бетонных фундаментах с виброизолирующим слоем. Легкие и средние станки классов В, П, Н устанавливают на резиновые прокладки или виброопоры на бетонном полу, а крупные и тяжелые — на бетонные фундаменты без виброизоляции.

Распаковку станков и УЧПУ следует выполнять согласно указаниям завода изготовителя. УЧПУ извлекают из ящиков в помещении с температурой $+20^{\circ}\text{C}$, где в зимнее время они должны находиться до распаковки не менее суток, зимой и в сырую погоду — не менее трех суток. При испытании на холостом ходу проверяют прежде всего работу станка. Если неисправностей не обнаружено, то включают УЧПУ и проверяют совместную работу станка и УЧПУ. После испытания на холостом ходу проводят испытание под нагрузкой на точность и на жесткость, а также на виброустойчивость станка при резании. Состав и последовательность проверок содержится в паспорте станка.

Проверку точности станков с ЧПУ классов П, В и А следует проводить: не реже 1 раза в 6 месяцев, для станков классов П и В; 1 раз в 4 месяца для станков класса А. Совместную работоспособность станка и УЧПУ проверяют по тест-программе на холостом ходу станка не реже 1 раза в 2 месяца.

Станок с ЧПУ следует использовать только для выполнения работ, определяемых его служебным назначением. К управлению станком с ЧПУ допускаются только аттестованные квалифицированные операторы и наладчики.

Станки должны проходить обязательный ежедневный и периодический плановый осмотр и проверку их электрооборудования и УЧПУ. Необходимо выполнять периодическую очистку от пыли механизмов станка и УЧПУ; профилактическую регулировку механизмов станка и УЧПУ; профилактическую регулировку механизмов и устройств, которые подвержены наиболее быстрому износу; смазывание всех поверхностей трения станков и УЧПУ.

В процессе эксплуатации станков с ЧПУ регулировку их механизмов и устройств осуществляют по данным ежедневных и периодических осмотров и проверок точности. Регулируют все механизмы, которые определяют конечную точность станка.

5.6. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Эксплуатацию ГПС необходимо организовать так, чтобы максимально увеличить загрузку и использование оборудования при минимальных затратах на производство продукции, а также обеспечить длительную работу оборудования без вмешательства человека. Каждая минута простоя дорогостоящего оборудования ГПС вызывает значительные неоправданные материальные затраты из-за его недоиспользования.

Организация рациональной эксплуатации ГПС, которая обеспечивает максимальную нагрузку оборудования, достигается за счет использования автоматизированных систем подготовки производства, распределения заготовок и инструмента между станками, диагностики технического состояния составных частей ГПС, ликвидации возникающих отказов и решения ряда других задач.

Целесообразно наряду с плановыми ремонтными работами отдельных групп оборудования ГПС заранее планировать ремонт отдельных элементов, особенно быстроизнашиваемых. Обычно выполняют следующие работы: контроль состояния основных элементов системы (например, режущих инструментов, расположенных в магазинах и слутниках, захватов ПР, станков, транспортных устройств и др.); плановый ремонт того или иного элемента или узла ГПС. При плановом ремонте во многих случаях нет надобности основы работы всей ГПС,

так как в ее составе находятся ГПМ и другие элементы, которые могут работать в автономном режиме.

Техническое обслуживание станков ГПС аналогично обслуживанию автономно работающих станков с ЧПУ. Осмотру, наладке и регулировке подвергаются и вспомогательное оборудование ГПС: транспортно-накопительные системы, ПР, контрольно-измерительные, мочные машины и устройства уборки стружки.

Особенностью технического обслуживания ГПС, таким образом, является необходимость обслуживания всего комплекса основного и вспомогательного оборудования, а также оснастки.

ГПС имеют высокую стоимость. Это обуславливает организацию двух- и трехсменной их эксплуатации в течение суток, а в ряде случаев и непрерывную эксплуатацию. Поэтому ремонтные работы выполняют в первую смену с целью обеспечения бесперебойной функционирования во вторую и третью смены в режиме малолюдной технологии. Рекомендуется следующая организация эксплуатации. В первую смену в течение 2—3 ч проводят регламентное техническое обслуживание оборудования (смазку, переналадку, смену инструмента), а также проверку УП для изготовления новых деталей. В первую смену на основе сменно-суточного задания в транспортно-накопительные системы ГПС вводят заготовки, расположенные на поддонах или приспособлениях-спутниках, устанавливают режущий и вспомогательный инструмент и оснастку: в память управляющего вычислительного комплекса (УВК) вводят необходимые УП и другую технологическую информацию.

В первые 1—2 часа второй смены также целесообразно осуществить необходимое регламентное обслуживание оборудования и непрерывную обработку партии заранее подготовленных заготовок.

При отказах оборудования дежурный оператор ГПС получает от УВК рекомендации по ремонту и организует в соответствии с ними обслуживание. После устранения отказа оператор-наладчик с помощью пульта передает в УВК информацию о готовности системы к продолжению работы. Диспетчерский пункт ГПС оборудован дисплеем и устройством печати. С помощью их диспетчер получает плановые задания и информацию о работе всех систем ГПС.

Общее руководство по эксплуатации ГПС выполняет сменный инженер. ГПС обслуживает комплексная бригада, в которую входят операторы наладчики, каждый из которых может работать на станках с ЧПУ, в автоматизированных складах; технологи-программисты, которые выполняют отладку технологических процессов изготовления новых деталей, разработку и корректировку УП.

Организация эксплуатации оборудования ГПС осуществляется с помощью автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП), основой которой является ЭВМ.

При этом программно-математическое обеспечение разрабатывается так, чтобы максимально сократить трудоемкость технологической

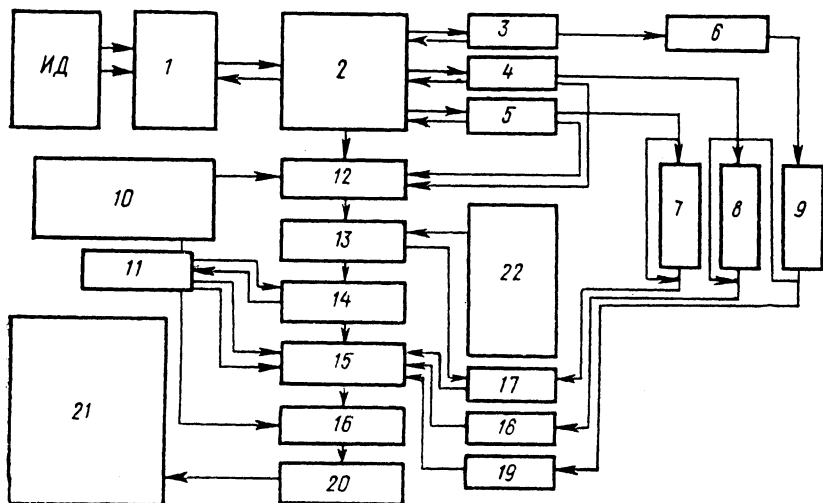


Рис. 243. Схема технологической подготовки производства на ГАУ типа АСК

подготовки производства и обеспечить высокую надежность управляющей и технологической информации.

В качестве примера на рис. 243 приведена схема АСТПП для ГАУ типа АСК. В качестве исходных данных (ИД) необходимы чертежи изготавливаемых деталей, годовые программы выпуска, величины партий запуска. Обработка заготовок на участках организована на базе типового технологического маршрута (1), определяемого возможностями оборудования ГАУ. Однако для каждой конкретной изготавливаемой детали разрабатывается маршрутная технология и выдаются задания (2) на оптимальную заготовку, компоновку приспособлений из унифицированных элементов и специальный инструмент (если последний необходим).

Чертеж заготовки поступает в технологическую группу литейного цеха (3), задание на компоновку приспособлений в группу сборки приспособлений (4), а задания на специальный инструмент в группу инструмента ОГТ (5). Все эти службы через соответствующие цеха: модельный (6), инструментальный (7), механический (8) и литейный (9) обеспечивают изготовление необходимых компонентов к определенному интервалу времени. Контроль за ходом подготовки производства осуществляет автоматизированная система управления предприятием. Одновременно с запуском материальных элементов осуществляется разработка технологического процесса и подготовка УП. Выбор техпроцесса основан на использовании заложенных в память ЭВМ сведений (10): библиотеки технологических циклов, данных об инструментальных наладках и о станках.

На основании приведенных исходных данных проводится подго-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабушкин А.З., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Технология изготовления металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М.: Машиностроение. 1982. 272 с.
2. Бобров В.П., Чеканов Л.И. Транспортные и загрузочные устройства автоматических линий. Машиностроение. 1980. 119 с.
3. Власов С.Н., Позднеев Б.М., Черпаков Б.И. Транспортные и загрузочные устройства и робототехника. М.: Машиностроение. 1988. 143 с.
4. Власов С.Н., Годович Г.М., Черпаков Б.И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М.: Машиностроение. 1983. 439 с.
5. Кордыш Л.М., Косовский В.Л. Гибкие производственные модули. М.: Высшая школа. 1989. 109 с.
6. Кузнецов В.Г. Приводы станков с программным управлением. М.: Машиностроение, 1983. 248 с.
7. Кузнецов М.М., Усов Б.А., Стародубцев В.С. Проектирование автоматизированного производственного оборудования. М.: Машиностроение. 1987. 286 с.
8. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы. М.: Машиностроение. 1986. 320 с.
9. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М.: Машиностроение. 1986. 368 с.
10. Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Технология станкостроения. М.: Машиностроение. 1990. 256 с.
11. Пуш В.Э., Беляев В.Г., Гаврюшин А.А. и др. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение. 1986. 256 с.
12. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочник широкого профиля. М.: Высшая школа, 1999. 464 с.
13. Схиртладзе А.Г. Работа оператора на станках с программным управлением. М.: Высшая школа. 2000. 175 с.
14. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю., Соколов В.И. Технологические основы обработки деталей станков. Киев. Высшая школа. 1991. 327 с.
15. Схиртладзе А.Г., Соколов В.И., Фадеев В.А. Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ. Харьков. Высшая школа, 1990. 75 с.
16. Схиртладзе А.Г., Соколов В.И., Фадеев В.А. Металлорежущие станки с программным управлением и подготовка программ. Харьков. Высшая школа. 1992. 253 с.
17. Схиртладзе А.Г., Зубарев Ю.М., Куцанов Л.А. Основы технологии механической обработки. Санкт-Петербург. Изд. института машиностроения. 1994. 150 с.
18. Схиртладзе А.Г., Брюханов В.Н., Протонов С.П. и др. Управление технологическими системами. Тверь. Изд. Тв. ГТУ. 1995. 265 с.
19. Схиртладзе А.Г., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Технология обработки зубчатых зацеплений в машиностроении.— М.: Машиностроение, 1999. 215 с.
20. Схиртладзе А.Г., Иванов С.Д., Коротков И.А. и др. Технология изготовления деталей на горизонтально-расточных станках.— М.: Учебная литература, 2000. 225 с.

21. Схиртладзе А.Г., Коротков И.А., Брызгов С.Г. Технология обработки на горизонтально-расточных станках.— М.: Учебная литература, 2000. 405 с.
22. Схиртладзе А.Г., Скрябин В.А., Артемов И.И. и др. Технологические автоматизированные системы механической обработки.— Пенза: изд. ПТН, 2000. 330 с.
23. Схиртладзе А.Г., Матвеев А.И., Бурдо Г.Б. и др. Технология токарной обработки.— Тверь: изд. ТвГТУ, 1997. 544 с.
24. Схиртладзе А.Г., Зверовщиков В.З., Скрябин В.А. и др. Технологические автоматизированные системы механической обработки.— Пенза: изд. ПГУ, 1998. 208 с.
25. Схиртладзе А.Г., Соломенцев Ю.М., Коротков И.А. и др. Технологические процессы машиностроительного производства. В 3-х томах.— М.: Учебная литература, 2001. Т. 1—302 с. Т. 2—340 с. Т. 3—328 с.
26. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления.— М.: Высшая школа, 2001. 110 с.
27. Трялисский В.О., Схиртладзе А.Г., Моисеев В.Б. и др. Диагностика, испытание и ремонт станочного оборудования.— Пенза: изд. ПГУ, 2001. 363 с.
28. Типинкичиев Б.Н., Красниченко Л.В., Тихонов А.А., Колев Н.С. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение. 1972. 464 с.
29. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение. 1988. 416 с.

Учебное издание

Схиртладзе Александр Георгиевич
Новиков Владимир Юрьевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Редактор *В.А. Козлов*
Художник *К.Э. Семенков*
Художественный редактор *Ю.Э. Иванова*
Технические редакторы *Н.В. Быкова, Л.А. Овчинникова*
Корректор *Г.Н. Петрова*
Компьютерная верстка *С.Н. Луговая, А.В. Болотников*
Оператор *М.Н. Паскарь*

Лицензия ИД № 06236 от 09.11.01.

Изд. № ОТМ-33. Сдано в набор 07.02.01. Подп. в печать 12.11.01.

Формат 60 x 88¹/₁₆. Бум. газетн. Гарнитура «Таймс».

Печать офсетная. Объем 24,99 усл. печ. л. 24,99 усл. кр.-отг. 25,92 уч.-изд. л.

Тираж 4000 экз. Зак № А-596.

ФГУП «Издательство «Высшая школа», 127994, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Тел.: (095) 200-04-56

E-mail: info@v-shkola.ru <http://www.v-shkola.ru>

Отдел продаж: (095) 200-07-69, 200-59-39, факс: (095) 200-03-01.

E-mail: sales@v-shkola.ru

Отдел «книга-почтой»: (095) 200-33-36.

E-mail: bookpost@v-shkola.ru

Отпечатано в типографии ГУП ПИК «Идел-Пресс».
420066, г. Казань, ул. Декабристов, д. 2.