

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»



Е.Н. Некравцев, А.П. Будник, А.М. Чашников

КОНСТРУКЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Часть 2

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2022

Некравцев Е.Н. Конструкция и управление технологическим оборудованием: учеб. пособие / Е.Н. Некравцев, А.П. Будник, А.М. Чашников. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 119 с.

Во второй части учебного пособия рассмотрено фрезерное, сверлильное, расточное, протяжное, а также многоцелевое и агрегатное технологическое оборудование различных схем и компоновок. Приведены примеры вариантов управления на основании кинематических и гидравлических схем. Описаны типы систем числового программного управления станками. Представлены основные узлы и агрегаты станков. Определены типы производств, на которых наиболее предпочтительно использование описываемого оборудования.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 160100.65 «Самолето- и вертолетостроение», дисциплине «Конструкция и управление технологическим оборудованием».

Учебное пособие подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word 2003 и содержится в файле «Часть 2.doc».

Ил. 95. Библиогр.: 2 назв.

Научный редактор канд. техн. наук, доц. Н.В. Лосев

Рецензенты: филиал ОАО «Научно-производственная корпорация «Иркут» в г. Воронеже (директор В.Л. Паргачев);
канд. техн. наук, доц. В.В. Самохвалов

© Некравцев Е.Н., А.П. Будник, Чашников А.М., 2013

© Оформление. ФГБОУ ВПО
«Воронежский государственный технический университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Данное Учебное пособие в основном предназначено для использования студентами специальности 160201 и 340100 «Самолёто и вертолестроение», также им могут пользоваться и студенты других специальностей. Конспект лекций написан в соответствии с Государственным образовательным стандартом по данной специальности.

В этой части учебного пособия рассмотрено фрезерное, сверлильное, расточное, протяжное, а также многоцелевое и агрегатное технологическое оборудование различных схем и компоновок. Приведены примеры вариантов управления на основании кинематических и гидравлических схем. Описаны типы систем числового программного управления станками. Представлены основные узлы и агрегаты станков. Определены типы производств, на которых наиболее предпочтительно использование описываемого оборудования.

ГЛАВА 6.

ФРЕЗЕРНЫЕ И МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ.

6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

На фрезерных станках обрабатывают с помощью фрез (рисунок 6.1) плоские и фасонные поверхности, в особенности на рычагах, планках, корпусных и других деталях, не являющихся телами вращения, делают местные вырезы и срезы, прорезают прямые и винтовые канавки, а в отдельных случаях нарезают резьбы и зубья колес. Вращение фрезы является главным движением, относительное перемещение фрезы и заготовки (обычно прямолинейное) - движением подачи.

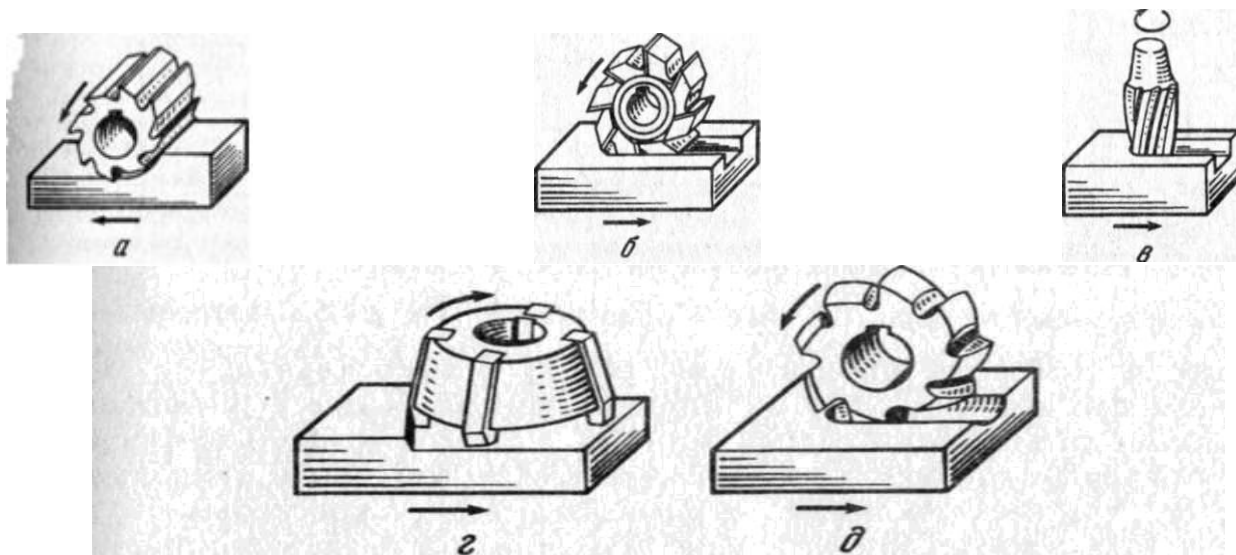


Рисунок 6.1. Основные типы фрез: а – цилиндрическая, б – дисковая, в – концевая, г – торцовая, д – фасонная.

Заготовку устанавливают на стол, почти всегда прямоугольный. Размеры рабочей поверхности стола являются основными размерами фрезерных станков: Ширина 100-5000 мм, длина 400-16000 мм и более. Фрезерные станки классифицируют по компоновке (количество и расположение шпинделей, распределение движений) или по назначению. Различают следующие типы и их разновидности: горизонтально-фрезерные консольные станки (с горизонтальным шпинделем и консолью), в том числе простые (рисунок 6.2, а), универсальные - с поворотным столом (рисунок 6.2, б), широкоуниверсальные - с дополнительными фрезерными головками (рисунок 6.2, в); вертикально-фрезерные станки (с вертикальным шпинделем), в том числе консольные (рисунок 6.2, г) и бесконсольные, называемые также с крестовым столом (рисунок 6.2, д); продольно-фрезерные станки, в

том числе одностоечные (рисунок 6.2, е), двухстоечные (рисунок 6.2, ж), с передвижным порталом (рисунок 6.2, з); широкоуниверсальные инструментальные станки - с вертикальной рабочей плоскостью основного стола и поперечным движением шпиндельных узлов (рисунок 6.2, и); копировально-фрезерные станки (рисунок 6.2, к); фрезерные станки непрерывного действия, в том числе карусельно-фрезерные (рисунок 6.2, л), барабанно-фрезерные (рисунок 6.2, м).

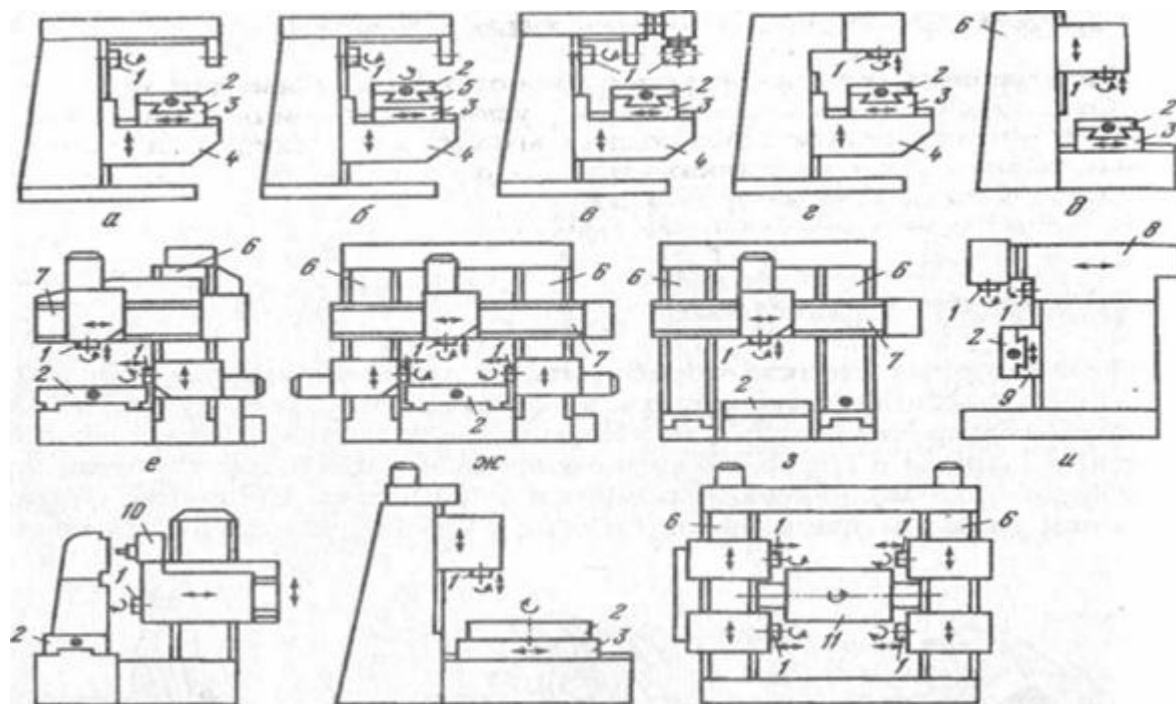


Рисунок 6.2. Основные виды фрезерных станков и характерные их части:

1 - шпиндель; 2 - стол; 3 - салазки; 4 - консоль; 5 - поворотная плита; 6 - стойка (стойки и связывающую их балку называют порталом); 7 - поперечина (траверса); 8 - ползун; 9 - каретка; 10 - копировальное устройство; 11 - барабан.

6.2. ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ.

Наибольшими возможностями обладают широкоуниверсальные станки. Они предназначены для работы в условиях единичного производства. Помимо расположенных под любым углом плоскостей, пазов, винтовых канавок и т.п. на станках можно обрабатывать объемные фасонные поверхности, например, штампов.

В качестве примера приведем техническую характеристику широкоуниверсального станка мод. 6Д82Ш.

Размеры рабочей поверхности стола 320 x 1250
(ширина x длина), мм
Наибольшее перемещение стола 950

(продольное), мм	
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹ :	
горизонтального	16...1600
поворотного	45...2000
Число частот вращения шпинделя:	
горизонтального	21
поворотного	12
Пределы подач стола, мм/мин	12,5... 1600
Число ступеней подач	22
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт:	
горизонтального	5,5
поворотного	2,2
Класс точности станка	П
Допуск (мкм) на прямолинейность поверхности обработанного образца-изделия при длине свыше 250 до 400 мм	16

Большинство фрезерных консольных станков выпускают по классу Н.

Компоновки. Основной шпиндель 1 (рисунок 6.3) широкоуниверсального станка выступает из станины (стойки) 9. На выдвижном хоботе 2 закреплена поворотная головка 3 со шпинделем, имеющим независимый привод, и может быть пристыкована накладная головка 4 с собственным шпинделем. Первая из головок имеет две оси поворота: горизонтальную (ось хобота) и перпендикулярную к ней. Накладная головка 4 может поворачиваться вокруг третьей оси, перпендикулярной к первым двум. Фрезы закрепляют непосредственно на шпинделях или на оправках. Для поддержки оправки, вставленной в основной шпиндель, служат серьги 5. Это дает возможность работать цилиндрическими фрезами или набором дисковых (фасонных) фрез. Заготовка получает продольное движение от стола 6 (неповоротного), поперечное от салазок 7, вертикальное - от консоли 8, которая представляет собой коробку с большим вылетом относительно направляющих, сопрягающих ее со стойкой 9. В консоль встроена коробка подач, в стойку - коробка скоростей 10 основного шпинделя. - У универсального станка, имеющего один шпиндель, стол может быть повернут с помощью поворотной плиты на угол до 45° вокруг вертикальной оси, что обеспечивает фрезерование винтовых каналов.

У простых горизонтально-фрезерных станков стол - неповоротный и нет дополнительных фрезерных головок. Обычно все названные станки являются консольными, то есть стол с салазками базируются на консоли.

Кинематическая схема станка мод. 6Д82Ш (рисунок 6.4). Привод главного движения служит для вращения фрезы и осуществляется двигателем М1. В приводе предусмотрен перебор с передачами 22/53 и 21/56, при этом двойной блок стоит всегда в правом положении (передача 20/58); при выключении перебора передвигают вправо колеса 21 и 22, причем последнее входит в зацепление с внутренним зубчатым венцом и становится полумуфтой. В приводе от двигателя М2 перебор содержит передачи 23/63 и 22/63.

Привод подачи служит для перемещения заготовки по одной из трех координат и изменения скорости этого движения. Коробка подач получает вращение от двигателя МЗ и содержит четыре двойных блока и перебор с передачами 19/40 и 21/40. Перебор выключают перемещением вправо последнего его колеса до зацепления с колесом $Z = 19$ (конец перебора соединяется с его началом) или перемещением блока до зацепления колес 37/20. От коробки подач движение передается дальше при включенной муфте М₄. При работе муфты М₃ (М_ф в этом случае выключена) движение от двигателя передается, минуя коробку подач, через передачу 55/66 для ускоренного перемещения. Одной из муфт М₆, М₈, М₁₀ включается соответственно поперечное, продольное или вертикальное перемещение; муфты М₇, М₉ и М_п реверсируют соответствующие движения. Каждый ходовой винт может вращаться, два из них - для стола и консоли - также движутся поступательно относительно неподвижных гайек.

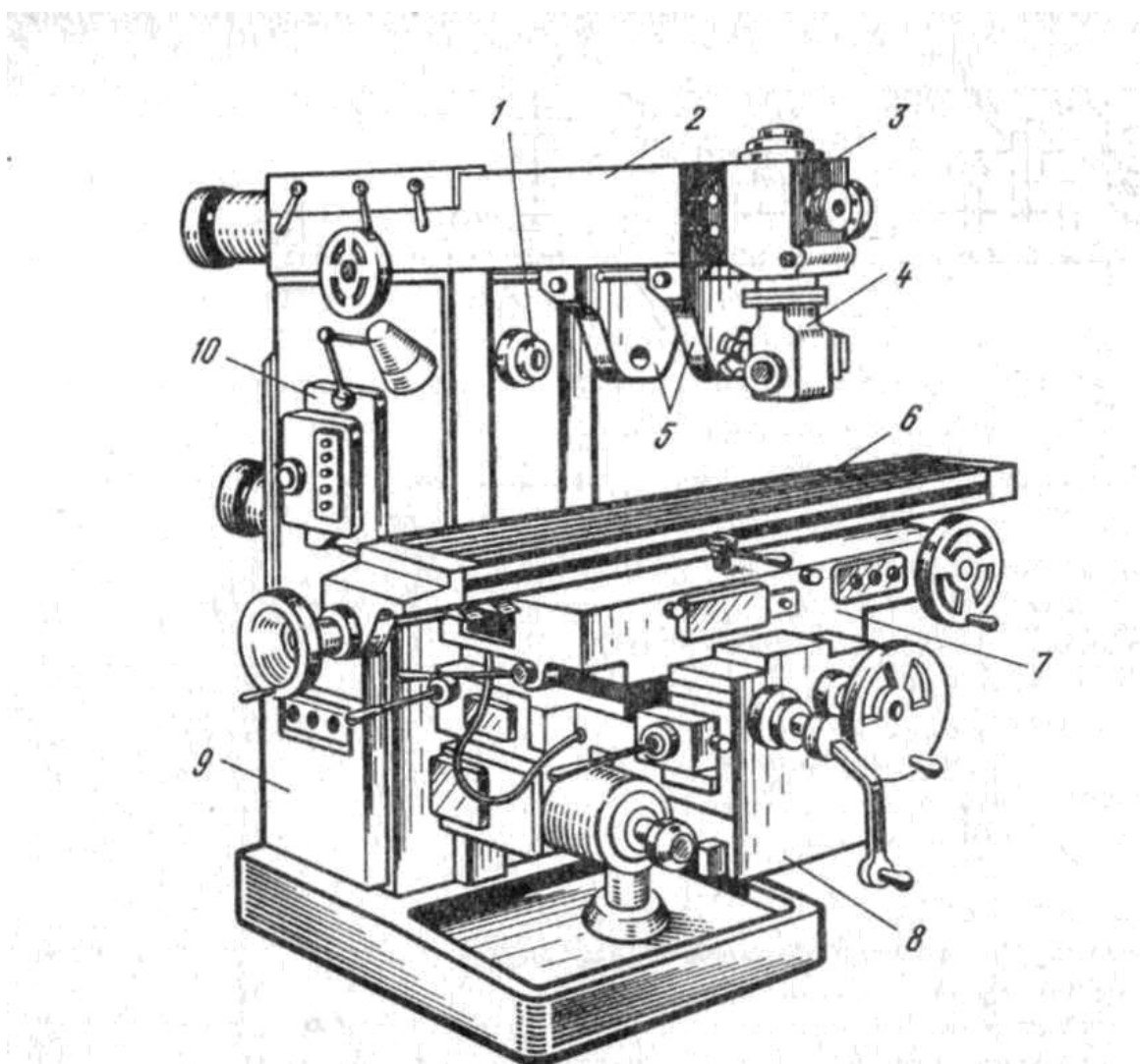


Рисунок 6.3. Широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный станок.

В гайках горизонтальных перемещений предусмотрено регулирование зазора, в гайке консоли зазор выбирается весом. Конструкция узлов горизонтально-

фрезерных станков. Характерной особенностью шпиндельного узла любого фрезерного станка является устройство 1 (рисунок 6.5) для крепления в шпинделе 4 хвостовика фрезы или оправки и торцовая шпонка 5 для передачи крутящего момента со шпинделя на фрезу. Хвостовик инструмента (оправка) втягивается в шпиндель резьбовым шомполом или тягой с отдельным приводом до контакта с центрирующим несамотормозящим (7:24) конусом шпинделя. Удельные давления в конусе определяют жесткость соединения. Для опор шпинделя применена простейшая комбинация подшипников качения с предварительным натягом: спереди - радиальный, двухрядный роликовый 3, сзади - пара радиально-упорных шариковых 2. Чтобы ускорить остановку привода при выключении двигателя, используют электромагнитный тормоз 8, связывающий первый вал (и ротор двигателя) с корпусом. Механизмы привода смазываются с помощью насоса 7, на который нажимает эксцентричный подшипник 6.

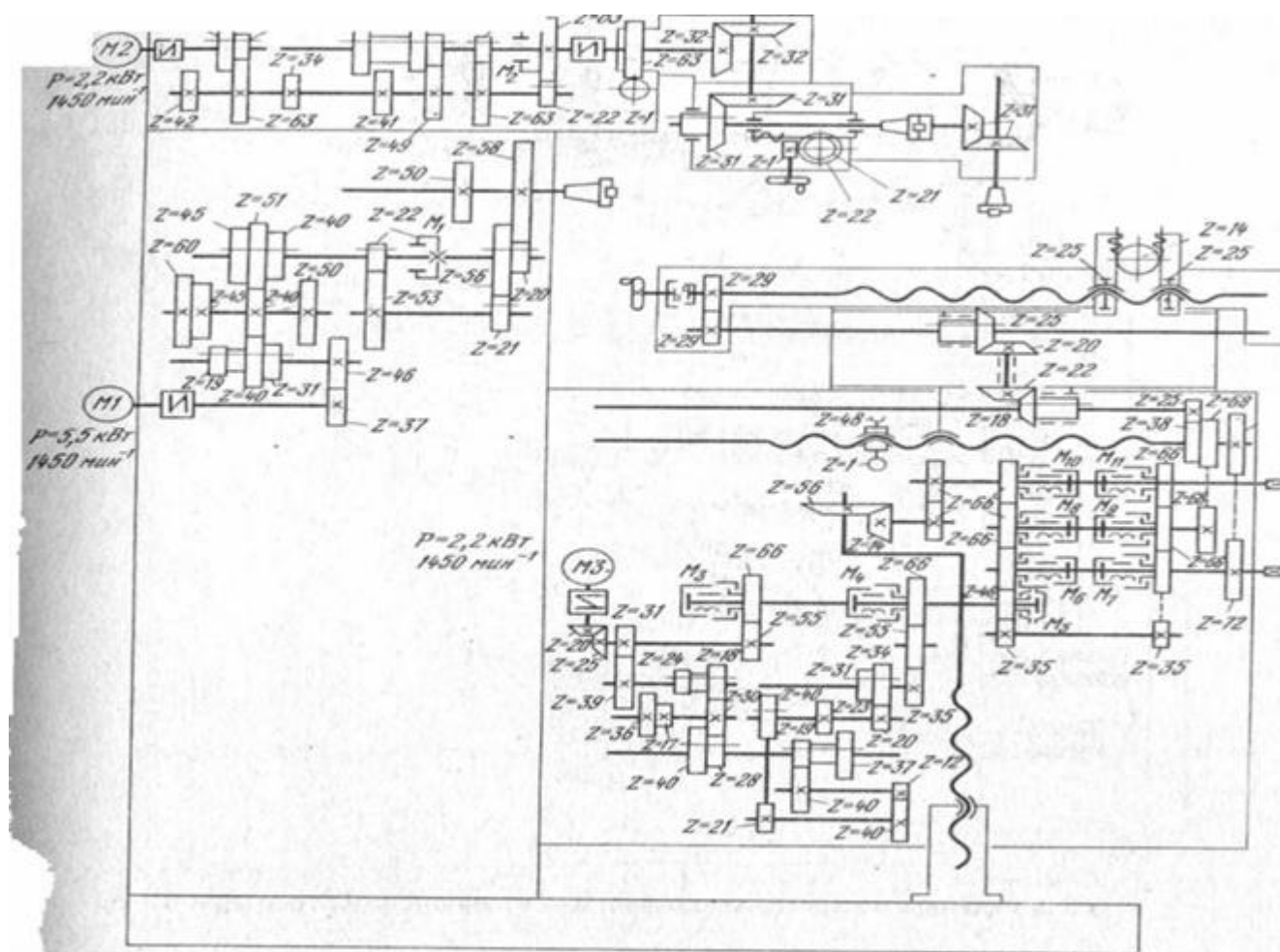


Рисунок 6.4. Кинематическая схема станка мод. 6Д82Ш.

Стол 6 (рисунок 6.6) имеет Т-образные пазы для крепления заготовки, направляющие скольжения типа "ласточкин хвост" и передачу винт-гайка для прямолинейного перемещения. Зазор в направляющих регулируют клином 13, а в передаче - червяком 14. Ходовая гайка 3 неподвижно закреплена на салазках 11, а ходовой винт 2 вращается в столе и перемещается вместе с ним. Винт получает

вращение от маховичка 1 через муфту 12 или от двигателя коробки подач через коническую передачу 8, реверсирующий механизм с муфтой 4 и скользящую шпонку 5 (шпоночный паз на винте прорезает резьбу). У направляющих 9 салазок форма прямолинейная, а зазоры регулируют клином 7 и пригонкой планок 10.

Консоль 1 (рисунок 6.7) содержит многоваловую конструкцию коробки подач, распределительно-реверсирующие механизмы с электромагнитными муфтами (например, на валу 4), передачу с ходовым винтом 7, который вращается и перемещается вертикально относительно гайки 6, ходовой винт 2, который вращается, перемещая гайку 5 салазок, шлицевый вал 3, который передает вращение через конические передачи ходовому винту стола.

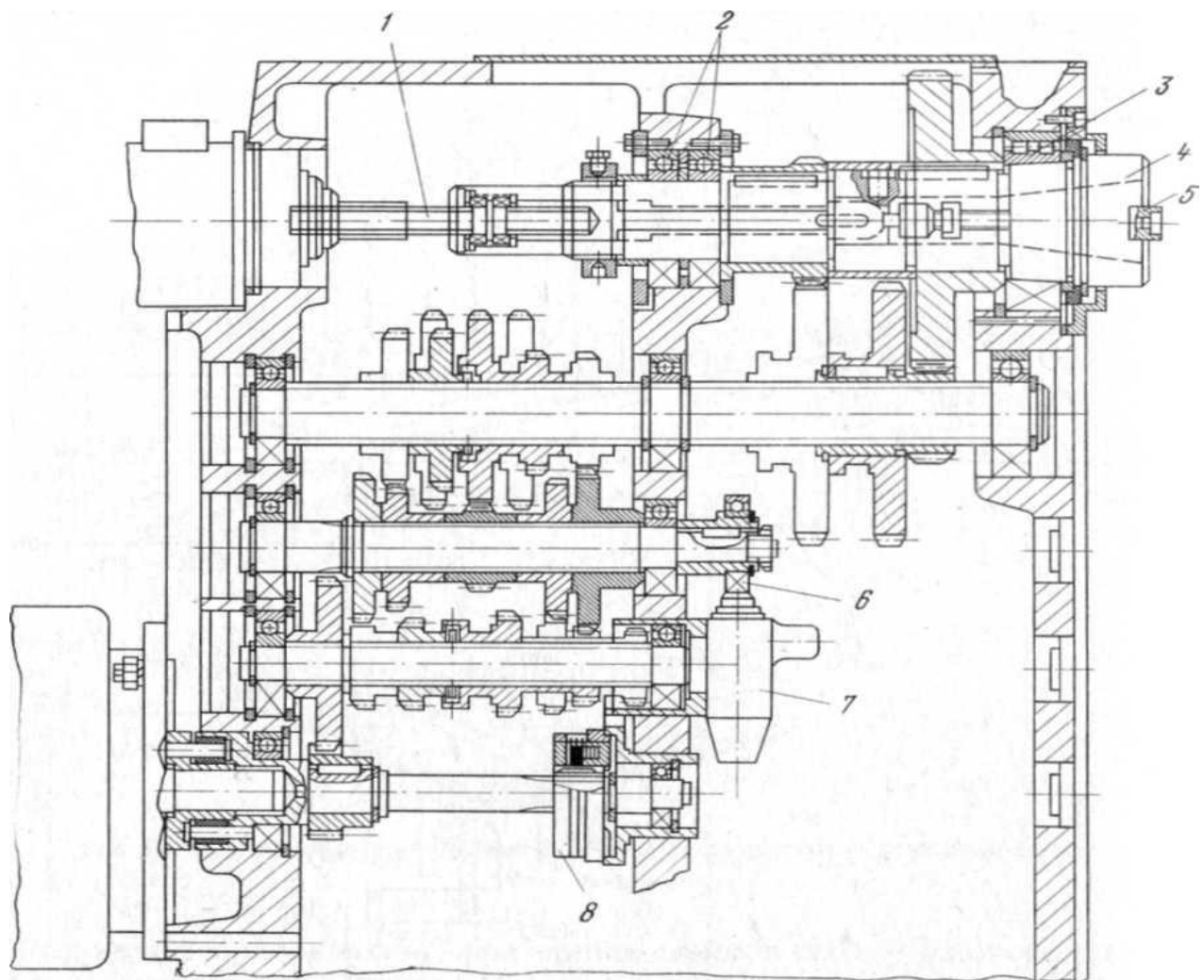


Рисунок 6.5. Привод главного движения горизонтально-фрезерного станка.

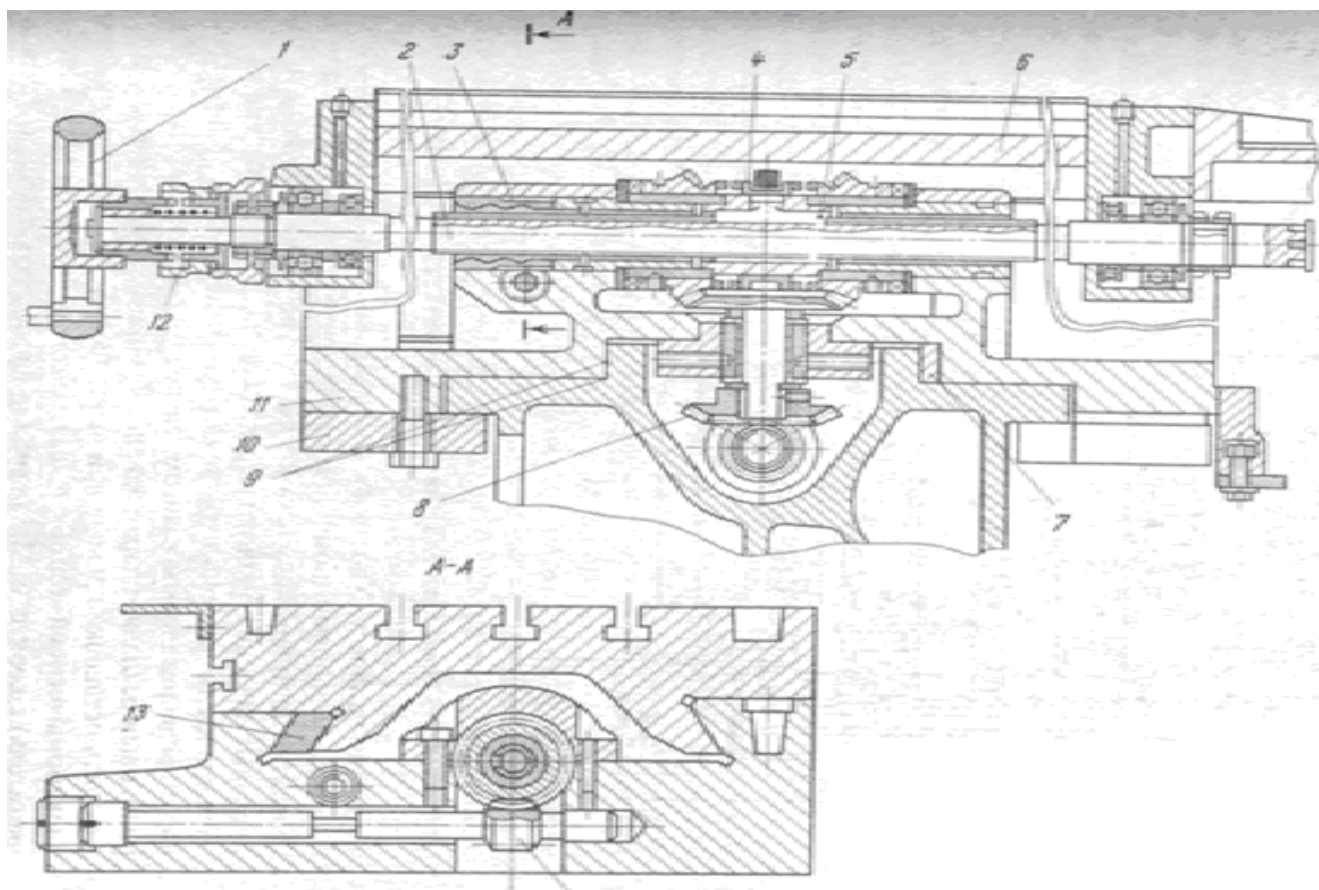


Рисунок 6.6. Стол фрезерного станка.

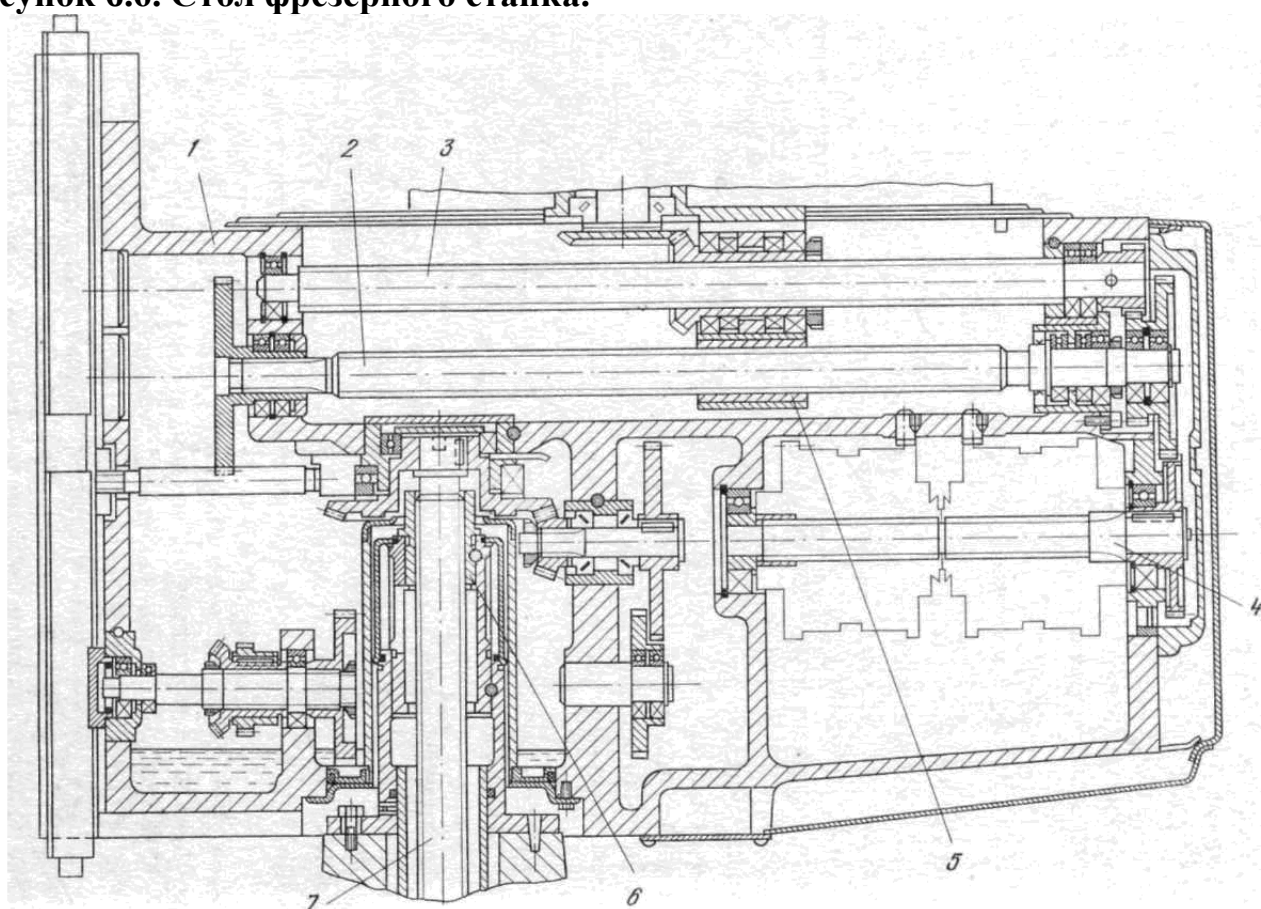


Рисунок 6.7. Консоль фрезерного станка.

6.3. ДРУГИЕ ТИПЫ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Вертикально-фрезерные станки (рисунок 6.8) работают преимущественно торцовыми и концевыми фрезами, обрабатывая плоскости, пазы, контуры плоских деталей, например дисковых кулачков. Нижняя часть консольных станков (рисунок 6.8, а) унифицирована с горизонтальными станками, вертикальное перемещение совершает заготовка. компоновка с консолью 1 (рисунок 6.8, а) удобна тем, что при изменении высоты заготовки уровень зоны обработки не меняется, но жесткость несущей системы снижена, особенно при удалении стола от стойки, когда увеличен вылет центра тяжести консольной части. Фрезерная головка 2 может быть повернута в вертикальной плоскости.

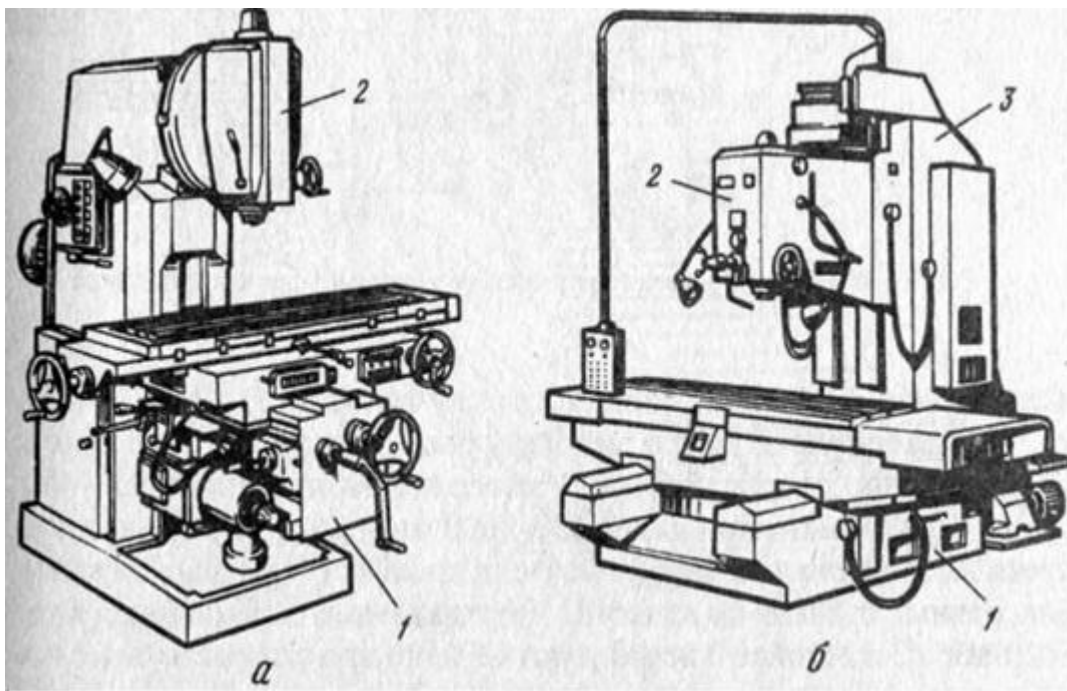


Рисунок 6.8. Вертикально-фрезерный станок: а – консольный, б - бесконсольный (с крестовым столом).

В бесконсольном станке крестовый стол (стол с салазками) опирается на станину 1 (рисунок 6.8, б), что обеспечивает высокую жесткость, позволяет повысить точность и обрабатывать более крупные заготовки. Стандартные нормы точности предусматривают выпуск бесконсольных вертикально-фрезерных станков классов точности Н, П, В. В частности, по классам Н и П соответствующие допуски на отклонение от прямолинейности обработанной поверхности при длине 250-400 мм равны 16 и 10 мкм, при длине 630-1000 мм - 25 и 16 мкм, причем допуски на соответствующие показатели по классу Н равны допускам для консольных станков по классу П. Вертикальное перемещение фрезерной бабки 2 по стойке 3 используют обычно при наладке в зависимости от высоты заготовки и вылета фрезы.

В вертикальных (консольных и бесконсольных) и некоторых других фрезерных станках шпиндель 3 (рис. 5.9) может выдвигаться из фрезерной головки для точной установки фрезы относительно заготовки и периодического углубления. Для этого служит ручной привод через коническую передачу 12, вращающийся винт 10, перемещающуюся гайку 9, соединенную с гильзой 11, которая несет опоры шпинделя (нижнюю – с двухрядным роликоподшипником 1 и упорно-радиальным шарико-одпгапником 2, верхнюю - с двухрядным роликоподшипником 8). После перемещения гильзы ее зажимают (на данном разрезе не показано), кольцевой шлицевой хвостовик шпинделя в данном вертикальном станке получает вращение от конического колеса 7, сцепленного с колесом 6. Головку поворачивают с помощью червяка 4 и косозубого сектора 5.

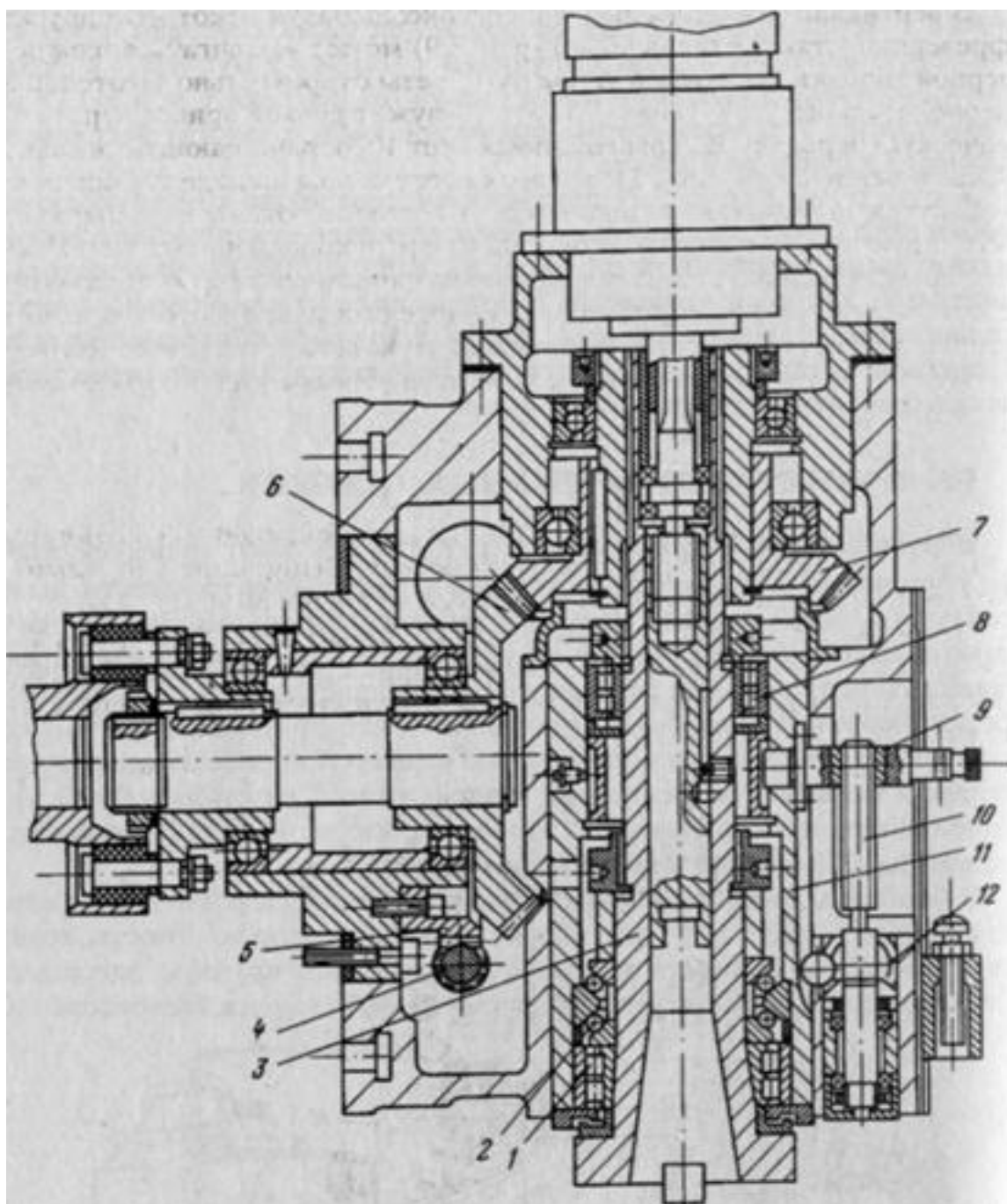


Рисунок 6.9. Фрезерная головка вертикального консольного фрезерного станка.

Продольно-фрезерные станки

Находят применение при обработке деталей, один из размеров которых существенно превышает два других. Выпускают продольно-фрезерные станки для деталей размерами до 5 x 6 x 30 м. Наибольшее распространение получили продольные фрезерно - расточные станки, оснащаемые несколькими фрезерными бабками, позволяющими проводить обработку деталей с пяти сторон без их переустановки.

Различают станки с неподвижным порталом и перемещающимся столом 2 (см. рисунок 6.2, ж и рисунок 6.10) и станки с перемещающимся порталом и неподвижной плитой 2, на которой закрепляется обрабатываемая заготовка (рисунок 6.2, з). Станки с подвижным порталом имеют меньшую (примерно на 30%) длину и требуют точной (в пределах 15 -20 мкм) синхронизации перемещения стоек портала. Такая компоновка выгодна при больших габаритах деталей, которые в процессе обработки остаются неподвижными. В станках с неподвижным порталом точность перемещения обеспечивается проще - за счет хорошего базирования стола, который может быть одинарным или двойным. В последнем случае на одном столе производится обработка детали, а на другом, находящемся вне рабочей зоны станка, смена заготовки.

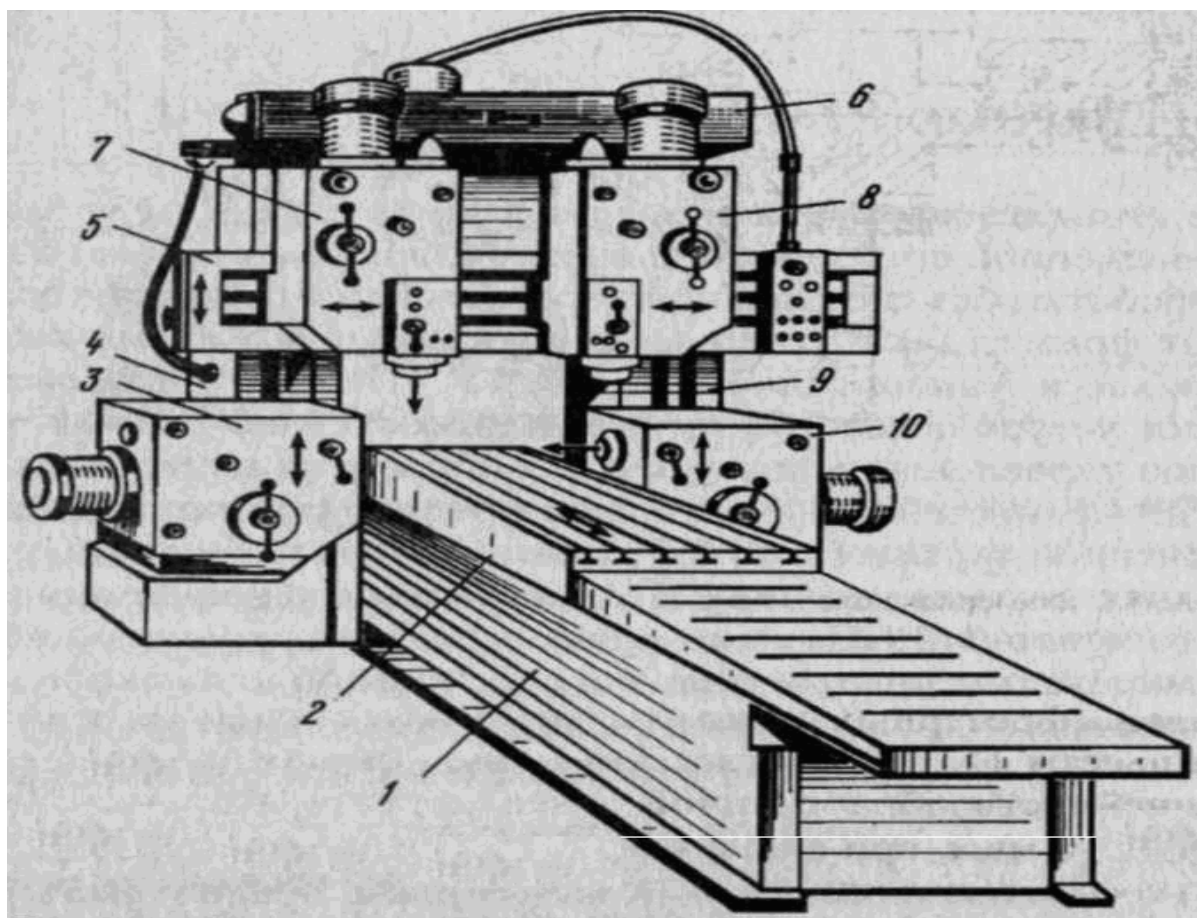


Рисунок 6.10. Продольно-фрезерный станок: 1 – станина, 2 – стол, 3, 7, 8, 10 – фрезерные бабки, 4, 9 – стойки, 5 – поперечина, 6 – бабка.

Выпускаются продольно-фрезерные станки с расстоянием между стойками от 2 до 7,5 и проходом под поперечной 0,8-7,5 м. Размеры стола достигают 5 х 16 м, а перемещение - до 30 м. Обычно фрезерные бабки выполняются ползунковыми, на которые устанавливаются дополнительные приспособления. Ход ползуна достигает 1500 мм, а его сечение может превышать 500 х 500 мм. Мощность приводов главного движения фрезерных бабок составляет 40-200 кВт. Несмотря на большие размеры обрабатываемых деталей станки обеспечивают высокую точность. На прецизионных станках неплоскостность в 10 мкм достигается на площади 3 х 4 м; непараллельность двух поверхностей лежит в пределах 10 мкм/1 м и 30 мкм/10 м.

6.4. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ.

Такие станки эффективнее традиционных с ручным управлением ввиду повышенной производительности (более чем в 3 раза) и возможности обработки без специальной дорогостоящей оснастки (шаблонов, фасонных фрез и т.п.). Фрезерные станки оснащают прямоугольными, контурными и универсальными УЧПУ. Первые применяют для обработки уступов, пазов и других плоскостей на разных уровнях. Контурное управление используют для обработки внутренних или наружных поверхностей сложной конфигурации, например дисковых кулачков. Важной характеристикой является число управляемых координат (от двух до пяти, но чаще 3), в том числе одновременно управляемых (обычно 2-3). Помимо прямолинейных перемещений может программироваться поворот головки с заготовкой или наклон оси фрезерного шпинделя. Дискретность задания перемещения по осям координат обычно 0,01 мм. Программу вводят с перфолентой или через пульт (оперативная система).

Наиболее распространены следующие компоновки фрезерных станков с ЧПУ: вертикальные с крестовым столом, продольные с подвижной (а иногда неподвижной) поперечиной, широкоуниверсальные инструментальные.

Бесконсольный (другое название - с крестовым столом) вертикально-фрезерный станок с ЧПУ (рисунок 6.11) предназначен для выполнения универсальных фрезерных работ в условиях единичного и мелкосерийного производства, может выполнять операции сверления и растачивания, обеспечивает высокую жесткость и точность благодаря отсутствию консоли под столом и подвижной гильзы у шпинделя. Любые вертикальные перемещения выполняет шпиндельная бабка.

Технические характеристики станка.

Скорость быстрого перемещения стола (бабки) при бесступенчатом регулировании, м/мин.

По ГОСТ 9726-89 для такого станка по классу П установлены следующие допуски (мкм): на точность линейного одностороннего позиционирования при

длине перемещения свыше 400 до 1000 мм - 25; на круглость отверстия, обработанного фрезой при контурном ПУ, - 12; на прямолинейность наклонных граней - 20.

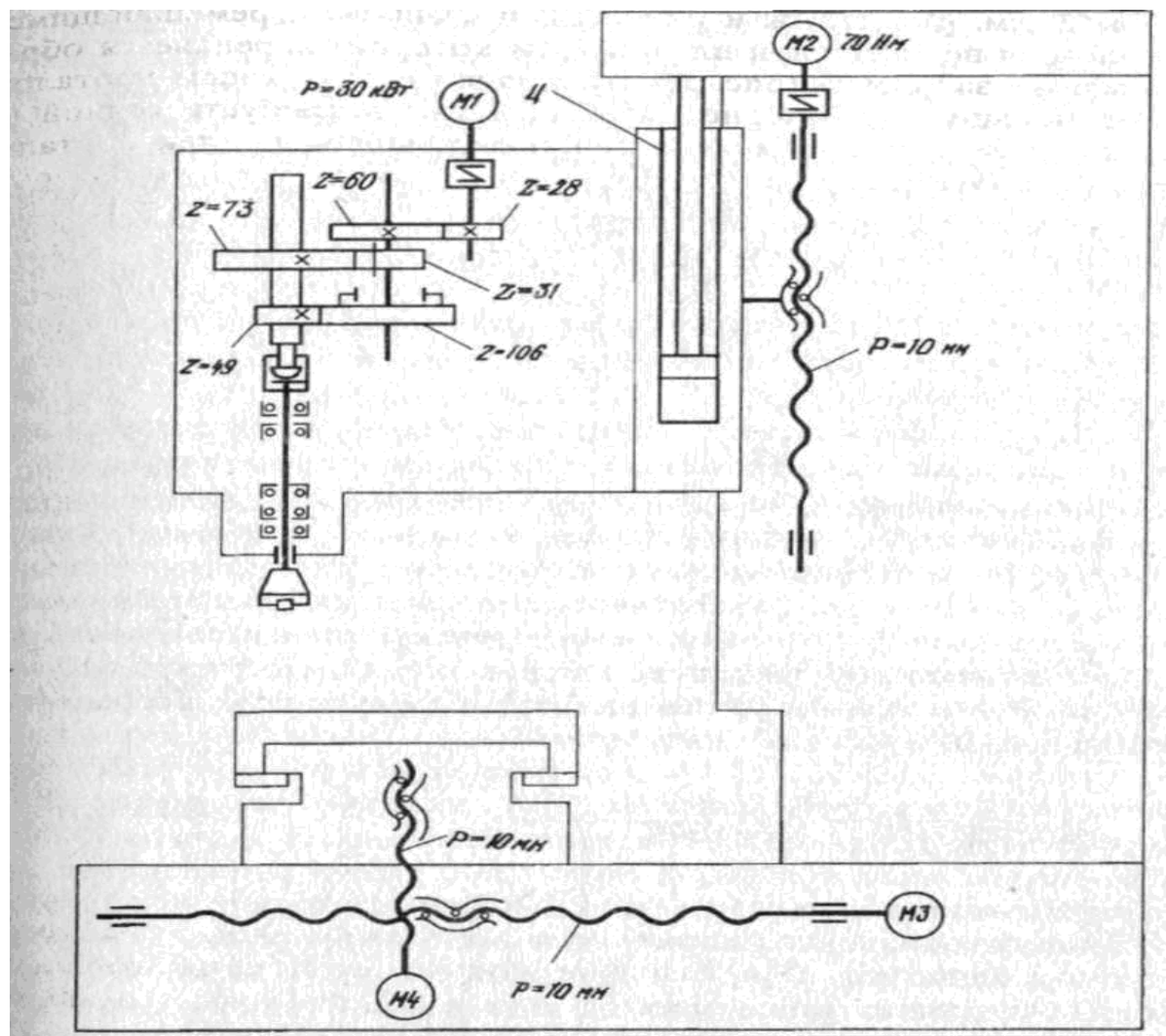


Рисунок 6.11. Кинематическая схема станка с ЧПУ.

Устройство ЧПУ - универсальное, типа ЗС150, с линейно-круговым интерполятором, с блоком для расчета эквидистанты. Система ЧПУ - фазово-импульсная, со следящим электроприводом. Количество управляемых (в том числе одновременно) осей координат - 3. Дискретность задания перемещения, мкм - 1.

Привод главного движения содержит двигатель М1 и устройство для переключения диапазонов регулирования, в котором передвигное колесо $Z = 31$ сопряжено с колесом $Z = 73$ либо входит во внутреннее зацепление с полумуфтой на косозубом колесе $Z = 106$.

Приводы подач и установочных перемещений от высокомоментных двигателей М2, М3, М4 постоянного тока со встроенным тахогенератором, тормозом и резольвером унифицированы. Двигатель М2 заблокирован с гидроцилиндром (не

показан) зажима шпиндельной бабки. Гидравлический цилиндр Ц уравнивает бабку.

Особенности конструкции базовых элементов: плоские замкнутые направляющие станка армированы лентой из фторопласта; боковые направляющие шпиндельной бабки имеют роликовые опоры. В опорах шпинделя использованы радиально-упорные подшипники. Для разжима инструмента применен гидроцилиндр.

Шпиндельная бабка (рисунок 6.12) вертикально-фрезерного станка с ЧПУ обеспечивает вращение шпинделя 15 и его программируемое осевое перемещение вместе с ползуном 1. Для вращения служат опоры качения с двухрядным роликовым 14 и упорными шариковыми подшипниками 13 снизу, парой радиально-упорных шарикоподшипников 10 сверху, а также зубчатые колеса 3, 4, 5, 6, 7; крутящий момент со шлицевой втулки 8 передается на хвостовик шпинделя. Предварительный натяг в подшипнике 14 зависит от длины кольца 16, в подшипниках 13 - от регулировки гайки 12 (через технологическое отверстие, закрытое пробкой 11), в подшипниках 10 - от разности длин распорных колец. Ползун 1 характерен для вертикальных станков с ЧПУ (вместо гильзы на станках без ЧПУ). Он перемещается по прямоугольным направляющим (не показаны) с помощью шарикового ходового винта 17 и гайки 9, винт получает вращение через редуктор (не показан). Зажим инструмента в шпинделе - электромеханический, с использованием стандартного устройства, закрепленного на ползуне сверху. Благодаря центрирующему пояску, сопрягающему корпус 2 бабки со стойкой, можно регулировать наклон оси шпинделя.

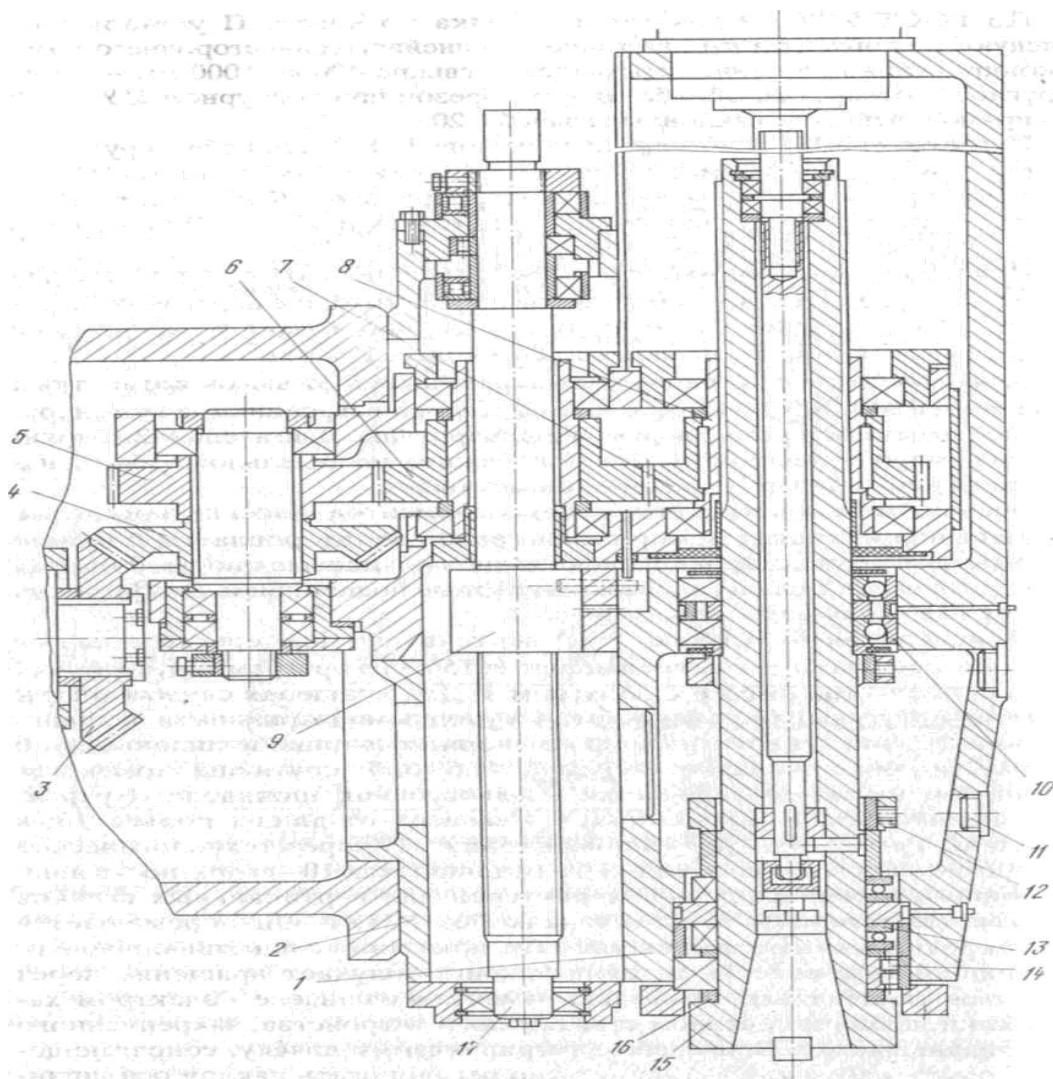


Рисунок 6.12. Шпиндельная бабка с ползуном вертикально-фрезерного станка с ЧПУ.

6.5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ.

Некоторые фрезы крепят непосредственно на шпинделе станка: крупные торцовые фрезы привертывают к торцу шпинделя, фрезы с коническим хвостовиком вставляют в коническое отверстие. Для насадных фрез используют оправки, фрезу с цилиндрическим хвостовиком зажимают в патроне, например цанговом.

В простейшем случае ввертывают шомпол в хвостовик фрезы или оправки ключом за квадрат, выступающий с противоположной стороны шпинделя, однако это неудобно. Системы автоматической смены инструмента требуют оснащения всего комплекта оправок дополнительными деталями для захвата их при зажиме. Чтобы уменьшить время ручной установки инструмента и облегчить ее, применяют быстродействующие зажимные приспособления. Пружина 6 (рисунок 6.13, а) через шомпол 4 втягивает оправку 3 с фрезой 1 в шпиндель 5. Для смены оправки в верхнюю полость пневмоцилиндра 8 подается сжатый воздух, поршень 9 через стакан 7 сжимает пружину 6 настолько, чтобы фланец оправки, опустившись, освободился от контакта с торцевой шпонкой 2. Тогда можно легко и удоб-

но свинтить оправку с шомпола и навернуть другую. Вращающиеся и невращающиеся части разделены упорными подшипниками. Другой вариант содержит пружину 5 (рисунок 6.13, б), гидроцилиндр 7, шариковое устройство 6, заменяющее упорные подшипники, и тягу 4 вместо шомпола. Принцип действия аналогичен предыдущему варианту, но для разъединения оправки 2 (с фрезой 1) и тяги 4 достаточно поворота ее на 90° . Тогда Т-образный конец тяги пройдет через паз детали 3, ввернутой в оправку.

Заготовки устанавливают и закрепляют с помощью прихватов, подставок, угловых плит, призм, тисков, дополнительных столов и других приспособлений.

Тиски и столы могут быть неповоротными и поворотными вокруг вертикальной оси. С помощью универсальных тисков возможен поворот вокруг двух перпендикулярных осей.

Круглые поворотные столы применяют при обработке цилиндрических, граненых, фасонных поверхностей. Непрерывный или периодический поворот заготовки возможен вручную или от электро- (гидро-, пневмо-) привода. Можно сообщить движение поворотному столу также от привода основного стола станка, а именно от правого конца продольного ходового винта через зубчатые колеса и карданный вал. Непрерывный поворот стола можно использовать для обработки по типу карусельно-фрезерных станков.

Делительные головки применяют в основном на консольно-фрезерных станках для установки заготовки и периодического поворота ее на заданные углы, например для прорезания впадин у зубчатых венцов, или непрерывного поворота, согласованного с движением вдоль оси для получения винтовых канавок на сверлах и других инструментах.

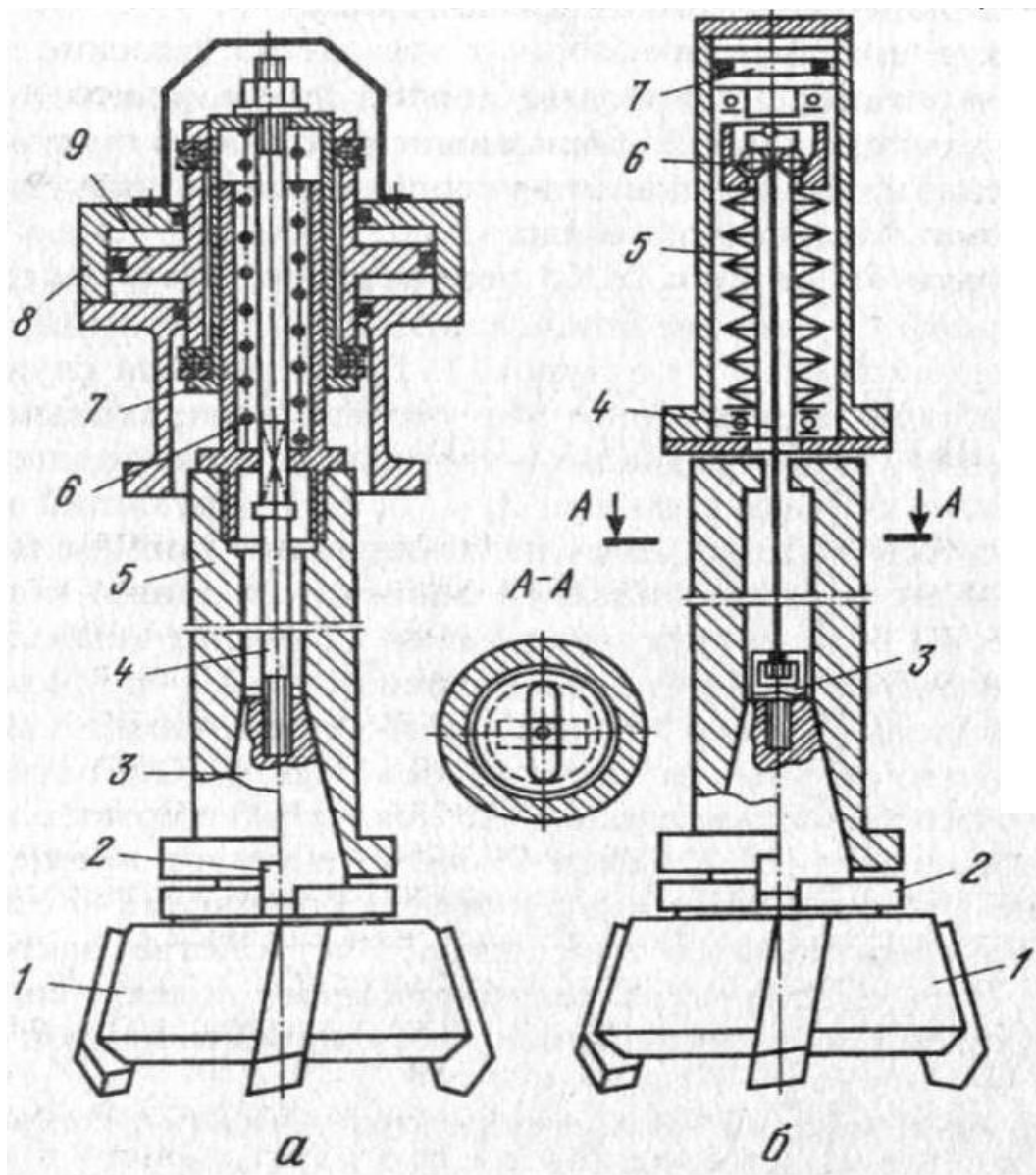


Рисунок 6.13. Приспособления для механизированного закрепления фрез в шпинделе: а – с наворачиванием хвостовика на тягу, б – с поворотом хвостовика на 90° .

6.6. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ И ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ.

Металлорежущие станки, предназначенные для выполнения большого числа различных технологических операций без переустановки обрабатываемых деталей, имеющих устройство автоматической смены инструмента и оснащенных системами ЧПУ, называют многоцелевыми (МЦ). Корпусные и плоские детали можно обрабатывать с одной установки с нескольких сторон (до пяти). Типовыми технологическими операциями являются растачивание, сверление, жерование, развертывание, цекование, нарезание резьбы метчика-1 фрезерование плоскостей, контуров и фасонных поверхностей. При ююкой концентрации выполняемых технологических операций для Ц характерна высокая точность обработки (6-

7 квалитет). МЦ снабжают необходимым режущим инструментом, расположенным в специальном инструментальном магазине. В соответствии с заданной управляющей программой используется любой инструмент из магазина, требуемый для обработки соответствующей поверхности. Все более широкое применение находят также устройства автоматической смены заготовок, предварительно закрепленных на столах-спутниках.

МЦ для обработки корпусных и плоских деталей по компоновке выполняют горизонтальными, вертикальными и продольно-обрабатывающими. При горизонтальной компоновке (рисунок 6.14) ось вращения шпинделя Ш расположена горизонтально, и такие станки чаще всего используют для обработки сложных корпусных деталей. Шпиндельная бабка ШБ перемещается (координата Y) по вертикальным направляющим стойки 3, которая может быть подвижной (координата Z) или неподвижной. Отдельные станки имеют выдвижной шпиндель. На продольном столе (координата X) расположен поворотный стол 1. На верхнем торце стойки смонтирован инструментальный магазин М. В устройство автоматической смены инструмента входит автооператор А. Поворотная платформа 4 служит для установки на столе-спутнике очередной заготовки во время обработки предыдущей детали той же или совершенно иной конфигурации.

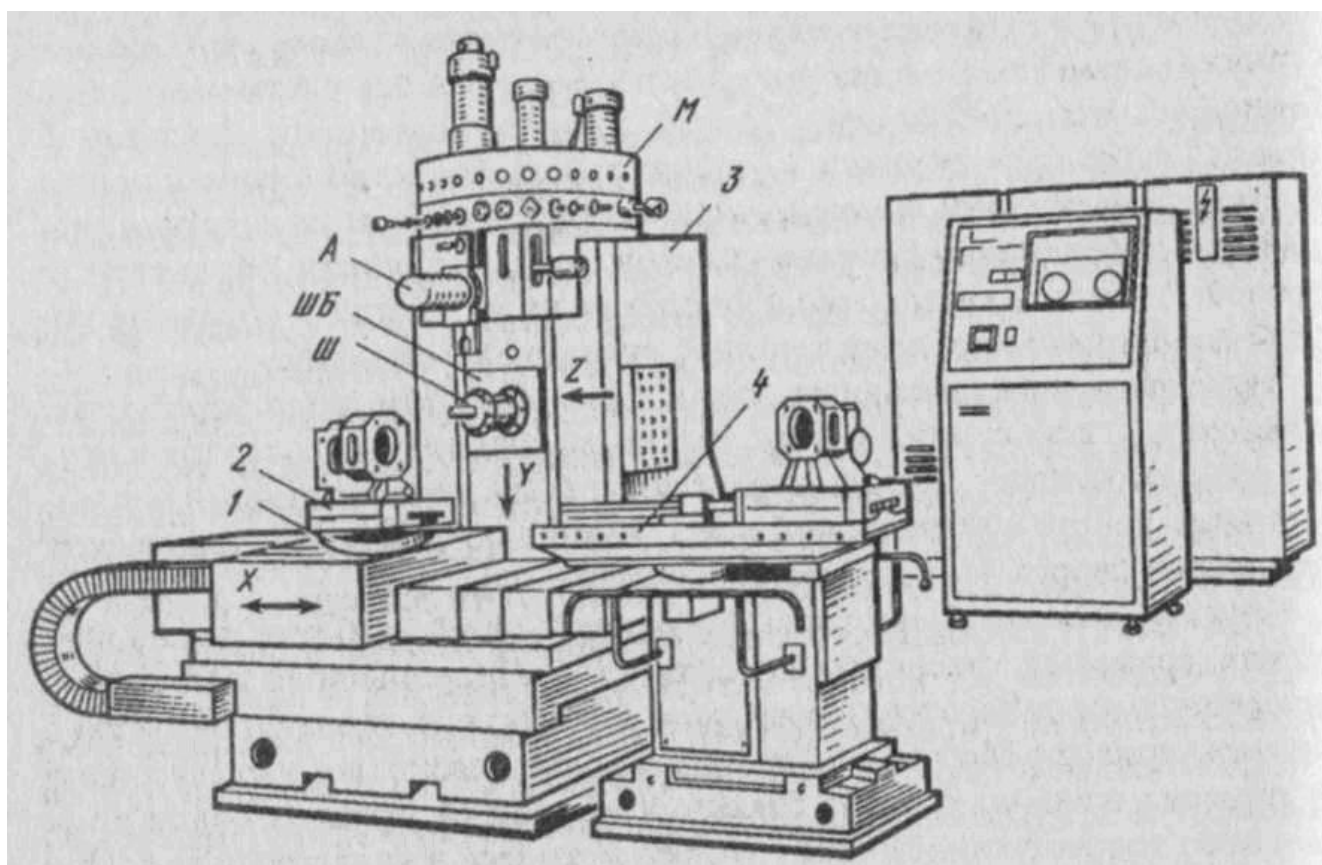


Рисунок 6.14. Общий вид МЦ с горизонтальной осью вращения шпинделя.

На МЦ вертикальной компоновки (рисунок 6.15) ось вращения шпинделя Ш расположена вертикально. Станки удобны при обработке многих плоских деталей сложной формы (штампов, пресс-форм, рычагов, крышек, фланцев и т.д.). Шпин-

дельная бабка ШБ перемещается (координата Z) по вертикальным направляющим стойки. Шпиндель обычно выдвижной. Продольный и поперечный суппорты обеспечивают перемещение детали по координатам X и Y. Варианты конструкции инструментального магазина М и автооператора А весьма разнообразны.

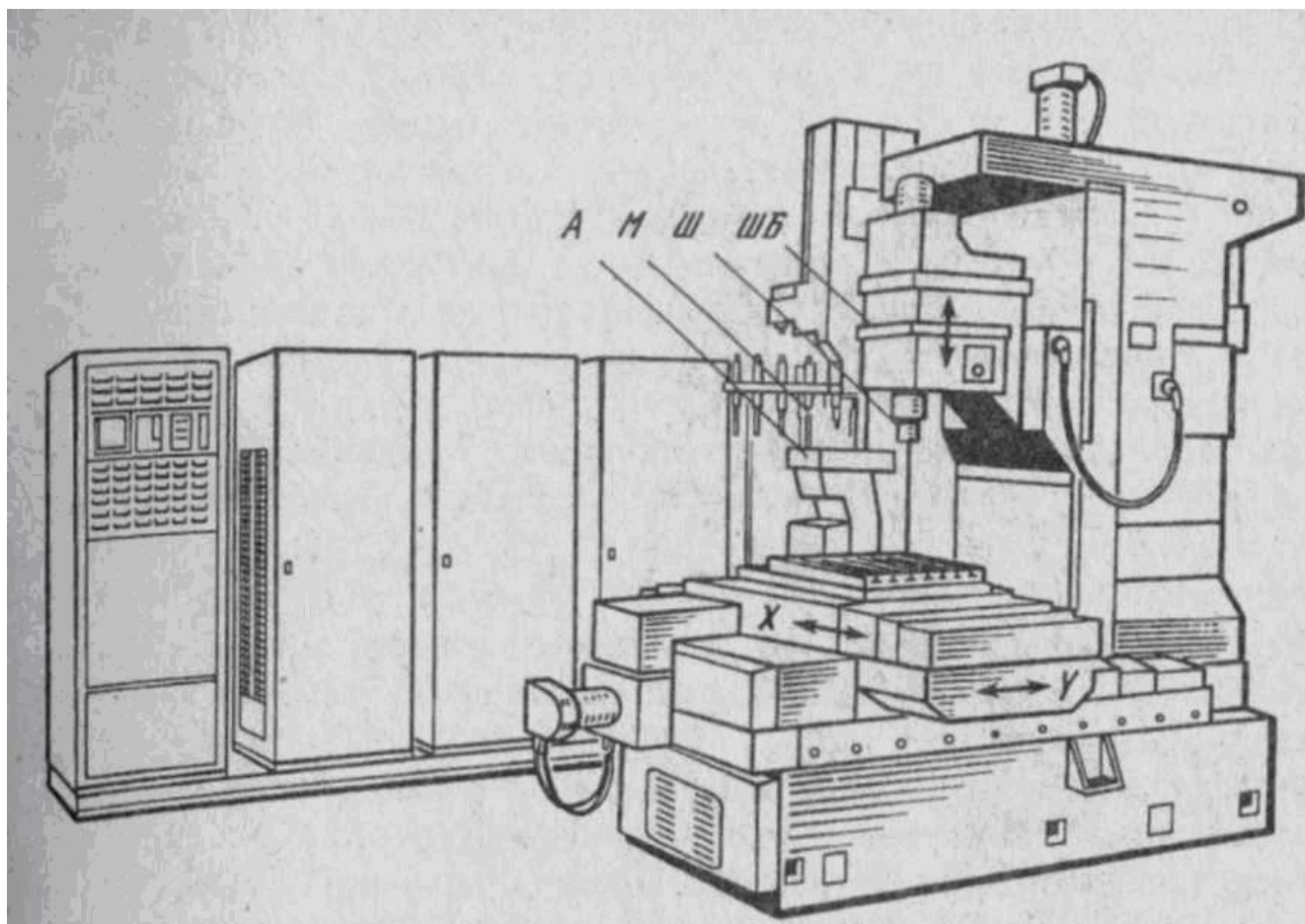


Рисунок 6.15. Общий вид вертикального МЦ.

Типоразмерные ряды МЦ строятся по ширине стола (от 100 до 5000 мм) с коэффициентом геометрической прогрессии 1,26. Величины перемещения рабочих органов назначают по наибольшему размеру заготовок, устанавливаемых на стол, с учетом возможности выхода режущего инструмента за пределы обрабатываемых поверхностей. В условиях мелкосерийного и серийного производства доля машинного времени в общем времени работы МЦ достигает 70-90% (для сравнения: доля машинного времени на универсальных станках составляет 20-30%), а производительность изготовления деталей превышает производительность обработки на универсальных станках до 10 раз.

Современные МЦ имеют в приводах главного движения чаще всего достаточно мощные электродвигатели постоянного тока с двухзонным регулированием частоты вращения, что обеспечивает работу каждого инструмента в оптимальных режимах. Диапазон регулирования частоты вращения таких электродвигателей от номинальной при постоянной мощности достигает 8:1, а при постоянном крутящем моменте до 1:1000. Механическая часть приводов значительно упрощена и

представляет собой двух- и трехступенчатую коробку скоростей, благодаря чему достигаются высокие динамические качества приводов. Приводы подачи МЦ обеспечивают широкий диапазон регулирования рабочих подач (до 10000 раз и более) при постоянном крутящем моменте, высокую скорость вспомогательных перемещений (до 20 м/мин). Достаточные тяговые усилия, стабильность и надежность работы. Выполнение этих требований обуславливает широкие возможности МЦ, высокую точность и производительность. Наибольшее распространение имеют приводы подачи с регулируемыми высокомоментными электродвигателями постоянного тока, которые передают движение рабочему органу через винтовую пару качения. Кинематическая схема станка мод. ИР320ПМФ4 с горизонтальной осью вращения шпинделя приведена на рисунке 6.16.

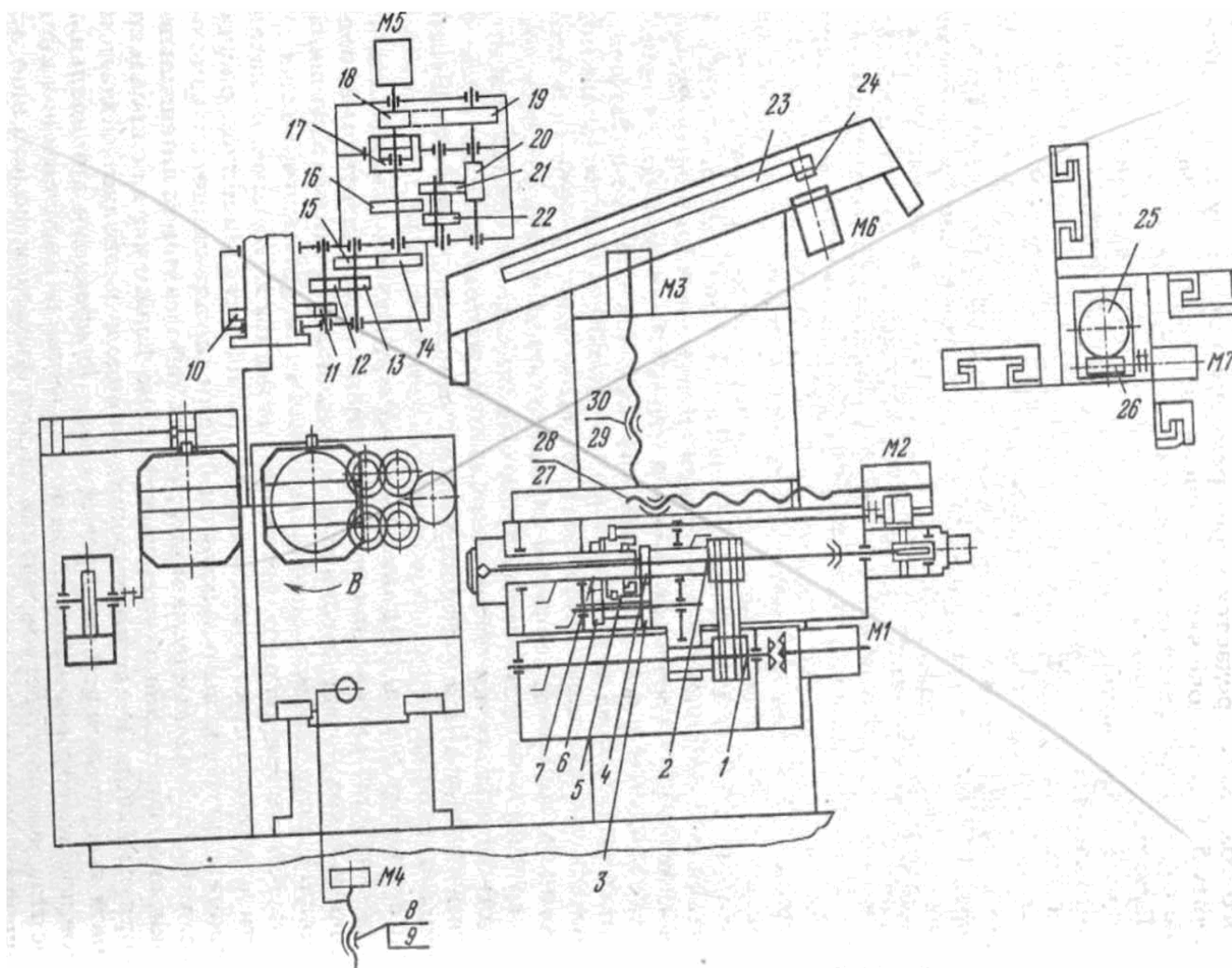


Рисунок 6.16. Кинематическая схема МЦ мод. ИР320ПМФ4

Привод главного движения имеет две кинематические цепи. В диапазоне частот вращения шпинделя 1290-5000 мин⁻¹ движение от электродвигателя постоянного тока М1 передается через ременную передачу 1, 2 и зубчатую муфту 5. В диапазоне частот вращения шпинделя 13-1290 мин⁻¹ движение от М1 передается через передачу 1, 2 и зубчатые колеса 4, 3, 6 и 7. Прямолинейные перемещения по координатам осуществляются как в режиме установочных движений, так и в ре-

жиме подач от высокомоментных электродвигателей М2, М3 и М4 через винтовые пары качения 8-9, 27-28, 29-30. Вращение поворотного стола (координата *B*) осуществляется от высокомоментного электродвигателя М5 в двух режимах. В режиме скоростного вращения (обтачивание) зубчатая муфта 17 передает движение на стол с частотой вращения 10—200 мин⁻¹ через зубчатые колеса 14, 15, 13, 12, 11, 10. В следящем режиме (круговое фрезерование) муфта 17 подключает зубчатые колеса 18, 19, 20, 21, 22, 16, в результате чего частота вращения стола снижается до 0,05-10 мин⁻¹. Привод поворота инструментального магазина содержит высокомоментный электродвигатель М6 и зубчатые колеса 23, 24. Привод устройства автоматической смены столов-спутников с заготовками имеет электродвигатель М7 и червячную передачу 26, 25.

На рисунке 6.17 показан пример привода главного движения МЦ горизонтальной компоновки. Электродвигатель 1 соединен муфтой 2 с шлицевым валом 3. Через поликлиновой ремень 7 вращение передается на втулку 9, смонтированную на подшипниках 8 в корпусе 6. На правом конце втулки имеет зубчатый венец, который может быть соединен либо с зубчатым колесом 4 блока 10 (как на рис.), либо с зубчатой муфтой 12. В первом случае вращение шпинделю 14 передается через колесо 13. Во втором случае вращение шпинделю передается непосредственно от втулки 9. Переключение двухступенчатой коробки скоростей производится гидроприводом с помощью вилки 11, установленной на штанге 5.

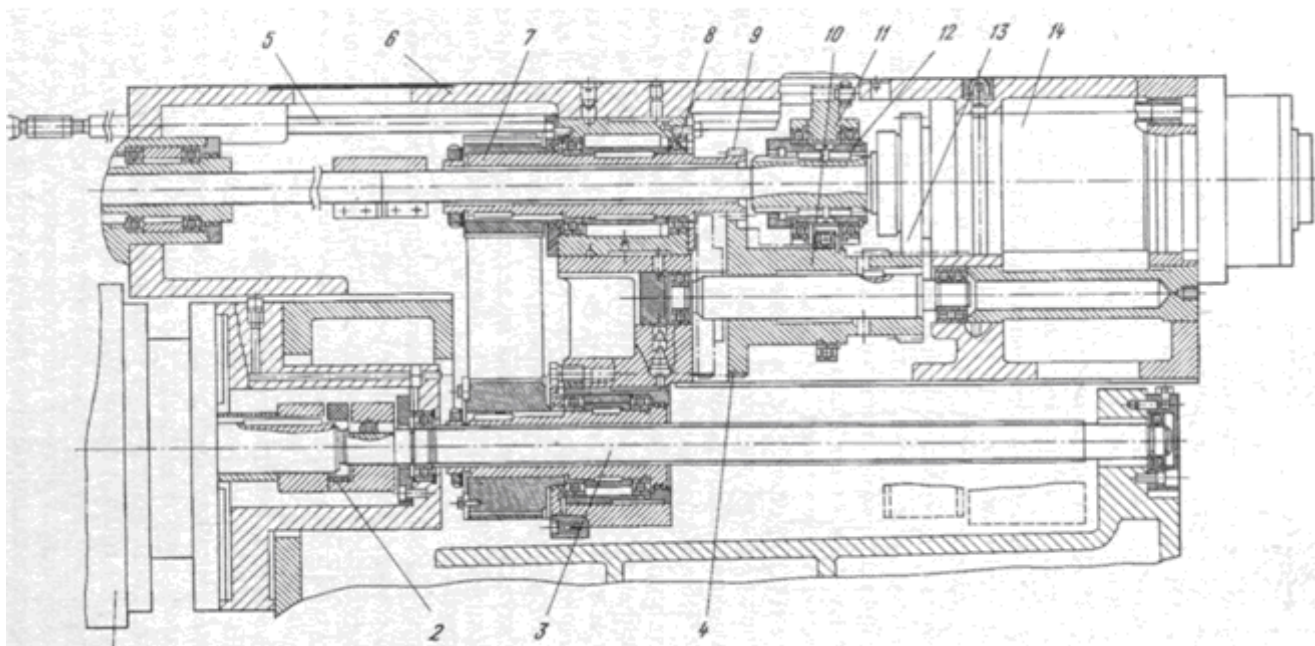


Рисунок 6.17. Привод главного движения МЦ горизонтальной компоновки.

Шпиндельные узлы МЦ являются многофункциональными механизмами, которые служат для установки режущего инструмента, сообщения ему вращения и автоматической замены. При этом требования к основным характеристикам шпиндельных узлов (точности, жесткости, Диапазону регулирования частот вращения, быстроходности, надежности и долговечности) постоянно повышаются.

Наиболее распространены в МЦ невыдвижные шпиндели на подшипниках качения (рисунке 6.18). Опоры шпинделя монтируются либо в корпусе шпиндельной бабки, либо в вынесенной вперед гильзе 11 с фланцем для ее крепления в корпусе бабки. Такая конструкция шпинделя позволяет создать на единой конструктивной базе различные модификации шпиндельных Узлов по размеру и конфигурации поверхностей для закрепления инструмента, диапазону регулирования частот вращения, положению оси вращения шпинделя, а также облегчает монтаж, регулировку и ремонт Шпиндельных узлов. На рисунке 6.18 шпиндель 8 установлен в гильзе 11 на двухрядных роликовых подшипниках 14 и 21, воспринимающих радиальную нагрузку. Осевую нагрузку воспринимает шариковый упорно-радиальный подшипник 12. Натяг в переднем радиальном подшипнике регулируется изменением толщины кольца 16 и перемещением через промежуточное кольцо 13 внутреннего кольца подшипника (с конической шейкой) гайками 9 и 10. Натяг в аналогичном заднем подшипнике изменяется за счет толщины кольца 20 при затягивании болтов 7, в результате чего через втулку 22 смещается внутреннее кольцо подшипника.

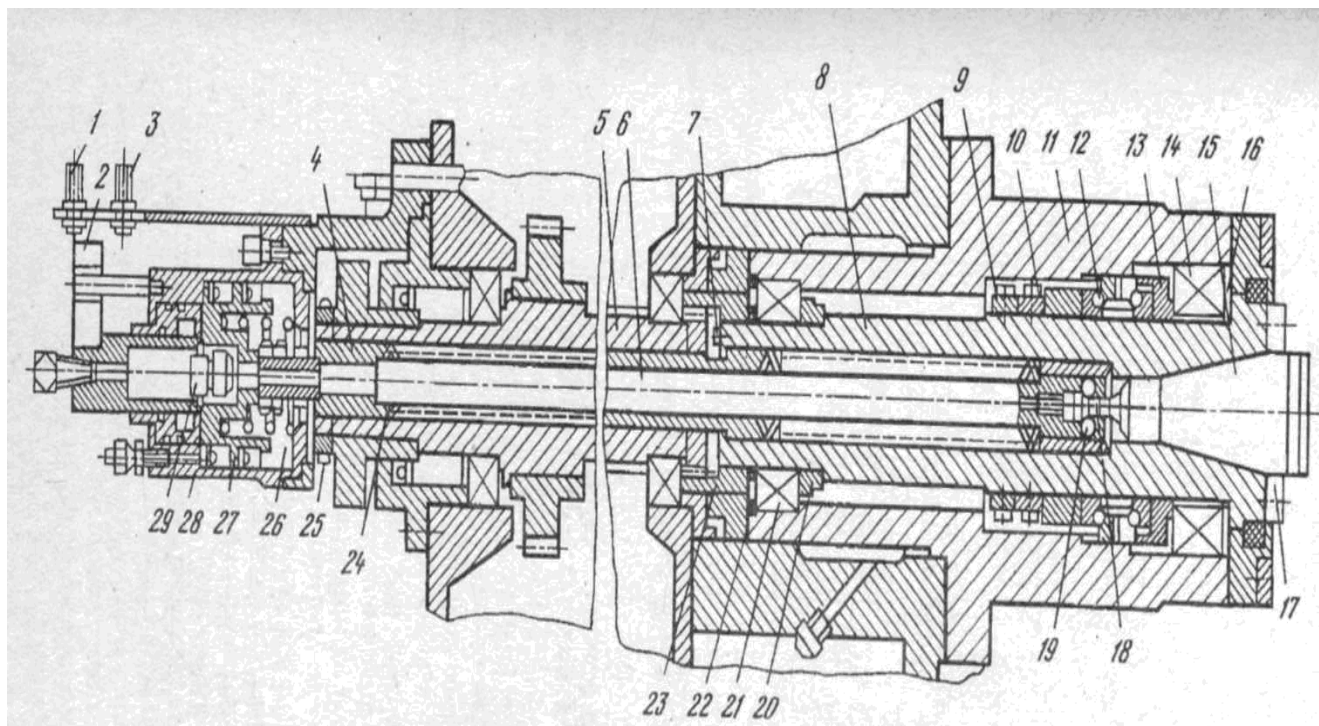


Рисунок 6.18. Шпиндельный узел горизонтального МЦ.

Крутящий момент на шпиндель передается от привода главного движения через зубчатую муфту 23. Крутящий момент на режущий инструмент передается через две торцовые шпонки 17. Инструментальные оправки 15 базируются в шпинделе по коническому отверстию. Зажим оправок осуществляется тарельчатыми пружинами 24; усилие зажима можно регулировать гайкой 25. На переднем конце тяги 6 имеется замок, который при перемещении тяги соединяется посредством шариков 19 с хвостовиком 18 оправки. Освобождение оправки выполняется гидроблоком 28 через втулку 4, расположенную в ступице 5. В поршне 27 гид-

роблока на подшипнике установлен упор 29, который перемещает тягу 6. Освобождение оправки инструмента контролируется бесконтактными датчиками 1, 2, 3.

Коническое отверстие шпинделя и конус оправки обдуваются сжатым воздухом через канал 26.

В корпусе гидроблока (рисунок 6.19) с гидроцилиндром 1 расположен привод датчика 5 угловой ориентации шпинделя. Привод состоит из бчатого колеса 8, передающего вращение от шпинделя, и сдвоенного леса 7, позволяющего компенсировать боковой зазор в зубчатом за- . плении. Датчик крепится на корпусе винтами 6. Ориентацией шпинделя в заданном угловом положении (для смены инструмента) управляет система ЧПУ. Бесконтактные датчики 3, 4 установлены на кронштейне 2.

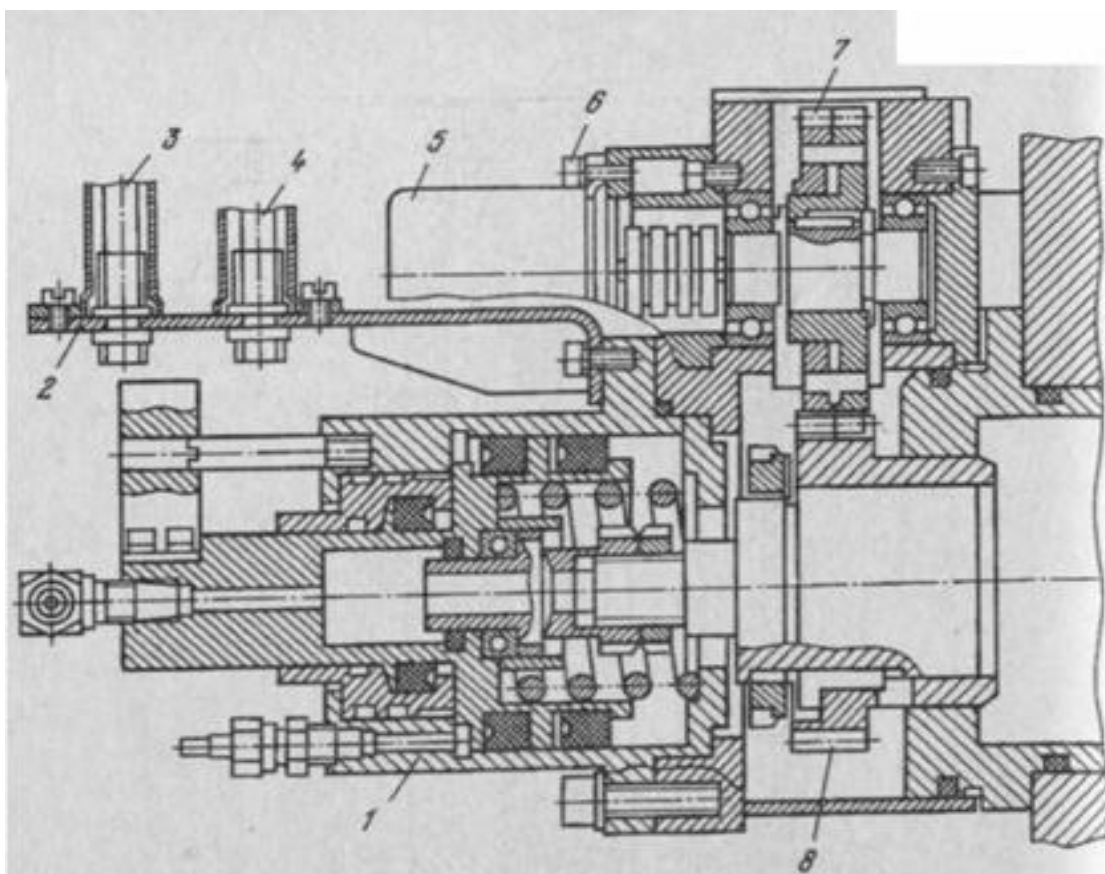


Рисунок 6.19. Привод датчика угловой ориентации шпинделя.

На рисунке 6.20 показан пример шпиндельной бабки горизонтального станка с вертикальным расположением главного двигателя 1. Вращение от двигателя передается на шпиндель 6 через пару конических колес 2, вращающихся с большой частотой, что обуславливает весьма высокие требования к точности их изготовления и монтажа. При угловой ориентации шпинделя происходит замедление вращения двигателя и его отключение конечным выключателем 4, осуществляющим грубое позиционирование. Точное позиционирование производится с помощью гидроцилиндра 5 и ролика, попадающего во впадину кулачка 3.

На рисунке 6.21 приведено поперечное сечение шпиндельной бабки. Вертикальное перемещение бабки производится в направляющих качения 2 и 8 с помощью шариковой винтовой передачи, гайка которой закрепляется на фланце 1 корпуса. Переключение блока зубчатых колес 3 производится гидроцилиндром 5, через рычаг 4, а контроль положения осуществляется с помощью штока 7 и конечных выключателей 6.

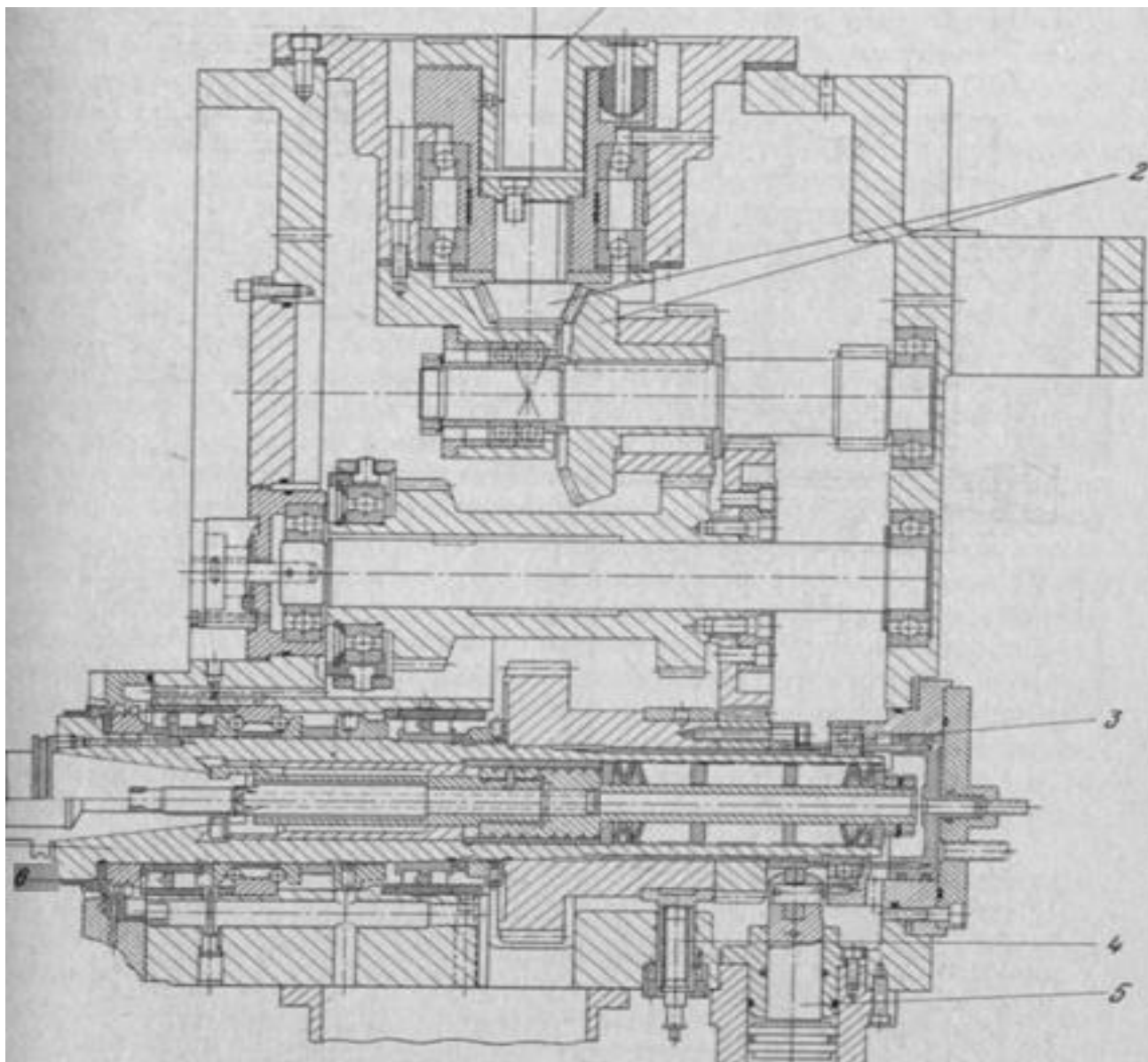


Рисунок 6.20. Шпиндельная бабка горизонтального МЦ.

На рисунке 6.22 показан пример привода главного движения МЦ вертикальной компоновки. Вращение шпинделя 1 осуществляется либо через еменную передачу 7 при включенной зубчатой муфте 2 и нейтральном положении блока шестерен 3, либо через коробку скоростей при зацеплении колес 9 и 8. Шестерни 4 и 5 закреплены на втулке 6, связанной с хвостовиком шпинделя шпоночным соединением. Механизм перемещения вилки 12 содержит электродвигатель 17, зубчатую передачу 11 и винт 10. Между гайкой и вилкой установлена пружина 18,

которая сжимается в случае совпадения зубьев переключаемых элементов, а затем при их медленном повороте досылает муфту в рабочее положение. Величину перемещения вилки настраивают кулачками 13 и 14, воздействующими на микро-выключатели 15 и 16. Механизм перемещения блока шестерен 3 устроен аналогично.

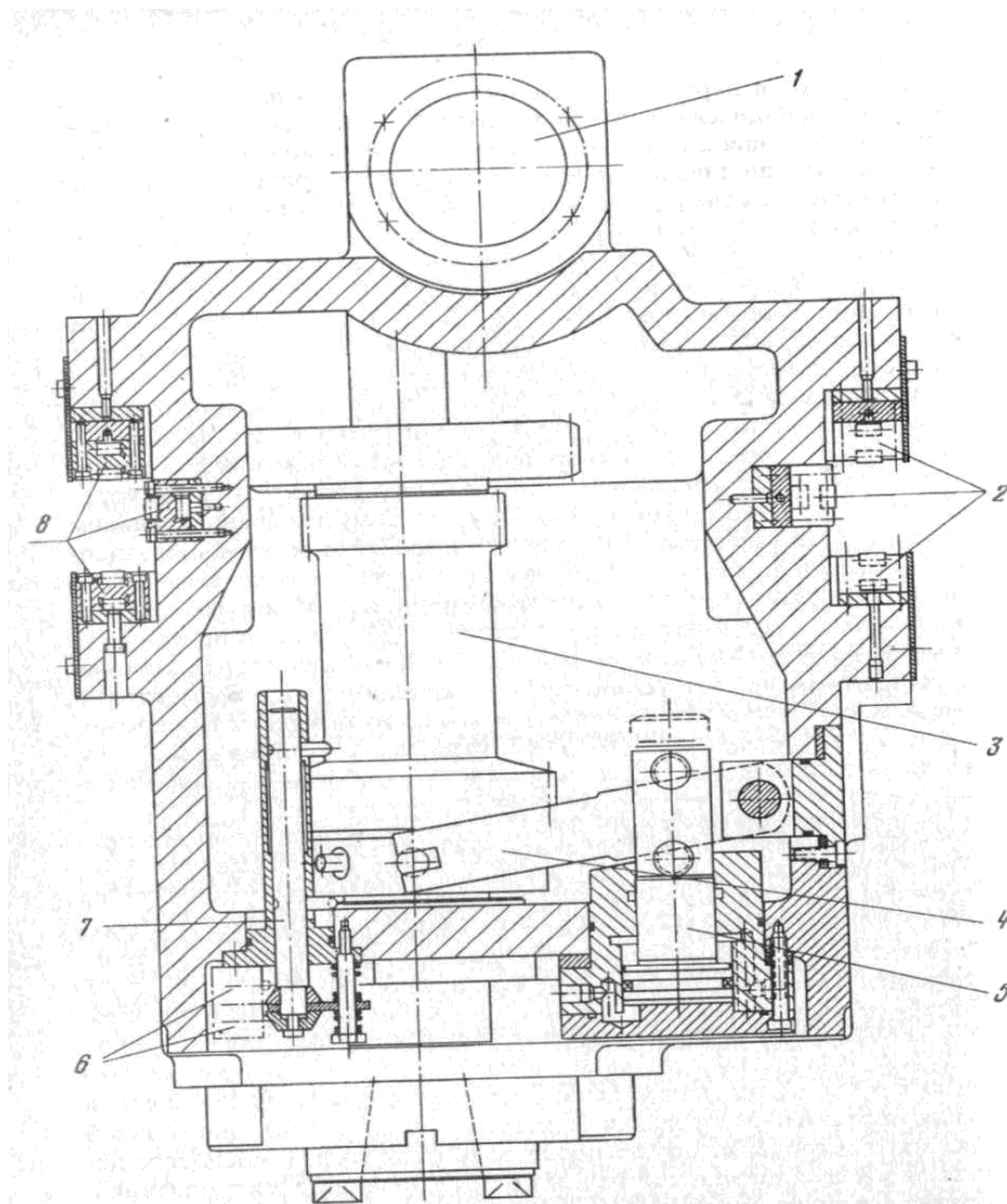


Рисунок 6.21. Фрагмент шпиндельной бабки.

На рисунке 6.23 изображен вариант привода подач МЦ на примере привода вертикальной подачи шпиндельной бабки (см. также рисунок 6.14, координата Г). Высокомоментный электродвигатель 7 закреплен на стойке МЦ с помощью основания 6; он соединен с ходовым винтом 1 винтовой пары качения через сильфонную муфту 5, которую устанавливают на конических втулках 9, 10 и фиксируют болтами 8. Ходовой винт 1 установлен в радиально-упорном подшипнике 3 в расточке основания 6. Натяг в упорном подшипнике регулируется за счет изменения длины L втулки радиального подшипника при соответствующем повороте гайки 4

и последующем стопорении ее винтом 11. Гайка качения 2, работающая в паре с ходовым винтом 1, закреплена на шпиндельной бабке. В электродвигатель встроена тормозная муфта, предотвращающая падение шпиндельной бабки при отключении электропитания. Обратная связь по положению рабочего органа (координата Y) осуществляется с помощью датчика (например, линейного индуктосина).

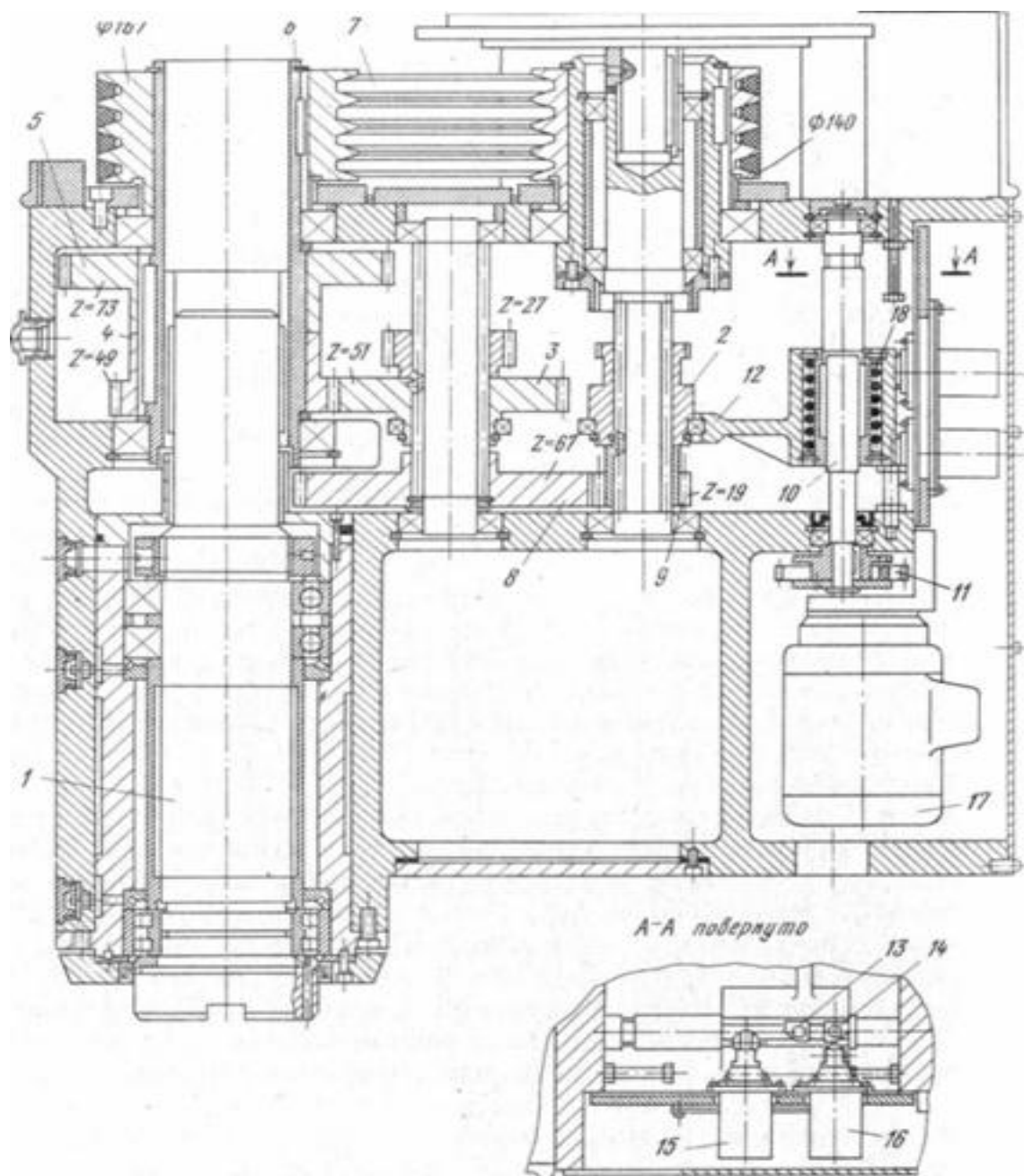


Рисунок 6.22. Привод главного движения МЦ вертикальной компоновки.

Вариант конструкции привода поворотного стола МЦ, показанный на рисунке 6.24, содержит червячную передачу 15, 14. Червяк 15 соединен через муфту с высокомоментным электродвигателем. Поворотный стол 5 вместе с фланцем 13

и гидроцилиндром 11 установлен на неподвижной оси 1 в корпусе 18 прямоугольного стола. Перед поворотом выводятся из зацепления полумуфты 2 и 3, фиксирующие поворотный стол относительно корпуса 18, для: чего стол приподнимается поршнем 10. При этом масло подается по каналу K_4 и стол вместе с гидроцилиндром перемещается вверх до тех пор, пока не будет выбран зазор в упорном шарикоподшипнике 19. Электродвигатель через червячную передачу поворачивает гидроцилиндр и связанный с ним шпонкой 4 стол на заданный угол. По окончании поворота масло подается по каналу K_1 и стол опускается с фиксацией зубьями полумуфт. В верхней части поворотного стола расположен гидроцилиндр 9 для закрепления столов-спутников 7, которые базируются пальцами 6, 12 и поджимаются фланцем 8 при подаче масла по каналу K_2 . Для снятия спутников с фиксаторов масло подается по каналу K_3 в верхнюю полость гидроцилиндра 9. Прямоугольный (основной) стол имеет направляющие скольжения с накладками 16, 17, 21 из фторопласта и роликовые направляющие качения 20, 22, 23.

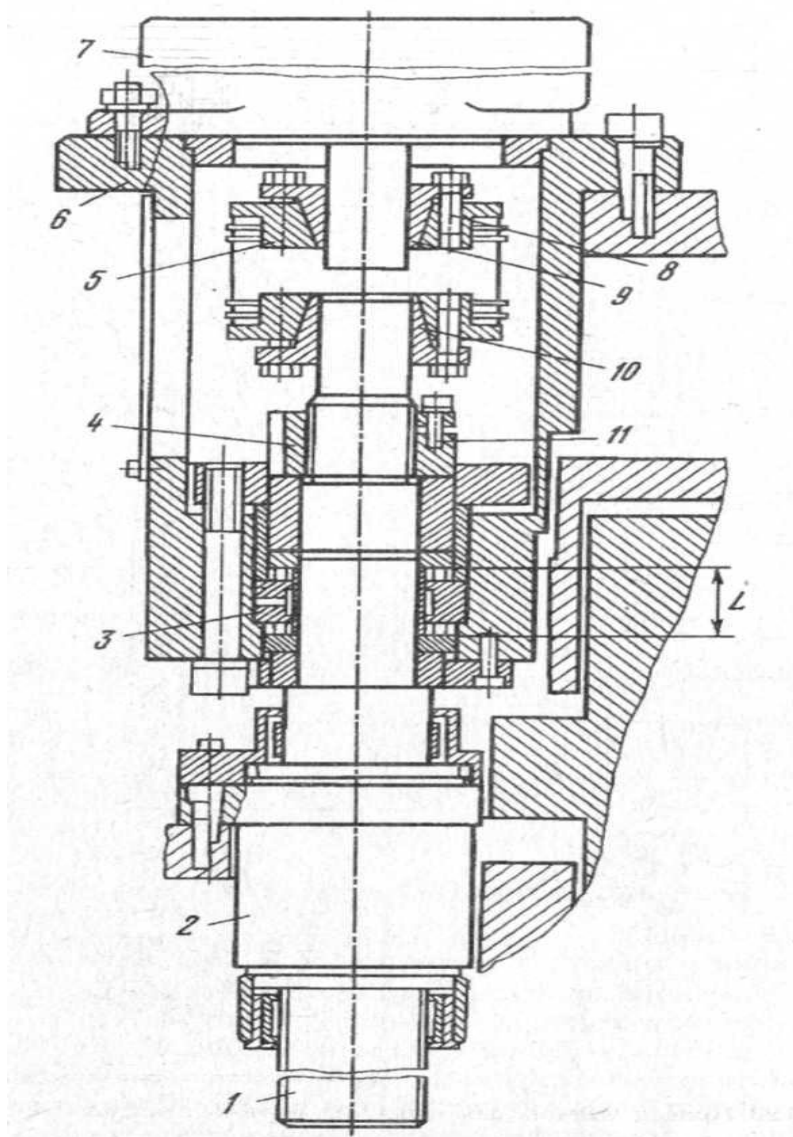


Рисунок 6.23. Привод подач МЦ.

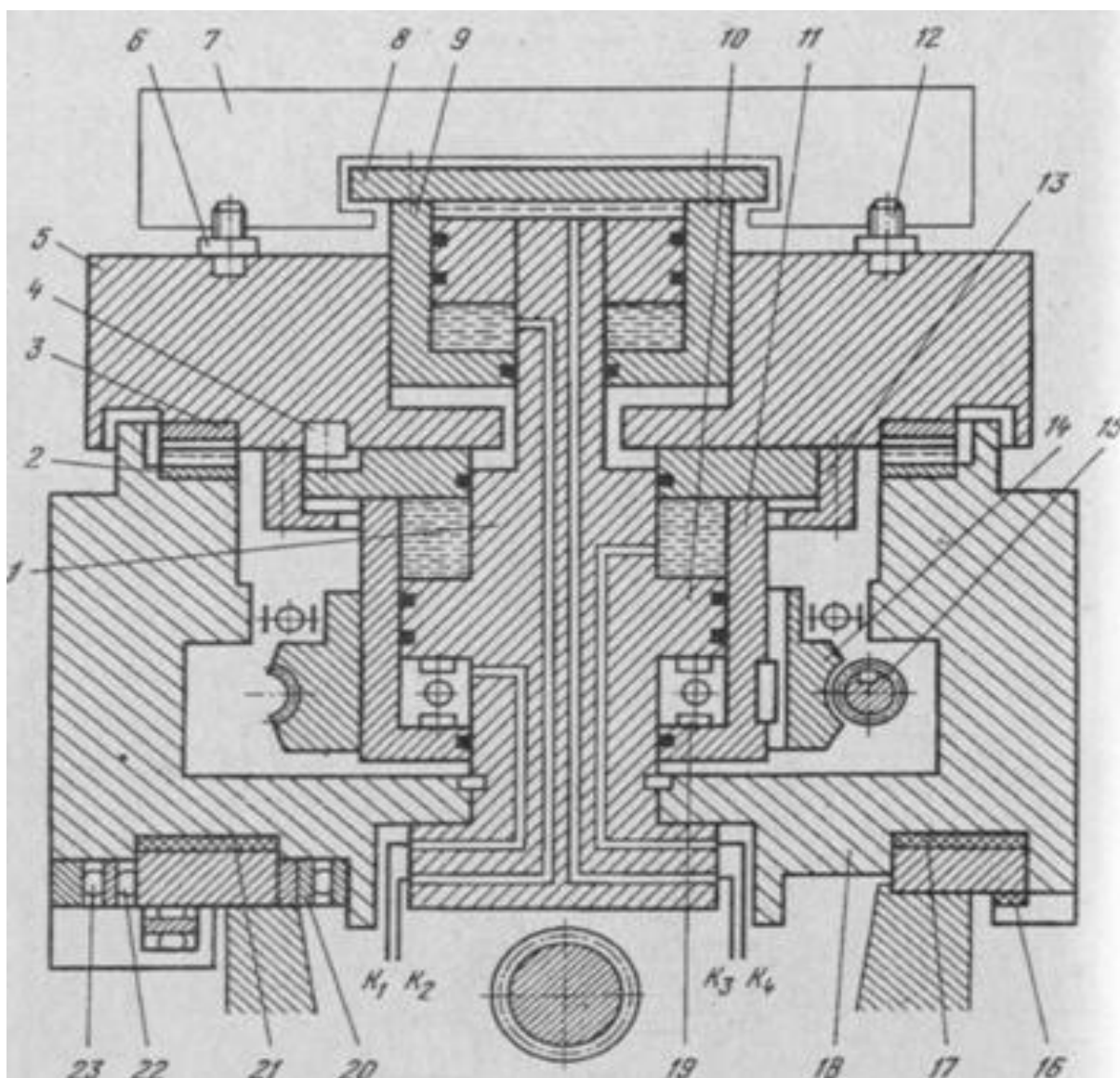


Рисунок 6.24. Привод поворотного стола МЦ.

Конструкция поворотного стола приведена на рисунке 6.25. Вращение стола осуществляется червячной парой 9, а точная угловая ориентация производится круговым индуктосином. Статор 3 индуктосина установлен на фланце 4, который в свою очередь, через трубу 5 закрепляется к неподвижному корпусу 11 стола. Ротор 2 индуктосина через фланец 1 установлен на поворотной части стола 6. При повороте стол базируется в цилиндрико-роликовых подшипниках 12. Фиксация поворотной части стола после поворота осуществляется с помощью фрикционного тормоза, один диск 7 которого закрепляется на поворотной части, а другой 8 - на неподвижной части стола.

При подаче масла в отдельные карманы 13 зажимного устройства (выполненного в виде отверстий с вставленной в них манжетой) происходит закрепление поворотной части. Подача масла и воздуха в спутник при его установке на столе производится по соответствующим трубопроводам 10.

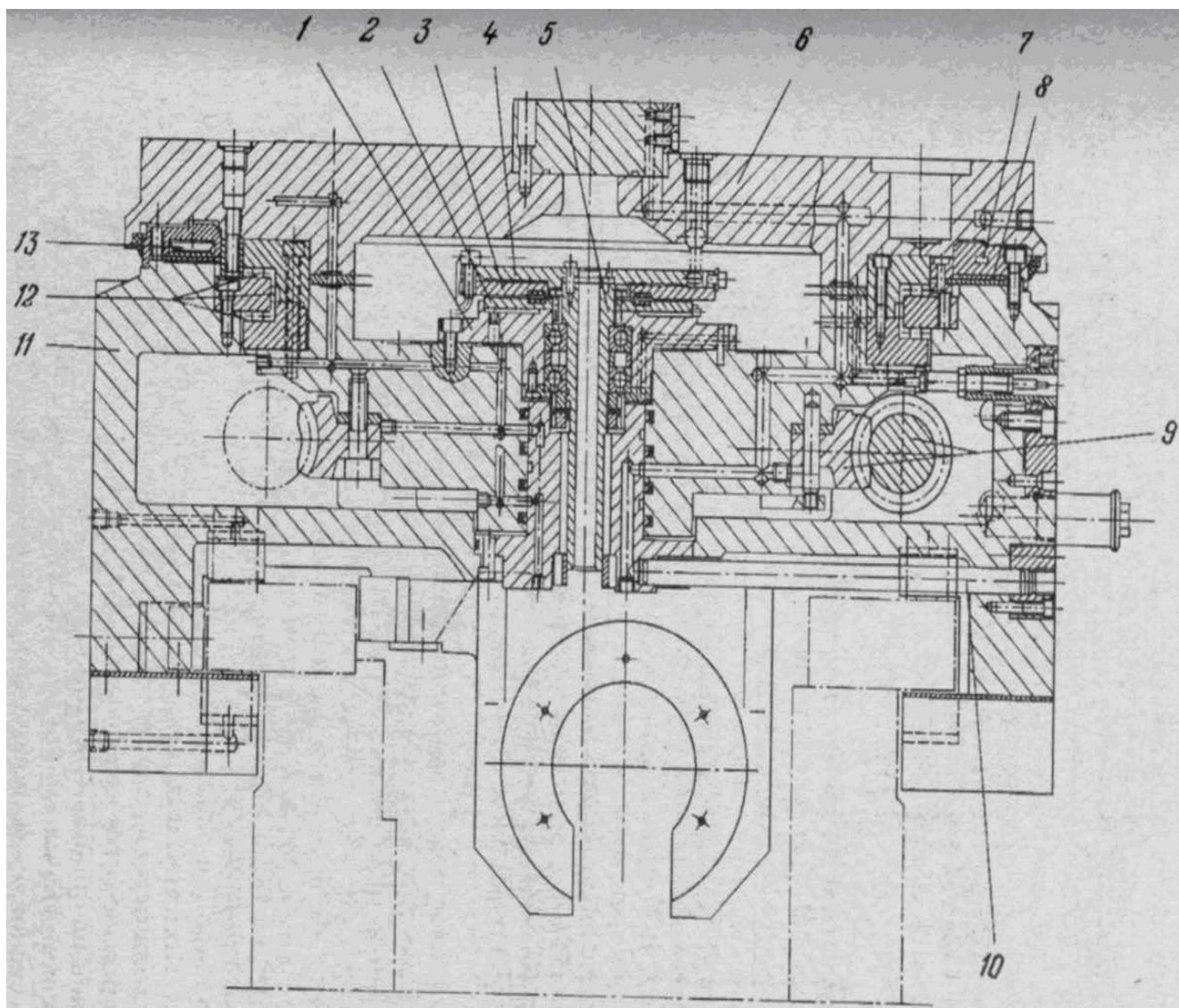


Рисунок 6.25. Поворотный стол МЦ.

МП отличается высокое быстродействие всех механизмов. Скорость вспомогательных перемещений приводов подач достигает 20 м/мин. Устройства автоматической смены инструмента обычно имеют цикл работы 5-10 с. Время автоматической смены заготовок при использовании столов-спутников может занимать 30-50 с. В то время как один из столов-спутников находится на станке и установленная на нем заготовка обрабатывается, на других столах-спутниках могут производиться следующие операции: смена обработанной заготовки на необработанную, переустановка и зажим частично обработанной заготовки в другое положение, доставка заготовки после обработки в позиции контроля или промывки, доставка детали на межоперационные транспортные устройства.

Комплект режущего и вспомогательного инструмента для МЦ при обработке корпусных и плоских деталей показан на рисунке 6.26. Вспомогательным инструментом является ряд шпиндельных оправок, переходных оправок и зажимных патронов. Непосредственно в шпинделе станка закрепляются: оправки а; б, в для расточного инструмента; оправка г, д, е для фрез с торцевой или продольной шпонкой, передающих крутящий момент режущему инструменту; цанговый па-

трон ж для сверл, зенкеров, разверток и небольших фрез, имеющих цилиндрический хвостовик; специальный патрон з для метчиков; патрон и для переходных оправок н-ф, позволяющих регулировать осевое положение инструмента; оправка - центроискатель к; оправка л для концевой инструмента с конусом Морзе и с поводком; оправка м для концевой инструмента с конусом Морзе, без поводка.

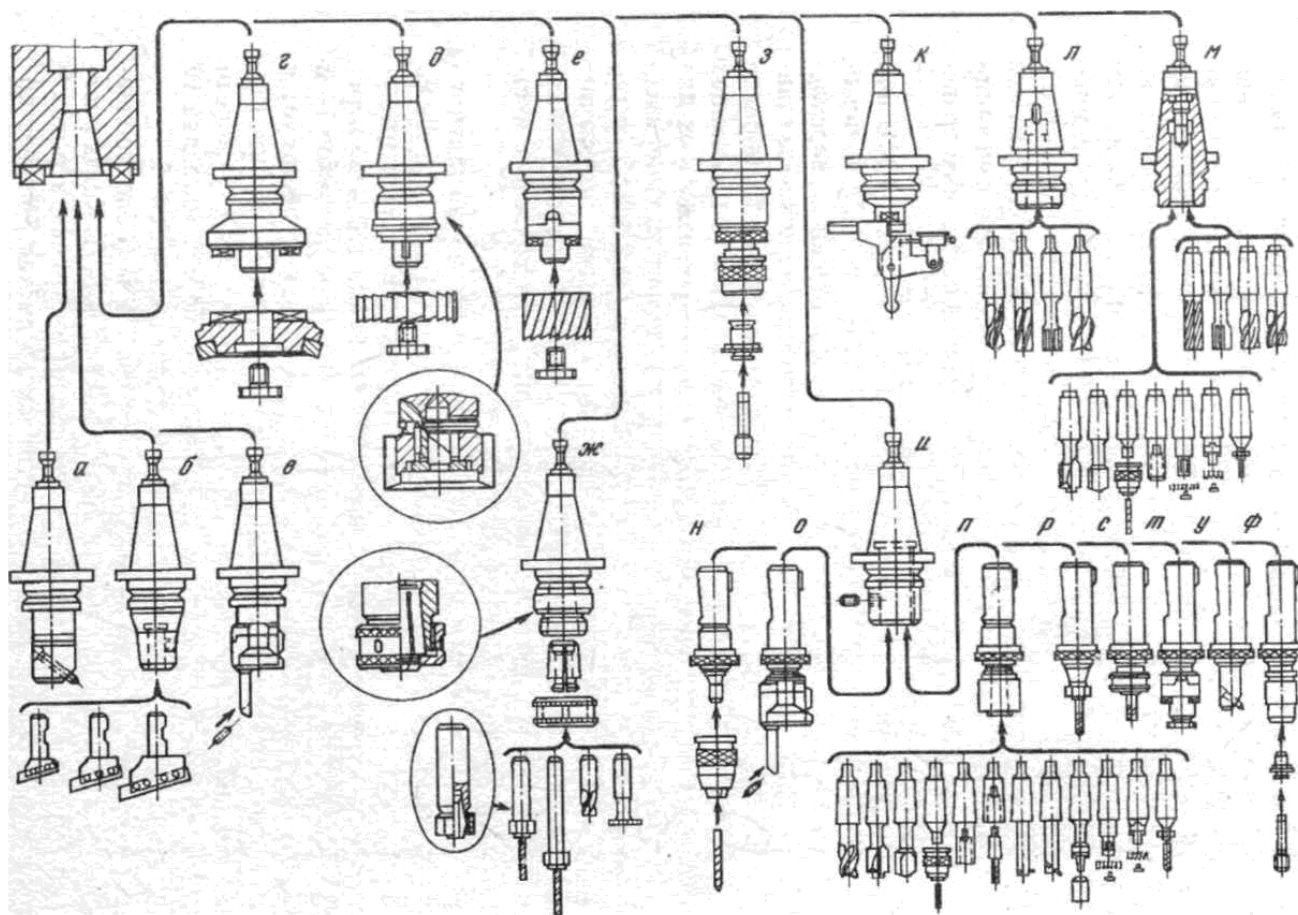


Рисунок 6.26. Комплект режущего и вспомогательного инструмента для МЦ.

На рисунке 6.27 показан вариант привода поворота инструментального магазина, размещенного на верхнем торце стойки 2 станка. Приводом поворота магазина (с вертикальной осью вращения) служит высокомоментный электродвигатель 10 и зубчатая передача 12, 18. Угол поворота отсчитывается с помощью датчиков 14 и 15, установленных на кронштейне 13: датчик 14 взаимодействует с упором 17, фиксирующим исходное положение магазина, а датчик 15 - с упорами 16, установленными против каждого гнезда 20 и служащими Для отсчета гнезд инструментальных оправок 21. Корпус магазина 19 имеет круговые направляющие скольжения с накладками 3,4, 5.

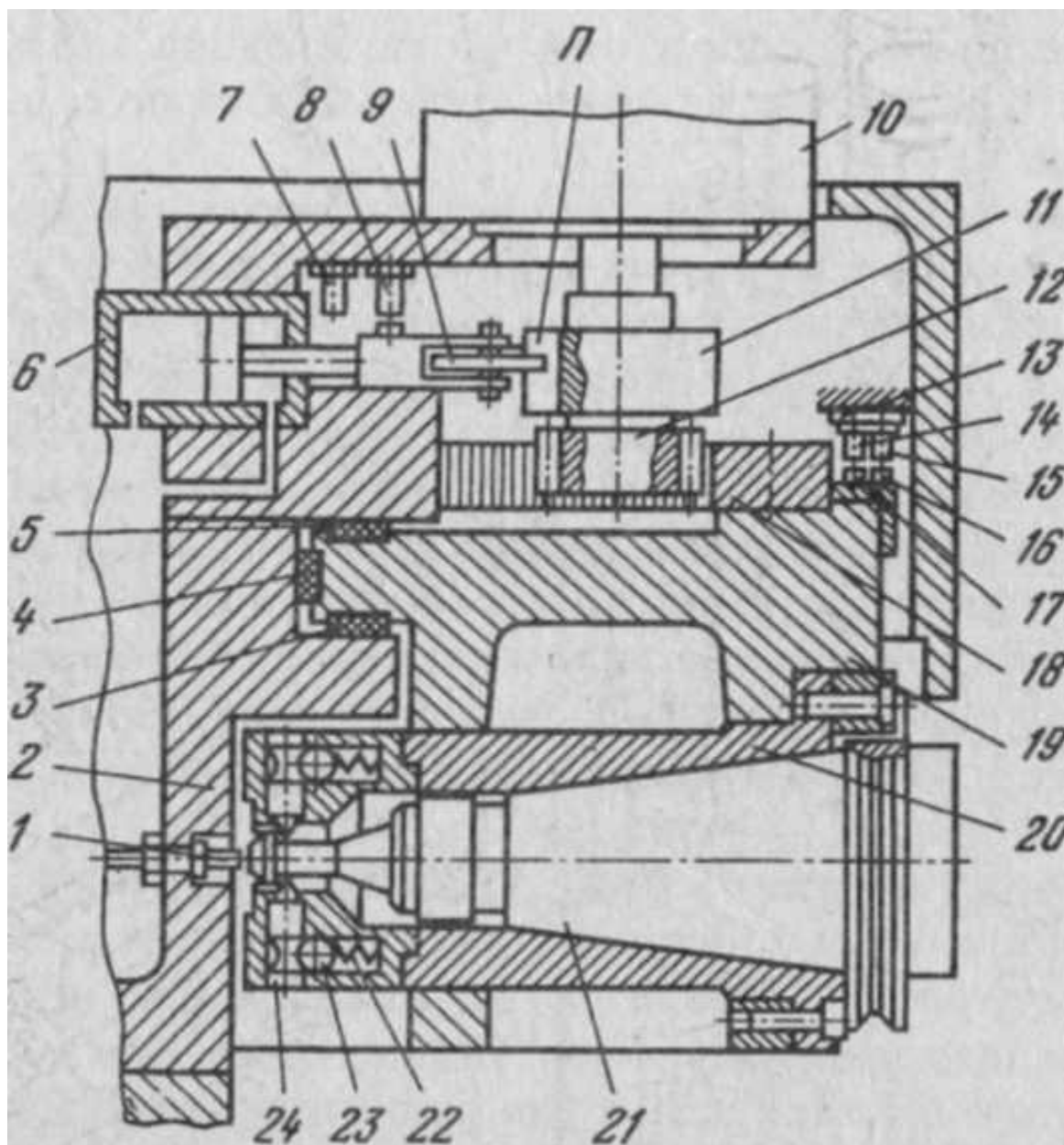


Рисунок 6.27. Привод инструментального магазина.

Магазин оснащен фиксирующим устройством. На валу электродвигателя закреплен диск 11 с двумя полукруглыми пазами П. Когда инструментальная оправка подходит к позиции смены инструмента, ролик 9 вводится штоком гидроцилиндра 6 в паз диска, а датчик 8 подает команду на выключение электродвигателя и вызов автоматического цикла смены инструмента. Перед следующим поворотом ролик выводится из паза диска и датчик 7 включает электродвигатель. Инструментальные оправки фиксируются в гнездах магазина фиксаторами 24 с шариками 23 и пружинами 22. Датчик 1 контролирует наличие оправки в соответствующем гнезде. Каждая оправка устанавливается в гнездо магазина в определенном угловом положении по направляющей шпонке, что необходимо для совмещения паза оправки со шпонками шпинделя, который при смене инструмента также останавливается в определенном угловом положении.

Чтобы захватить инструмент из магазина, корпус 4 автооператора (рисунок 6.28) поднимается гидроцилиндром 6 по цилиндрическим направляющим 5, 7 и один из захватов фиксирует фланец соответствующей оправки. Захваты 9, 10 с пружиной 13 и осями 11, 12 смонтированы в корпусе 20, соединенном с гильзой 18. В крышке 17 гильзы закреплен шарикоподшипник 16, посаженный на шток 15 гидроцилиндра 21. При перемещении поршня 22 движется гильза 18 с захватами и оправки с режущим инструментом выводятся из гнезда магазина или из посадочного конуса шпинделя. Для поворота корпуса 20 с захватами на 180° служат гидроцилиндр 8 и рейка 3, которая зацеплена с зубчатым венцом 2, закрепленным на стакане 1. Правая часть стакана соединена двумя шпонками 14 и 19 с гильзой 18.

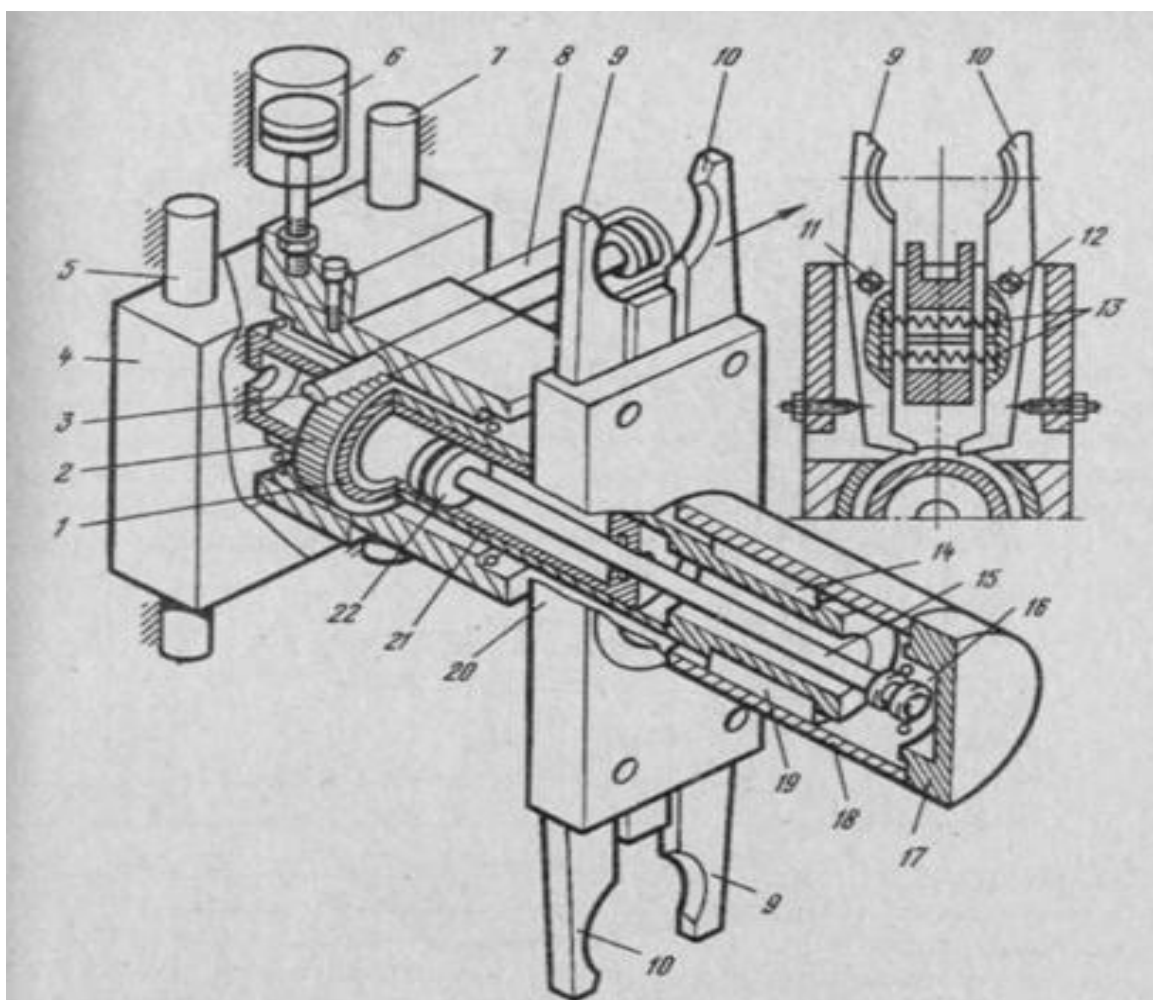


Рисунок 6.28. Автооператор.

Обработка на МЦ с интенсивным, во многих случаях длительным процессом резания требует эффективного охлаждения смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ) режущего инструмента и обрабатываемой заготовки.

ГЛАВА 7

СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ.

Сверлильные станки предназначены для обработки сквозных и глухих отверстий и других поверхностей концевым инструментом (рис. 7.1) (сверла, зенкера, развертки, метчики). Применяя специальные инструменты и приспособления на сверлильных станках, можно растачивать отверстия, вырезать отверстия большого диаметра в листовом материале (трепанирование), притирать точные отверстия и т.д.

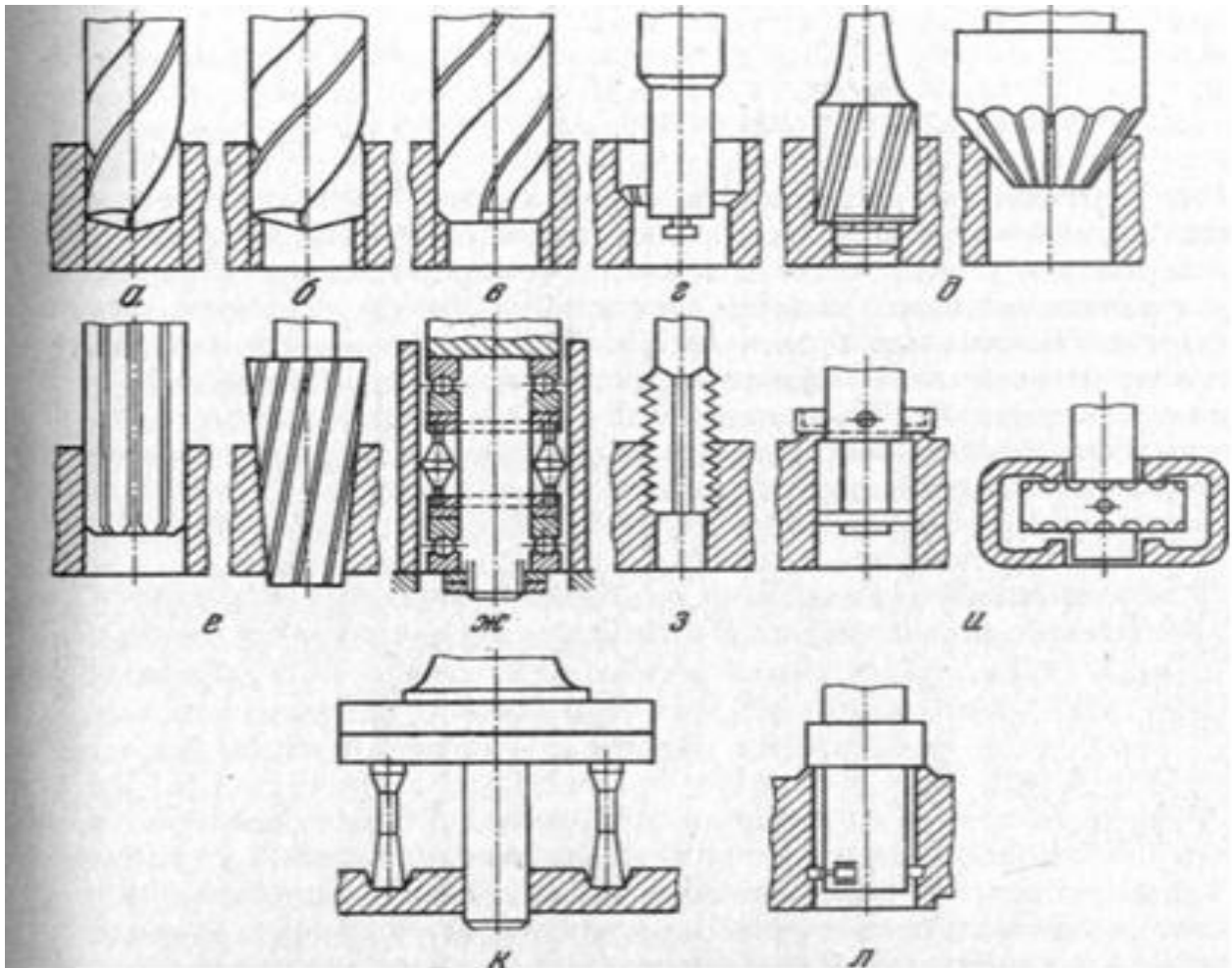


Рисунок 7.1. Виды операций, выполняемых на сверлильных станках: а – сверление, б – рассверливание, в – зенкерование, г – растачивание, д – зенкование, е – развертывание, ж – раскатывание, з – нарезание внутренней резьбы, и – подрезка (цекование) торцов, к – вырезание отверстий большого диаметра (трепанирование), протачивание внутренних канавок.

Наиболее распространены следующие типы сверлильных станков:

- 1) вертикально-сверлильные одношпиндельные станки;
- 2) радиально-сверлильные станки;

3) настольные одношпиндельные сверлильные станки вертикальной компоновки. Движение подачи в большинстве случаев осуществляется вручную;

4) многошпиндельные сверлильные станки, в которых предусмотрено шарнирное крепление шпинделя урегулирование расстояния между осями шпинделей. Это позволяет производить одновременную обработку нескольких отверстий;

5) станки для глубокого сверления (горизонтальной компоновки), в которых длина отверстий значительно больше их диаметра. Станки оснащаются устройствами для отвода стружки;

6) агрегатные сверлильные станки, которые состоят из нормализованных узлов и применяются в крупносерийном производстве для обработки корпусных деталей. Станки имеют большое число шпинделей (до 100 и более).

7.1. ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ

На вертикально-сверлильных станках могут выполняться следующие операции: сверление сквозных и глухих отверстий, рассверливание, зенкерование, развертывание цилиндрических и конических отверстий, зенкование, подрезка (цековка) торцов бобышек и нарезание внутренних резьб метчиками. При использовании специального инструмента возможно увеличить диапазон операций, например, производить раскатывание отверстий роликовыми и шариковыми раскатками, вырезать диски из листового материала резцами в специальной оправке, получать отверстия большого диаметра кольцевыми сверлами, протачивать канавки и т.п. (до 50 операций, включая токарную обработку и фрезерование плоскостей).

Классификацию станков по размерам определяет размерный ряд. Для вертикально-сверлильных станков регламентируется наибольший условный диаметр сверления в детали из стали 45. Размерный ряд может быть условно разделен на три группы: легкие настольные - диаметр 3, 6, 12 мм; средних размеров - 18, 25, 35, 50 мм и тяжелые - более 75 мм.

Тип стола станка - обычный подъемный, плавающий, крестовый, поворотный определяет способ установки деталей на требуемую координату: вручную по разметке и кондуктору - в станках с подъемными и плавающими столами; вручную по шаблону - в станках оснащенных специальными плавающими столами; вручную, механически и автоматически по отсчетным устройствам - в станках с крестовыми и поворотными столами.

Вертикально-сверлильные станки с фланцевой пинолью являются базой для специальных станков с многошпиндельными и револьверными головками для одно- и многопозиционной обработки и многошпиндельных станков с раздвижными шпинделями (колокольного типа). Отдельную группу образуют координатно-сверлильные станки повышенной точности, предназначенные для обработки деталей с точностью координат до $\pm 0,1$ мм. Эти станки имеют различную степень автоматизации, вплоть до ЧПУ, и универсальную оснастку в виде крестовых и плавающих столов.

Существуют три группы компоновок вертикально-сверлильных станков: типа кронштейн, агрегат (или подвижный моноблок) и пресс (неподвижный моноблок) (рис. 7.2). Станки с компоновкой типа кронштейн (а) имеют привод главного движения 2 (коробку скоростей) в виде самостоятельной сборочной единицы, расположенной в верхней части колонны 3. Шпиндель, коробка подач и механизм перемещения шпинделя расположены в корпусе 1, образуя узел, традиционно называемый кронштейн. Эта компоновка долгое время считалась классической для средних и крупных вертикально-сверлильных станков, но примерно 30 лет назад на смену им появились станки агрегатной компоновки.

В станках агрегатной компоновки (рисунок 7.2, б) все механизмы, осуществляющие вращательное и поступательное движения, объединены, как и в радиально-сверлильных станках, в сверлильной головке 5 с индивидуальным приводом. В станках средних размеров движение подачи сообщается шпинделю, а сверлильная головка имеет лишь установочное перемещение по колонне. В тяжелых станках (О более 50 мм) движение подачи сообщается всей головке, а шпиндель имеет только вращательное движение. Агрегатная компоновка имеет ряд конструктивных и эксплуатационных преимуществ: упрощение конструкции колонны, возможность создания на основе базового станка гаммы модификаций из унифицированных узлов, упрощение монтажа и смазки узлов станка, удобное расположение органов управления. За счет уменьшения длины ведущей шлицевой части шпинделя повышена крутильная жесткость.

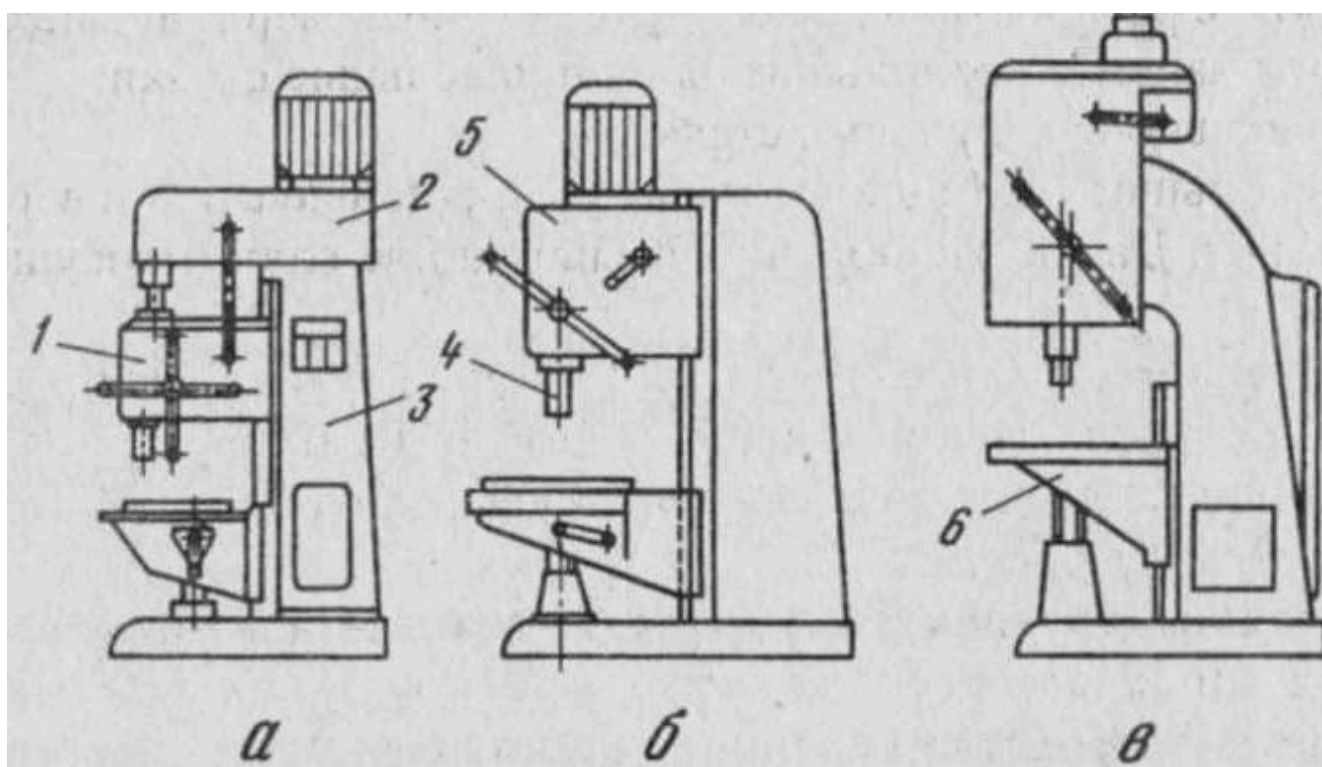


Рисунок 7.2. Варианты компоновок вертикально-сверлильных станков: а – кронштейн, б – агрегат, в – пресс.

Большинство современных вертикально-сверлильных станков имеют агрегатную компоновку.

В станках с компоновкой типа пресс (рисунок 7.2, в) коробки скоростей и подач, шпиндель и другие устройства расположены в верхней части колонны, а вертикальное установочное перемещение имеет только стол 6. За счет этого станки обладают повышенной жесткостью, но менее технологичны. Характеристики некоторых вертикально-сверлильных станков приведены на рисунке 7.3

Характеристики вертикально-сверлильных станков									
Параметр	Универсальные вертикально-сверлильные станки						Станки с программным управлением		
	2М112	2Н118	2Н125	2Н135	2Н150	2Г175	2Р135Ф2-1	2Д132МФ2	2С132ПФ2И
Наибольший условный диаметр сверления, мм	12	18	25	35	50	75	35	32	50
Размер конуса шпинделя (Морзе N-)	1	2	3	4	5	6	4	(7:24)	4
Наибольший ход шпинделя, мм (суппорта, мм)	100	150	200	250	300	750	560	40	250
Рабочая поверхность стола, мм	250 × 250	320 × 360	400 × 450	450 × 500	500 × 560	560 × 630	400 × 710	590	320 × 1000
Ход стола, мм	Нет	350	270	300	360	300	360/630	400/630	250/500
Частота вращения шпинделя, об/мин	450–4500	180–2800	45–2000	31,5–1400	22,4–1000	18–800	35,5–1600	45–2000	31,5–1400(4000)
Величина подач шпинделя, мм/об	–	0,1–0,56	0,1–1,6	0,1–1,6	0,05–2,24	0,02–4,5	10–500	10–500	0,1–1,6
Наибольшее усилие подачи, даН	–	560	900	1500	2350	4000	15000	15000	15000
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	0,55	1,5	2,2	4	7,5	10	4/4,5	4/4,5	4

Рисунок 7.3. Технические характеристики вертикально-сверлильных станков.

Универсальный вертикально-сверлильный станок мод. 2Н135

Инструменту, закрепленному в шпинделе сверлильной головки 3 рисунке 7.4, сообщают вращательное главное движение и вертикальное движение подачи. Заготовка, установленная на столе 9, в процессе резания неподвижна. Несущая колонна 1 прикреплена к плите 11 и снабжена вертикальными направляющими типа "ласточкин хвост" для установочного перемещения стола 9 и сверлильной головки 3. В сверлильной головке размещены коробки скоростей и подач.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 7.5.

Цепь главного движения.

Штурвальное устройство сверлильной головки позволяет подвести Инструмент к заготовке и отвести его, включить и выключить рабочую I Подачу, уско-

рить движение без выключения рабочей подачи, осуществить подачу, используемую при нарезании резьбы.

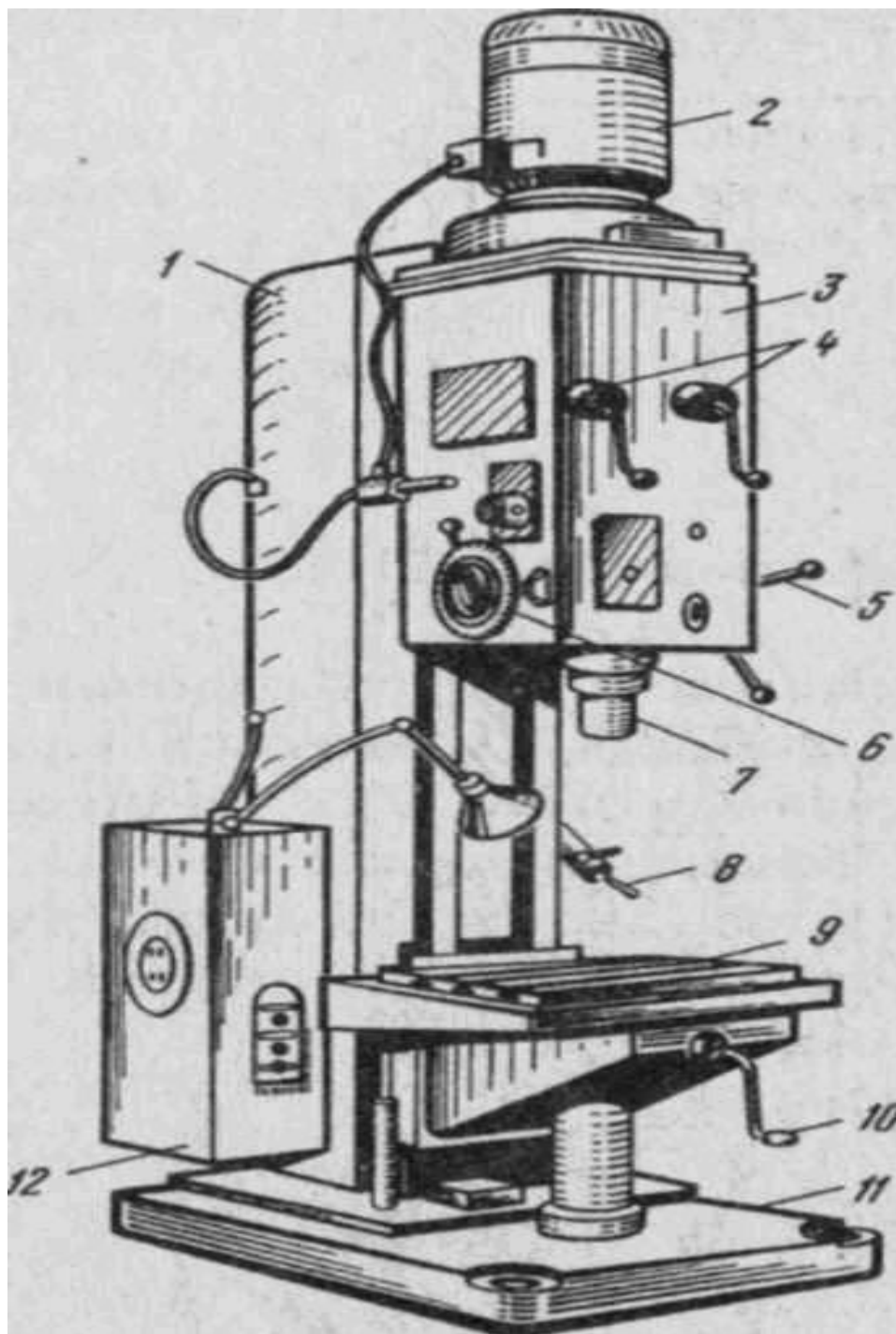


Рисунок 7.4. Вертикально-сверлильный станок

1 - колонна (стойка); 2 - двигатель; 3 - свер. лильная головка; 4 - рукоятки переключения коробок скоростей и подачи; 5 - штурвал ручной подачи; 6 - лимб контроля глубины обработки-7 - шпиндель; 8 - сопло охлаждения; 9 – стол, 10 - рукоятка подъема стола; 11 - фундаментная плита; 12 - шкаф электрооборудования.

Из четырех полумуфт M_4 и M_5 с валом XII связана шлицами ведомая часть $M_{4\text{вм}}$. Она получает вращение от штурвала P1 через ведущую часть $M_{4\text{вщ}}$ при подводе. По окончании подвода для врезания требуется большой крутящий момент, который не может быть передан зубьями муфты M_4 , сжатыми пружиной на валу XII. Полумуфта $M_{4\text{вм}}$ отжимается, преодолевая пружину, муфта M_5 включается и передает вращение валу XII от червячного колеса 60 через собачки Сб и полумуфту $M_{4\text{вм}}$. Если необходимо определить вручную рабочую подачу, вал XII поворачивают штурвалом непосредственно через штифт Шт1, при этом собачки Сб проскакивают по зубьям торцового храповика на полумуфте $M_{5\text{вщ}}$. Этот храповой механизм является механизмом обгона. Ручная подача для нарезания резьбы включается нажимом колпачка со штифтом Шт3 (на рисунке - включена), тогда вращение от штурвала передается штифтами Шт4, Шт3, Шт2.

Лимб Л связан с валом XII передачей 13/38 с внутренним зацеплением и позволяет вести отсчет глубины обработки, а также настраивать положение кулачка, реверсирующего шпиндель и положение кулачка, отключающего подачу на заданной глубине (отключающего муфту M_3 на валу X).

Механизм ручного перемещения сверлильной головки состоит из червячной передачи 1/46, реечного колеса 10 на валу XIV и рейки с $m = 4$ мм, привернутой к колонне. Колесо 10 перекачивается по рейке и перемещает головку.

Механизм перемещения стола состоит из рукоятки P2, конической передачи 16/42, передачи винт-гайка с шагом $p = 6$ мм.

Конструкция *шпиндельного узла* и устройств для зажима инструмента аналогично конструкциям, используемым в радиально-сверлильных станках.

Коробки скоростей и коробки подач вертикально-сверлильных станков.

На рисунке 7.6 показана в качестве примера коробка скоростей вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135, с компоновкой типа агрегат. Вертикально расположенные валы коробки смонтированы на шариковых подшипниках, размещенных в двух плитах 1 и 2, верхней и нижней, скрепленных между собой четырьмя стяжками 3. В качестве привода используется фланцевый односкоростной асинхронный двигатель вертикального исполнения, связанный с коробкой скоростей через упругую муфту.

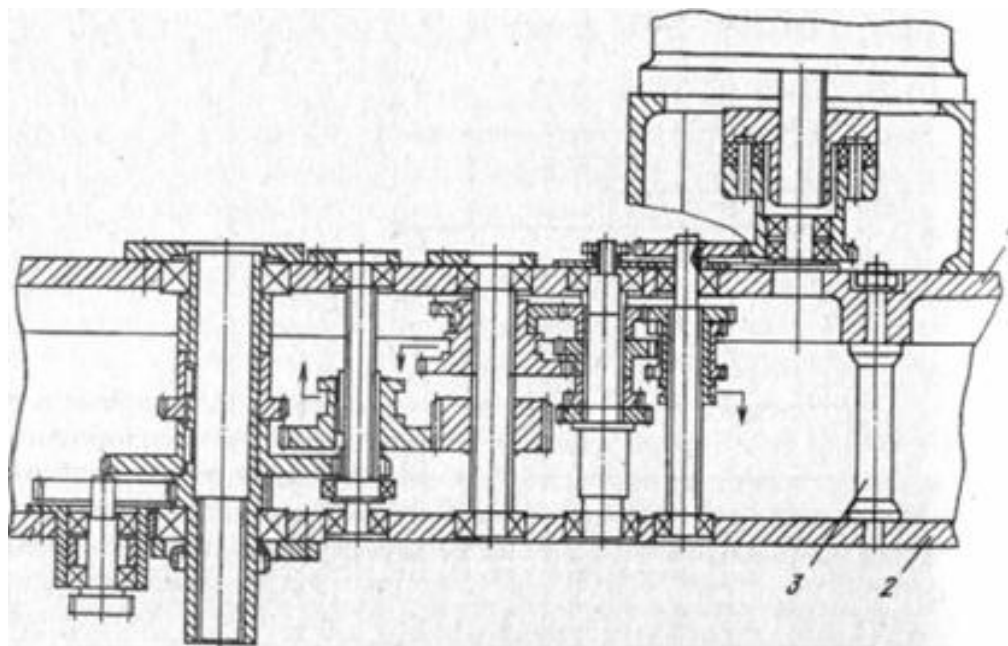


Рисунок 7.6. Коробка скоростей станка модели 2Н135.

Коробки подач вертикально-сверлильных станков представляют собой многоваловые механизмы, образованные путем последовательного соединения групповых передач. Коробки подач вертикально-сверлильных станков смонтированы в отдельном литом корпусе, который фланцем центрируется в расточке верхней опоры червяка. Привод коробки подач осуществляется через зубчатую передачу от коробки скоростей. Для передачи движения от коробки подач на реечное колесо служат механизмы подачи. С их помощью может осуществляться ручной подвод инструмента к детали, включение механической подачи, ручное опережение механической подачи, включение подачи и ручной отвод шпинделя; кроме того, ими обеспечивается ручная подача при нарезании резьбы метчиками, команда на реверс шпинделя при достижении требуемой глубины резьбы и отключение шпинделя при достижении установленной глубины обработки.

Механизация и автоматизация сверлильных станков.

Цикл обработки на вертикально-сверлильном станке включает в себя следующие основные элементы: установку, закрепление, открепление и съем обрабатываемых заготовок, их перемещение в точку обработки, управление главным приводом, подвод и отвод инструмента, изменение режимов обработки, установку и съем инструмента, включение и отключение охлаждения, уборку стружки, контроль обрабатываемых заготовок.

Для автоматизации цикла перемещения шпинделя применяют кулачковые, пневмогидравлические, пневмоэлектрические и пневмомеханические устройства. В частности в автоматизированном универсальном станке мод. 2Н135А используется электромеханическое устройство, позволяющее получить как ускоренную подачу шпинделя от специального электродвигателя, так и механическую, от коробки подач. Управление автоматическим циклом производится кулачками, установленными на барабан лимба, кинематически связанного со шпинделем.

В современных станках механизирован процесс удаления инструмента из конуса шпинделя сверлильных станков, использующий для освобождения инструмента ход шпинделя вверх штурвалом механизма подачи. Быструю смену инструмента обеспечивают быстросменные патроны.

Револьверные головки (рис. 7.7) используются для обработки отверстий несколькими (от 2 до 7) последовательно работающими инструментами, смена которых осуществляется вручную или автоматически. Ведущий шпиндель 15 головки, корпус 5 которой закрепляется на пиноли станка, получает вращение от шпинделя станка через ведущую полумуфту 3. Включение шпинделя в рабочей позиции, расфиксация, поворот и фиксация поворотного корпуса 14 головки осуществляется автоматически. При движении пиноли вверх упорные винты 7 и 8 упираются в корпус сверлильной головки станка и толкают вниз рейку 9 и стержень 6. Стержень 6 через рычаг 4 отключает приводную полумуфту 3 и освобождает рычагом 2 фиксатор 1. Рейка 9 через коническую зубчатую передачу 11 и храповой механизм 12 проворачивает за зубчатый венец 13 поворотный корпус на одну позицию. При опускании пиноли ведущая полумуфта и фиксатор перемещаются в рабочее положение усилием пружин.

Для перемещения заготовок в требуемое положение применяют столы различных типов: плавающие, крестовые или поворотные. Плавающие столы предназначены для многокоординатной обработки заготовок по кондуктору или по разметке. Закрепленная на столе заготовка перемещается в двух взаимно перпендикулярных направлениях от одного органа - маховичка, при вращении которого стол движется в продольном направлении, а при толкании от себя или к себе промежуточные салазки вместе со столом перемещаются в поперечном направлении. Пример конструкции стола с пневмозажимом приведен на рисунке 7.8. Встречаются также насадные плавающие столы с фиксирующим устройством и установкой координат по чертежу с помощью копирной плиты.

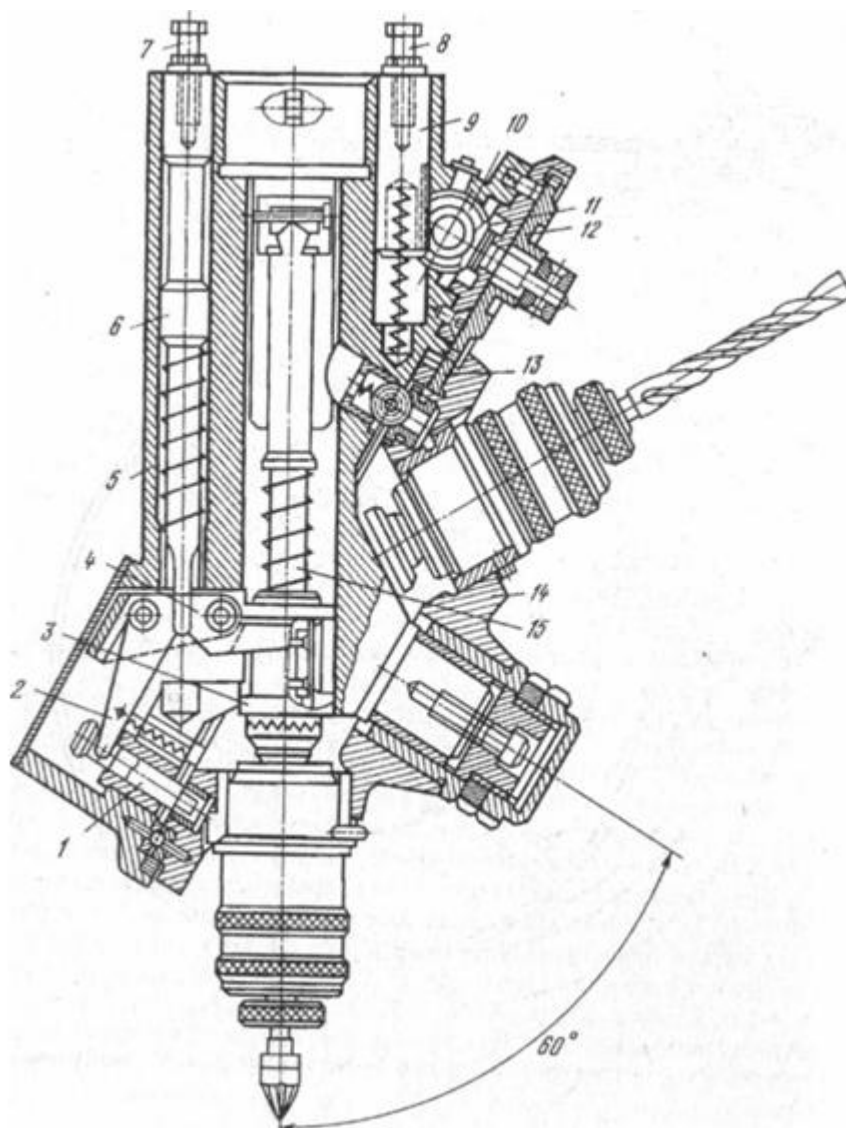


Рисунок 7.7. Револьверная шестишпиндельная головка вертикально-сверлильного станка: 1 - фиксатор; 2 - рычаг фиксатора; 3 - ведущая полу-муфта; 4 - рычаг муфты; 5 - корпус основной; 6 - стержень; 7, 8 - упорные винты; 9 - рейка; 10 - зубчатое колесо; 11 - коническая зубчатая передача; 12 - храповой механизм; 13 - зубчатый венец; 14 - поворотный корпус; 15 - ведущий шпиндель головки зубчатый

Крестовые столы предназначены для многокоординатной обработки заготовок без применения кондукторов и разметки. Накладные крестовые столы позволяют получать детали с точностью межцентрового расстояния до 0,1мм; стационарные крестовые столы координатно-сверлильных станков обеспечивают точность до 0,05мм.

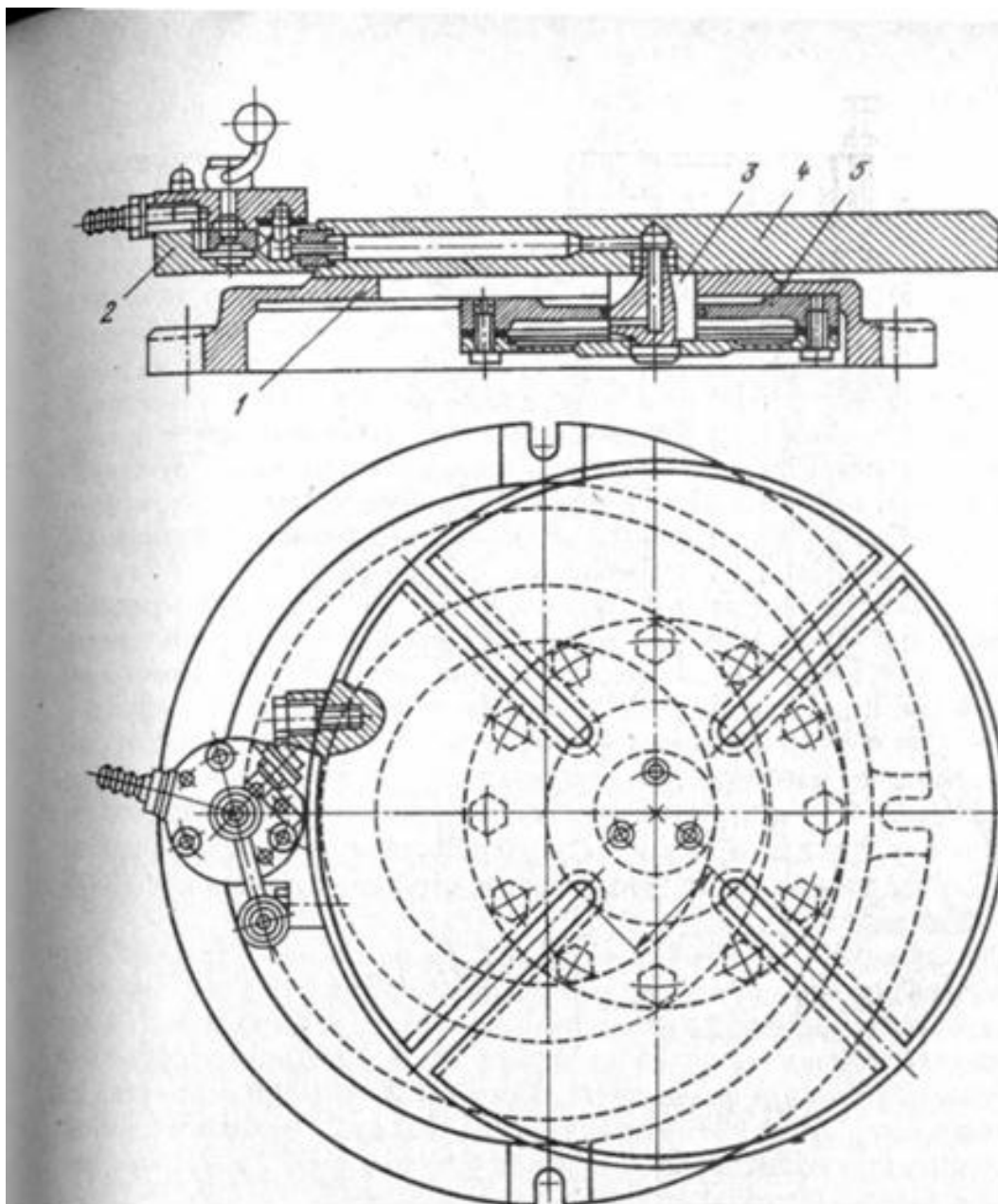


Рисунок 7.8. Стол плавающий: 1 – основание, 2 – пневмоцилиндр, 3 – шток, 4 – подвижный стол, 5 – мембранная камера.

Сверлильные станки с ЧПУ

Вертикально-сверлильные станки с ЧПУ, в отличие от аналогичных станков с ручным управлением, оснащены крестовыми столами, автоматически перемещающими обрабатываемую заготовку по координатным осям X и Y , в результате чего отпадает необходимость в кондукторах или в предварительной разметке деталей. Вертикальная подача вдоль оси Z осуществляется шпинделем либо сверлильной головкой. Кроме операций, связанных с обработкой отверстий, на сверлильных станках с ЧПУ выполняют и фрезерные операции. Нарезание резьбы метчиками на сверлильных станках с ЧПУ происходит с принудительной подачей метчика и с использованием специальных пружинно-кулачковых патронов. Неко-

торые сверлильные станки, в частности мод. 2Д132МФ2, оснащены инструмен- тальным магазином и механизмом автоматической смены инструмента.

Вертикально-сверлильный станок мод. 2Р135Ф2-1 оснащен переключаемой по управляющей программе шестипозиционной револьверной головкой, в пяти позициях которой устанавливают инструмент для обработки отверстий (сверла, развертки и др.), а в одной - фрезы. Станок оснащен позиционным устройством ЧПУ мод. 2П32-3, которое обеспечивает одновременное или раздельное перемещение стола по координатам X и Y , перемещение суппорта с револьверной головкой по координате Z , дает возможность управлять поворотом револьверной головки, по программе выбирать величину рабочей подачи и частоту вращения шпинделя.

Общий вид станка показан на рис. 7.9. На основании 1 установлена колонна 5, по прямоугольным вертикальным направляющим которой перемещается суппорт 3 с револьверной головкой 4. На колонке смонтированы коробка скоростей и редуктор подач. Салазки 2 крестового стола перемещаются по горизонтальным направляющим основания, а верхняя часть стола 9 по направляющим салазок. С правой стороны станка расположены шкаф с электрооборудованием 7 и устройство ЧПУ 8. Станок имеет подвесной пульт управления 6.

Кинематическая схема станка (рисунок 7.10) состоит из следующих независимых кинематических цепей: привода главного движения (вращения шпинделей револьверной головки), привода подач крестового стола, привода салазок, привода суппорта с револьверной головкой, приводов поворота револьверной головки и выпрессовки инструмента из шпинделей.

Цепь главного движения состоит из двухскоростного электродвигателя ($P = 4/4,5$ кВт; $n = 1470/990$ 1/мин), зубчатых передач, валов и муфт, передающих вращение на один из шпинделей револьверной головки.

Цепь привода подач крестового стола имеет два редуктора, один из которых осуществляет движение стола по салазкам (ось X) (см. рисунок 7.9), а второй - движение салазок по станине (ось Y). Кинематическая цепь привода салазок обеспечивает их быстрое, среднее и медленное перемещения.

. Цепь привода суппорта с револьверной головкой состоит из электродвигателя постоянного тока, ($P = 1,3$ кВт, $n = 50-2600$ 1/мин), червячной передачи, тормозной муфты, предотвращающей произвольное опускание суппорта при отключении электродвигателя и датчика обратной связи.

Поворот револьверной головки происходит от электродвигателя ($P = 0,7/0,9$ кВт $n = 1400/2700$ 1/мин) и червячной передачи

Выпрессовка инструмента из шпинделей осуществляется через червячную передачу и эксцентрик, смонтированный в пазу оси поворота револьверной головки.

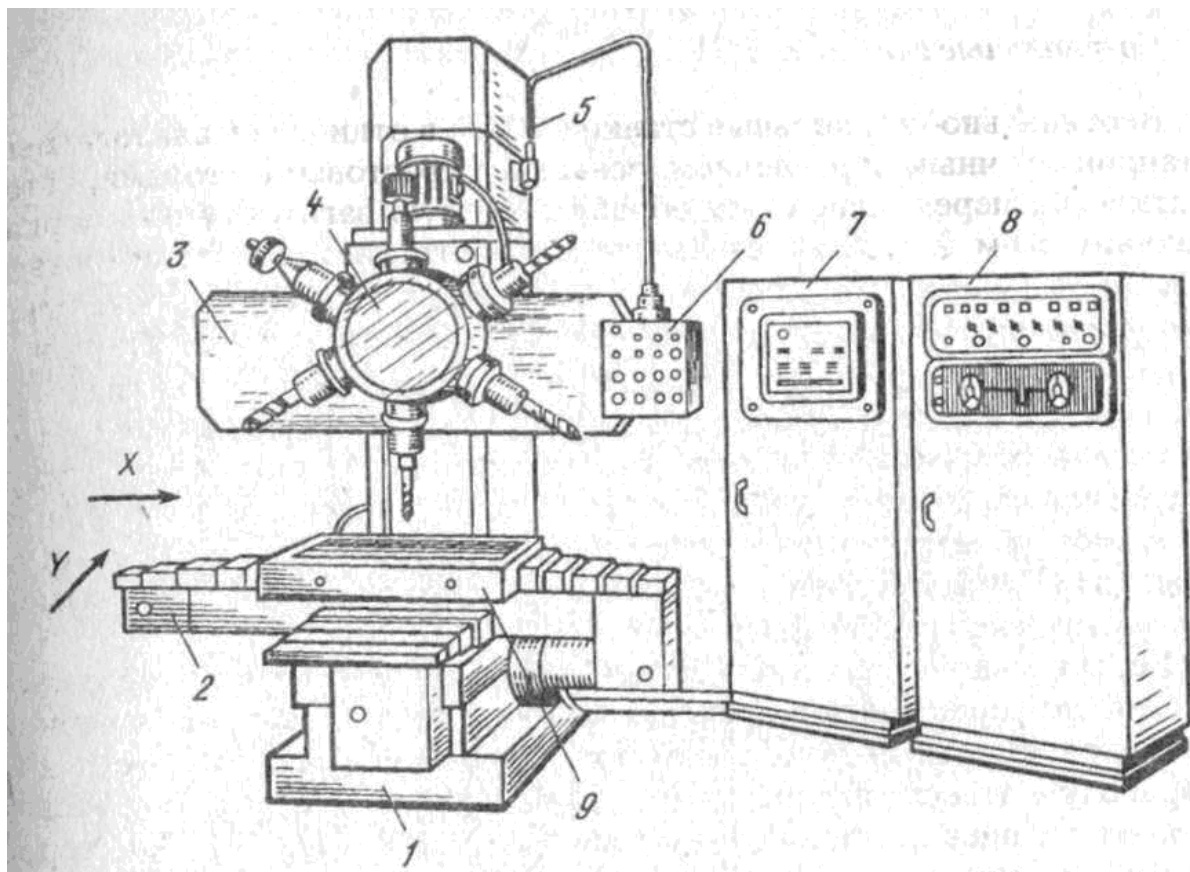


Рисунок 7.9. Вертикально-сверлильный станок модели 2P135Ф2-1.

Специальные сверлильные станки

Специальные станки изготавливают на основе базовых моделей, унифицированных с серийно выпускаемыми вертикально-сверлильными станками. Для осуществления заданного технологического процесса используют специальные наладки. К их числу относят многопозиционные поворотные столы, многошпиндельные головки со стационарным либо с регулируемым положением шпинделей и ряд других.

Значительная часть вертикально-сверлильных станков выпускается для обработки конкретных заготовок в условиях массового и крупносерийного производства. Обычно эти станки оснащаются многошпиндельными головками с общей для всех шпинделей минутной подачей за счет перемещения сверлильной головки в осевом направлении. Каждый шпиндель может вращаться с необходимой скоростью в зависимости от выполняемой операции.

Шпиндельные головки со стационарным расположением шпинделей имеют кривошипный либо шестеренный привод на каждый шпиндель. Конструкция восьмишпиндельной сверлильной головки с кривошипным приводом показана на рис. 7.11. При работе головок с кривошипным приводом наблюдается повышенный износ подшипников, возникают вибрации, возможно даже заклинивание отдельных кривошипов, если врезание и выход инструментов происходят не одновременно. По этим причинам они используются только в тех случаях, когда необходимо иметь малое расстояние между осями обрабатываемых отверстий. Голов-

ки с шестеренным приводом позволяют обеспечить более высокую точность и одновременное выполнение различных операций обработки отверстий.

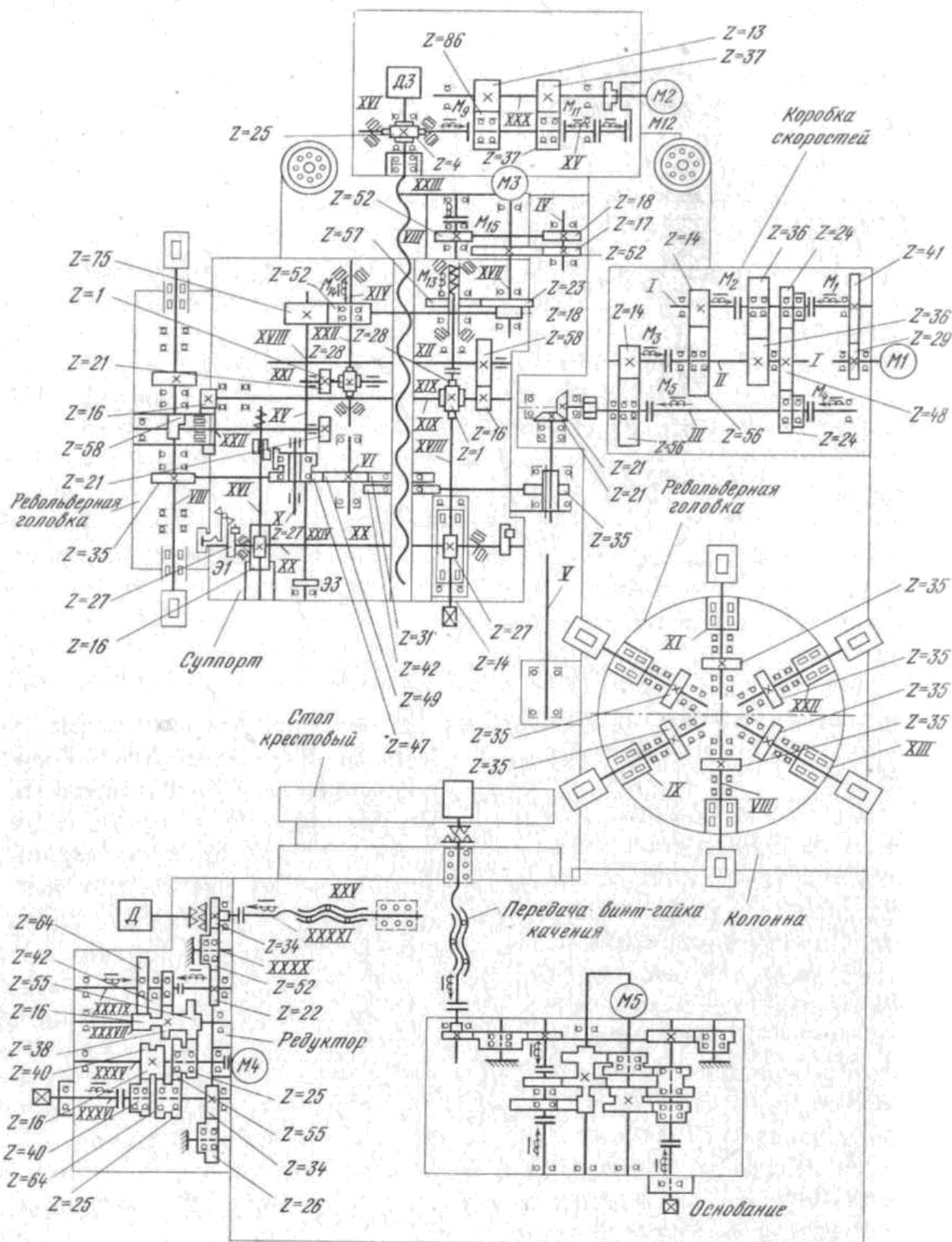


Рисунок 7.10. Кинематическая схема станка 2P135Ф2-1.

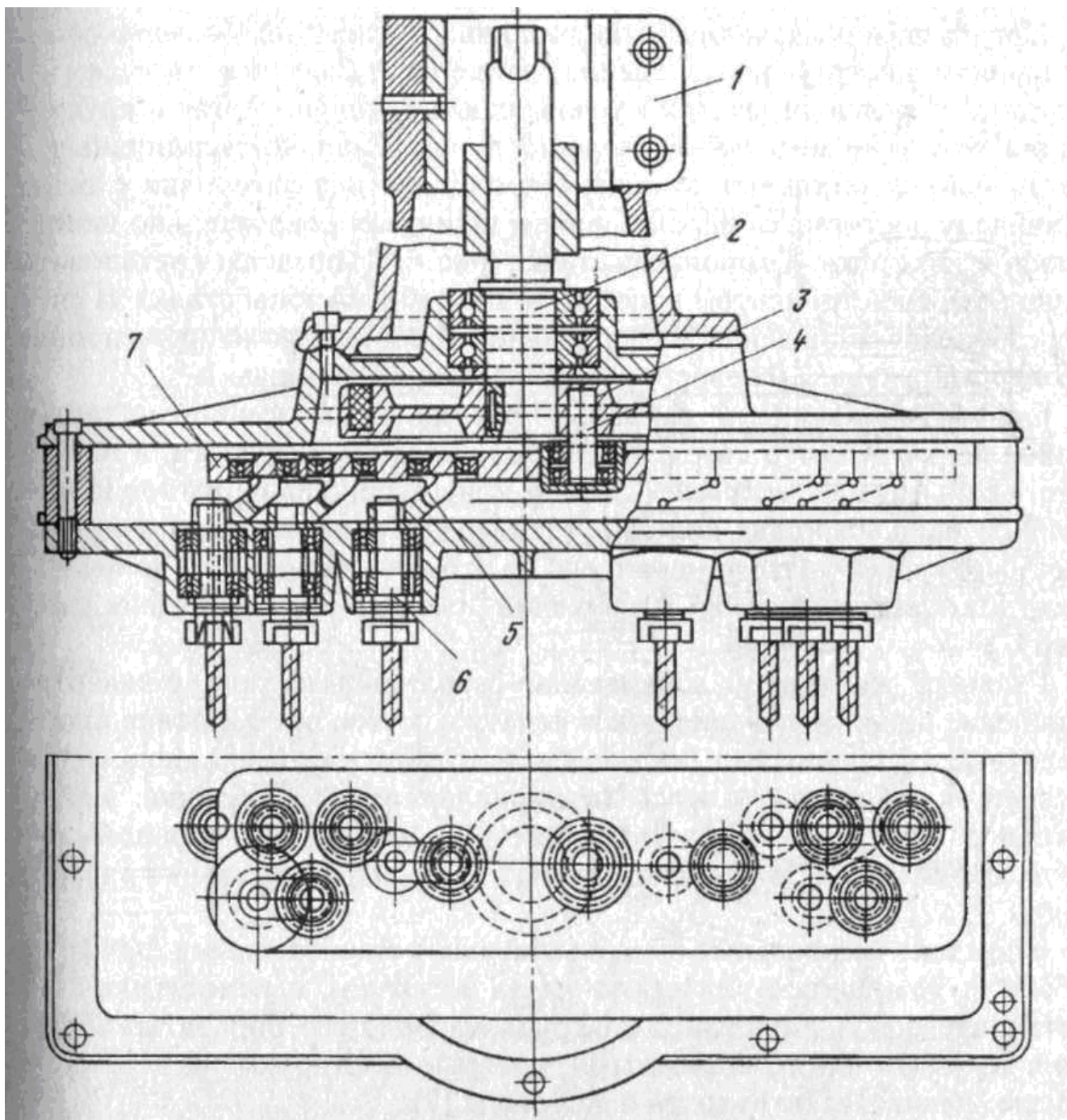


Рисунок 7.11. Восьмишпиндельная сверлильная головка: 1 – хомут для крепления головки, 2 – ведущий шпиндель, 3 – маховик, 4 – ведущий кривошипный палец, 5 – кривошип, 6 – рабочий шпиндель, 7 – водило.

7.2. РАДИАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ.

Предназначены для обработки различных отверстий и поверхностей концевым инструментом (сверла, зенкеры, развертки, метчики) в крупных корпусных деталях в условиях как единичного, так и крупносерийного производства. В отли-

чие от вертикально-сверлильных в радиально-сверлильных станках совмещение оси заготовки с осью шпинделя достигается перемещением шпинделя относительно неподвижной заготовки. Компоновка станка (рис. 6.11) позволяет установить шпиндель с инструментом в любой точке рабочей зоны станка за счет перемещения шпиндельной сверлильной головки 3 по направляющим траверсы (рукава) 2 и поворота траверсы вокруг колонны 1.

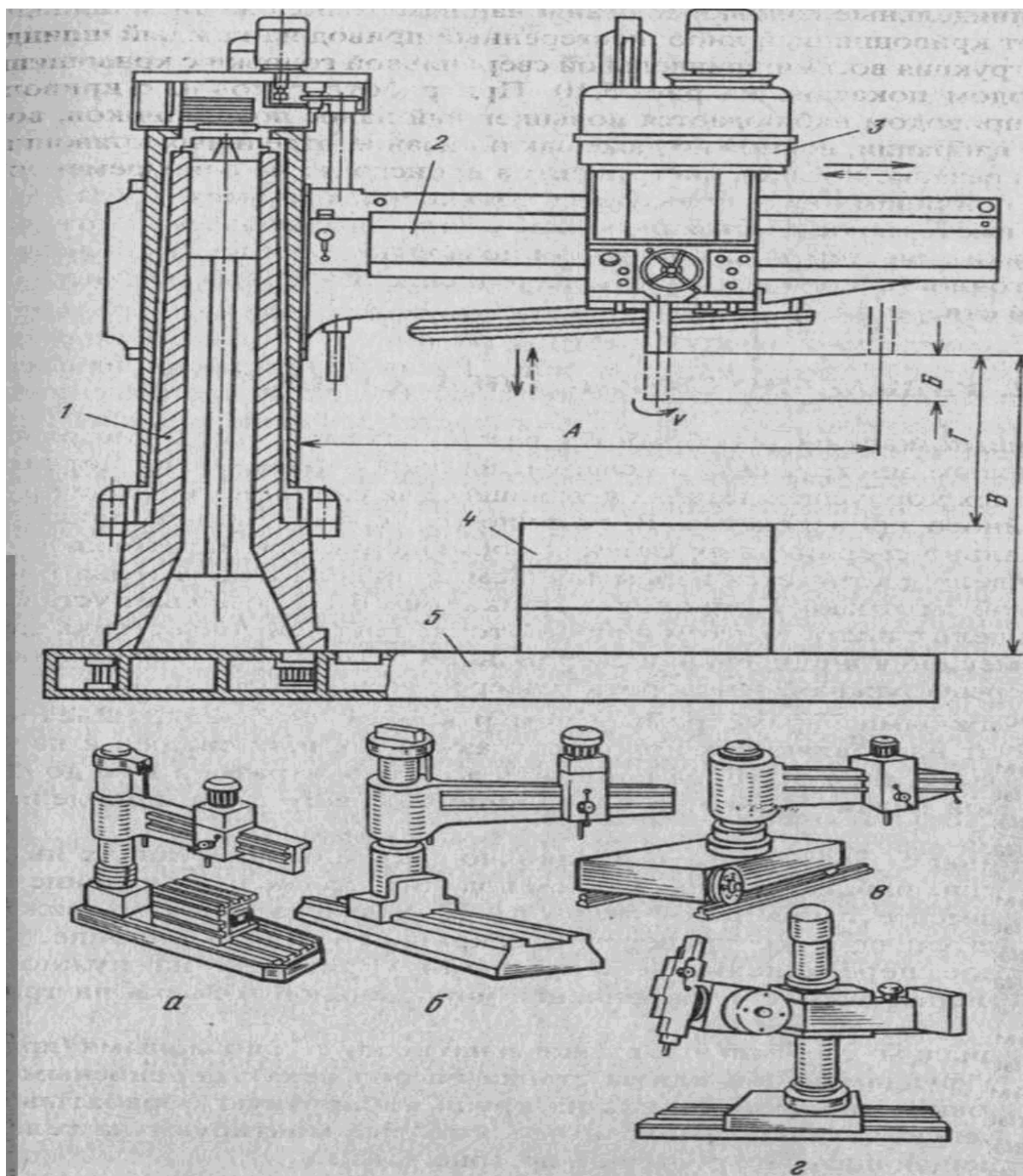


Рисунок 7.12. Типы компоновок радиально-сверлильных станков: а - стационарная общего назначения, б - с колонной, перемещающейся по направляющим станины, в - передвижная по рельсам, г - переносная.

Основным размером радиально-сверлильных станков является наибольший диаметр сверления в стали средней твердости, а наиболее важными параметрами - номер конуса шпинделя, вылет шпинделя от направляющих колонны (размер А), наименьшее и наибольшее расстояния от торца шпинделя до стола 4 (размер Г) и до фундаментной плиты 5 (размер В), величина осевого хода шпинделя (размер Б).

Главным движением в радиально-сверлильных станках является вращение шпинделя, а движением подачи - осевое перемещение шпинделя вместе с пинолью (гильзой). К вспомогательным движениям относятся: поворот траверсы и закрепление ее на колонне, вертикальное перемещение и закрепление траверсы на нужной высоте, перемещение и закрепление шпиндельной головки на траверсе и др.

Радиально-сверлильные станки выполняют стационарными (при установке фундаментной плиты станка на пол цеха); переносными (при установке основания станка на крупногабаритную обрабатываемую корпусную деталь), самоходными, которые монтируют на тележках, перемещающихся по рельсам и др. (рис. 7.12).

Радиально-сверлильный станок мод. 2554

Техническая характеристика

Наибольший условный диаметр сверления, мм 50

Вылет шпинделя от направляющих колонны, мм 350-1600

Частота вращения шпинделя, 1/мин 18-2000

Число ступеней 25

Пределы подач, мм/об 0,05-5

Число подач 21

Заготовку закрепляют на фундаментной плите. Все движения совершает шпиндель сверлильной головки. Он вращается (главное движение), перемещается вдоль оси (движение подачи), передвигается при переходе от отверстия к отверстию вместе с головкой по рукаву и вместе с последним вокруг колонны. Рукав можно также перемещать вертикально по направляющим колонны. В верхней части сверлильной головки расположены коробки скоростей и подач, а также гидравлические механизмы переключения.

Кинематическая схема станка показана на рис. 7.13. Цепь главного движения соединяет асинхронный электродвигатель МI со шпинделем VI. Фрикционная муфта М1 реверсирует шпиндель, соединяя с валом I колеса 38-33 или 34 (последнее передает движение на вал II через паразитное колесо 22). Муфтой управляет гидропривод, обес-печивающий три положения. В среднем (нейтральном) положении муфта выключена, движение на вал II не передается, включен заблокированный с муфтой тормоз Т. Коробка скоростей содержит, кроме того, четыре двойных блока и сопряженные с ними колеса.

Шпиндель VI своим шлицевым хвостовиком получает вращение от втулки, по которой может перемещаться колесо 28. Это колесо передает вращение от колеса 50 на валу V или от зубчатого венца 28 с внутренним зубом, соединенного с колесом 65 и работающего как зубчатая полумуфта. Таким образом, теоретически

может быть получено 32 частоты вращения шпинделя по часовой стрелке и 16 - против часовой стрелки. Однако часть частот вращения на разных передачах совпадает, поэтому количество скоростей уменьшается до 25.

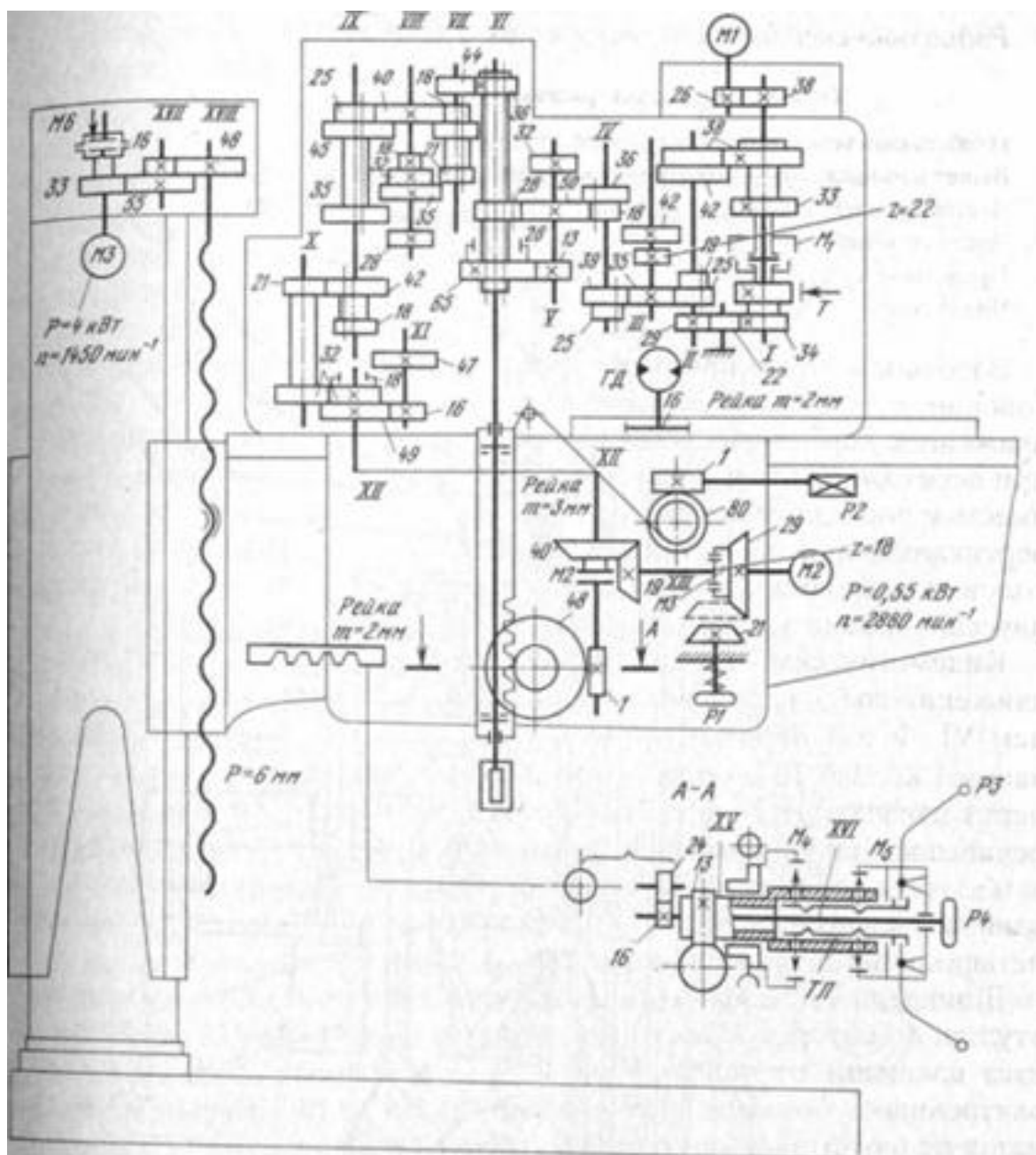


Рисунок 7.13. Кинематическая схема радиально-сверлильного станка.

Привод подач обеспечивает осевое перемещение гильзы со шпинделем. Коробка подач включает валы VII-XI и получает вращение от шпиндельной шлицевой втулки через передачу 36/44. Затем следуют две тройных группы передач, причем колесо 40 на валу VIII принадлежит обеим группам. На валу XII закреплены три зубчатых венца: 49-32-18 (колесо 18 - с внутренним зубом). Движение на вал XII может быть передано с вала IX напрямую при сцеплении наружного и внутреннего венцов 18 (образуют зубчатую муфту), либо через вал X (передачи

42/21 и 32/32), либо через вал XI (передачи 18/47 и 16/49). Теоретически может быть получено 27 подач, однако часть из них на различных передачах совпадает.

С вала XII на вал XIV движение поступает через предохранительную и управляющую муфту M_2 . Она срабатывает при перегрузке, а также при достижении заданной глубины сверления. За ней следуют червячная передача 1/48 и реечная передача с колесом 13 (А-А). Зубья рейки с $m = 3$ мм нарезаны на гильзе, несущей опоры Шпинделя. Осевая нагрузка, действующая на шпиндель при обработке, замыкается через его опоры и привод подач на корпус сверлильной головки.

Гильза со шпинделем уравновешены спиральными пружинами, которые регулируют рукояткой Р2 через передачу 1/80. Быстрое осевое Перемещение не вращающего шпинделя возможно от электродвигателя М2, передающего движение через зубчатую муфту M_3 . Тонкую ручную подачу осуществляют маховичком Р1, который перемещают, ежи-Мая пружину и зацепляя конические колеса 21 и 29.

Рукоятки штурвала Р3 служат для ручного перемещения или грубой подачи шпинделя, а также для включения цепи механической подачи. Нажимая на рукоятки "от себя" (на схеме - влево), сдвигают толкатель - ТЛ вправо. При этом муфта M_4 включается, червячное колесо 48 соединяется с реечным колесом 13, становится возможной механическая подача. При повороте рукояток "на себя" муфта M_4 выключается, а муфта M_5 включается; появляется возможность поворачивать штурвал с реечным колесом при неподвижном червячном колесе, то есть производить грубую ручную подачу. Сверлильную головку перемещают по рукаву вручную с помощью маховичка Р4 и колес 16, 24 по нижней рейке с $m = 2$ мм или от гидромотора ГД колесом 16 по верхней рейке.

Привод вертикального перемещения рукава включает в себя электродвигатель М3, зубчатые передачи 33/55 и 16/48, передачу винт-гайка с шагом $p = 6$ мм. Крутящий момент передается от двигателя на первое колесо 33 через шариковую предохранительную муфту M_6 .

Зажим сверлильной головки на рукаве, рукава на колонне и самой колонны (от поворота), для обеспечения высокой точности позиционирования инструмента в точке обработки, осуществляют гидроцилиндры. Для зажима колонны используются плунжер-рейка и передача винт-гайка. В остальных случаях поршни действуют через рычажные системы.

Конструкция штурвального устройства механизма подач показана на рис. 6.14 Механическую подачу включают поворотом рычагов 15 штурвала от себя. При этом ползушка 18 выталкивается из паза толкателя 9 и вводится профильным концом во впадину колеса 3 с внутренним зубом, червячное колесо 2 привода соединяется с корпусом 4 ползушек. Корпус 4 через шлицы передает вращение полному валу 1 реечного колеса, которое перемещает гильзу 20 со шпинделем. При повороте рычагов 15 на себя ползушка 18 выходит из зацепления, а ползушка 11 выталкивается и вводится в зацепление с зубчатым венцом 7. Теперь с корпусом 4 связана ступица штурвала. При перемещении ползушки 11 взаимодействуют упоры 12 и 13, подпружиненный диск 5 отжимается влево и стержнем 17 нажимает микропереключатель 19 - включается механическая подача. Для выключения ме-

ханической подачи при достижении заданной глубины настраивают положение кулачка 14 относительно микропереключателя 16; при этом пользуются шкалой лимба 6, который крепится гайкой 8. Маховичком 10 перемещают сверлильную головку по рукаву.

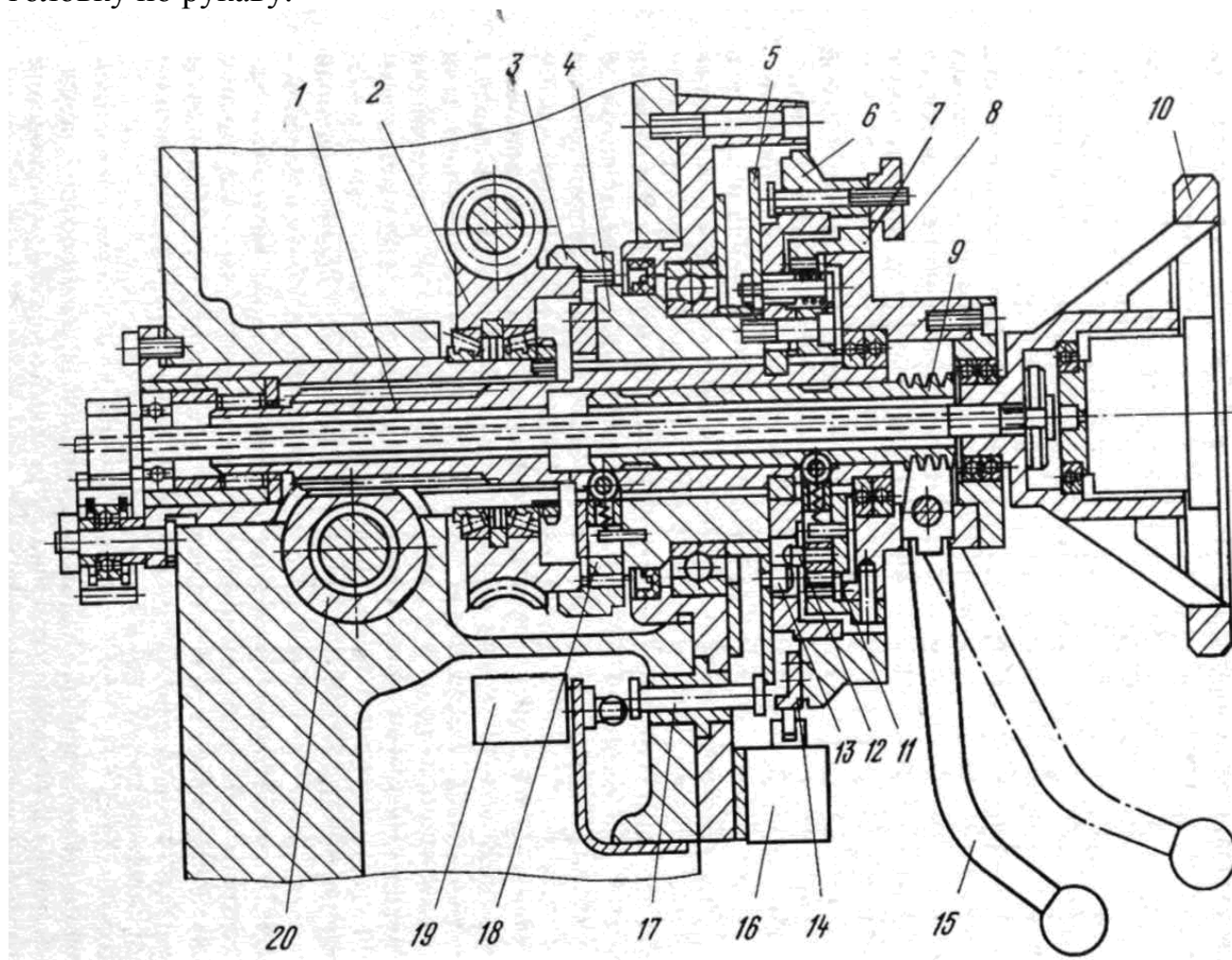


Рисунок 7.14. Конструкция штурвального устройства.

Колонна (рисунок 7.15) состоит из двух частей: неподвижной внутренней колонны 1, закрепленной на фундаментной плите, и поворотной наружной колонны 2. Наружная колонна закрепляется в нужном положении омутом 6, охватывающим конусные поверхности фланцев обеих колонн. Зажим и разжим хомута производятся болтами 5, надетыми на валик 4 с эксцентриковыми шайбами; поворот валика (механически или при помощи специального гидроустройства) вызывает перемещение болтов 5 в нужном направлении. При освобожденной наружной колонне, под действием тарельчатых пружин 3 происходит разгрузка стыка Б от силы веса поворачиваемых узлов, что значительно облегчает поворот колонны.

Коробка подач получает вращение от вала VI (рис. 7.13) и связана со шпинделем жесткой кинематической цепью, конечным звеном которой является реечная передача, осуществляющая осевое перемещение шпинделя, конструкция которого показана на рис. 7.16. Осевая сила резания, действующая на шпиндель при обработке, замыкается через опоры шпиндельного узла, реечную пару и кинема-

тическую цепь привода подач на корпус коробки подач, который крепится к передней плоскости корпуса шпиндельной головки.

Для закрепления заготовок и обеспечения правильного положения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия при обработке пользуются специальными приспособлениями - кондукторами, имеющими кондукторную плиту со сменными (под диаметр инструмента) кондукторными втулками. Кондукторы могут выполняться накладными, когда кондукторная плита накладывается на заготовку и свободно лежит на ней или закрепляется, а также скользящими, опрокидываемыми или поворотными.

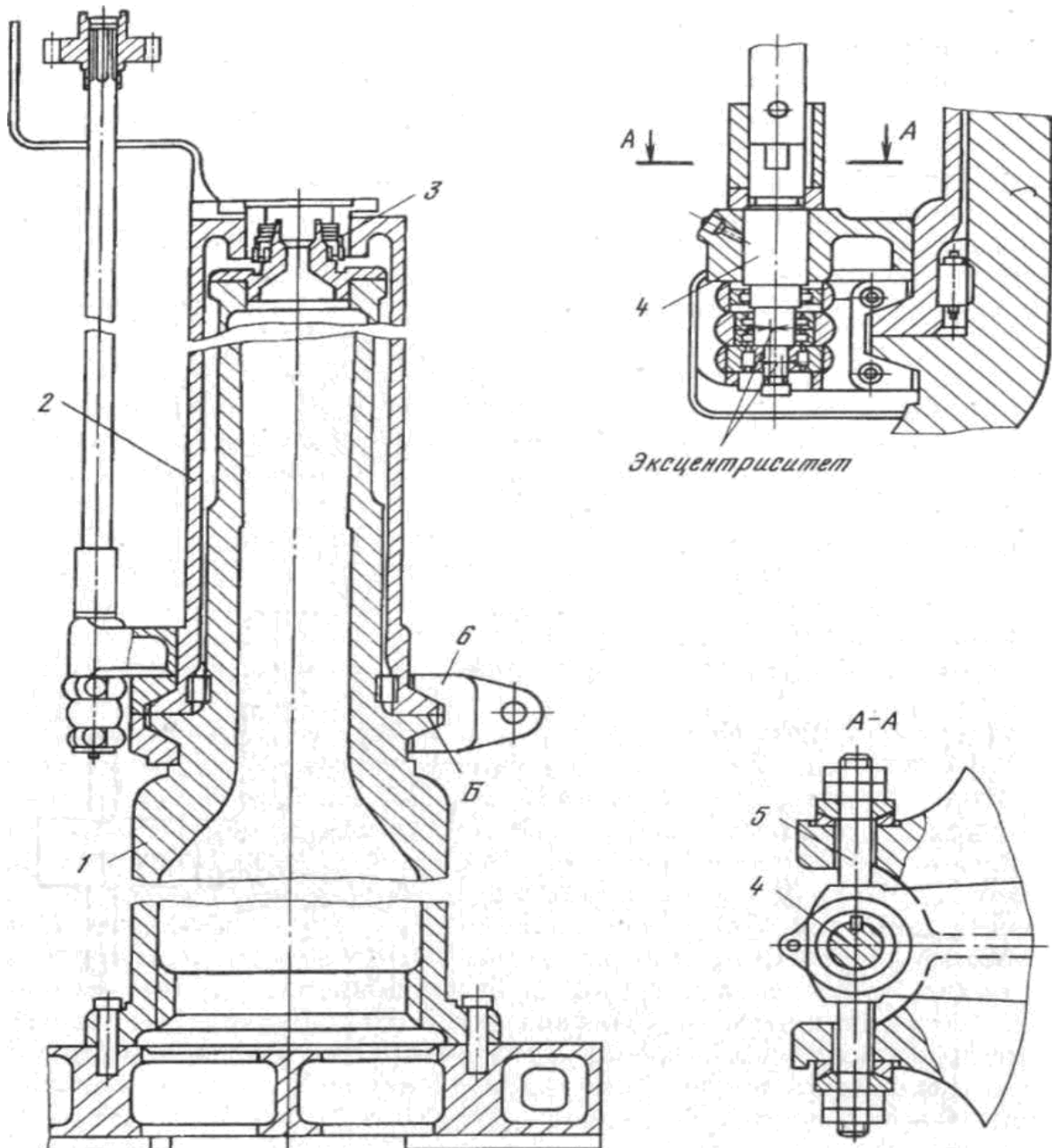


Рисунок 7.15. Схема колонны.

Для закрепления сверл, разверток, зенкеров и других режущих инструментов в шпинделе сверлильного станка применяют следующие вспомогательные инстру-

менты: переходные конические втулки с конусом Морзе семи номеров от 0 до 6 по ГОСТ 8522-70. Они используются для закрепления режущего инструмента с коническим хвостовиком, когда номер конуса хвостовика инструмента не соответствует номеру конуса в шпинделе станка; сверлильные патроны используют для закрепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром до 20 мм. На рис. 7.17 изображен трехкулачковый сверлильный патрон, в котором инструменты закрепляют ключом. Внутри корпуса патрона расположены наклонно три кулачка 1, имеющие резьбу, связывающую их с гайкой 2. Обойма 3 вращается специальным ключом 4, вставленным в отверстие корпуса патрона. При вращении обоймы по часовой стрелке вращается также гайка. Зажимные кулачки, опускаясь вниз, постепенно сходятся и зажимают цилиндрический хвостовик инструмента. При вращении обоймы в обратном направлении кулачки, поднимаясь вверх, расходятся и освобождают зажатый инструмент. Для зажима сверл малого диаметра с цилиндрическими хвостовиками часто пользуются цанговыми патронами.

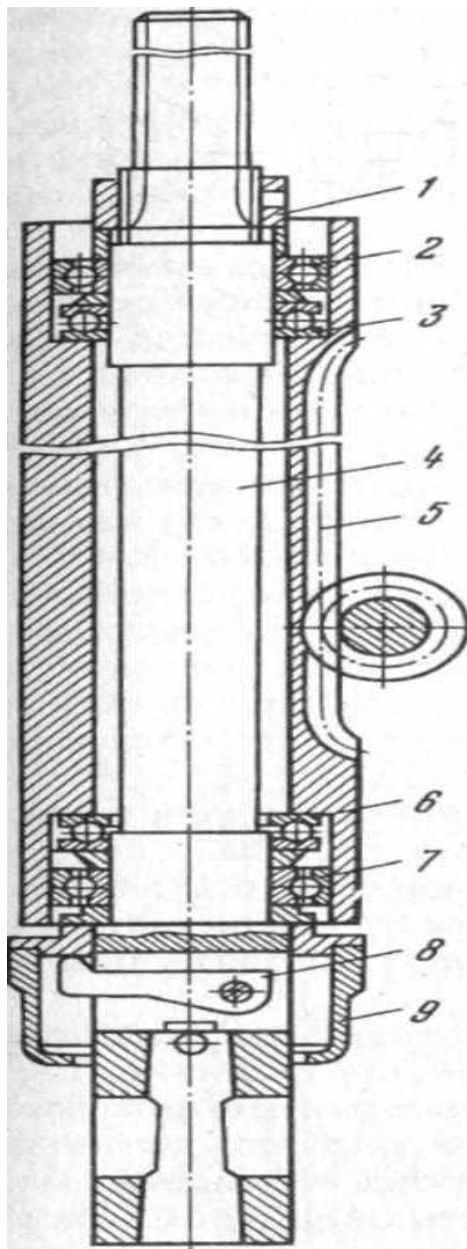


Рисунок 7.16. Шпиндельный узел сверлильного станка: 1 – гайка, 2, 7 – радиальные шарикоподшипники. 3, 6 – упорные шарикоподшипники. 4 – шпиндель. 5 – гильза. 8 – рычаг для выталкивания инструмента из шпинделя, 9 – упорный стакан для поворота рычага.

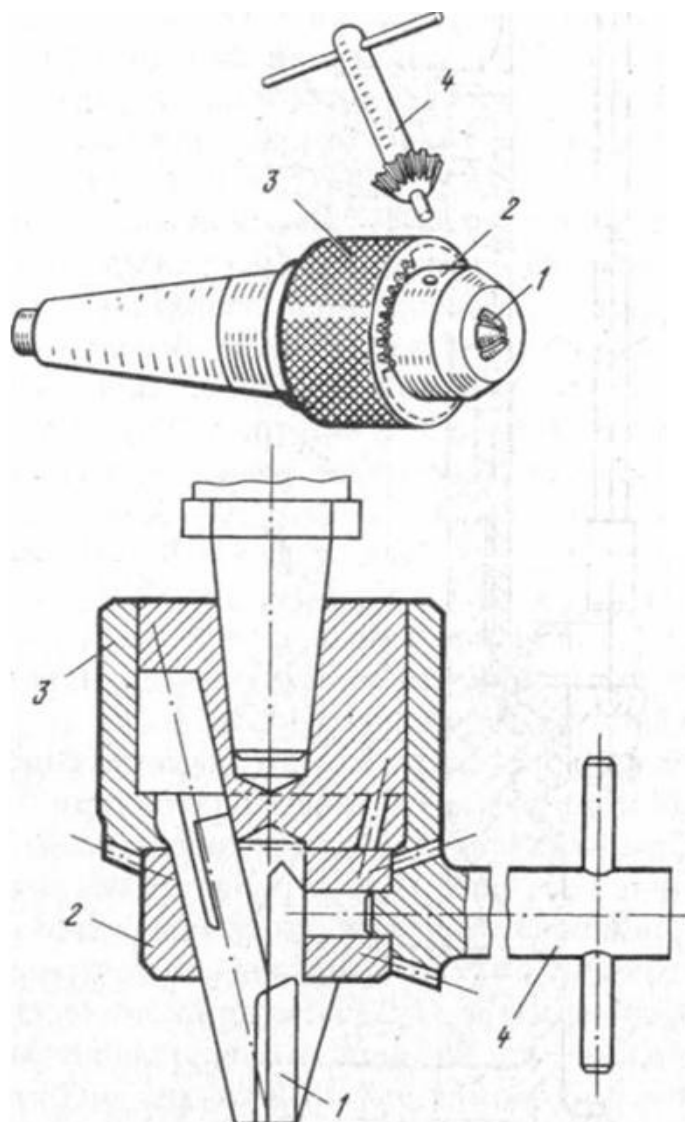


Рисунок 7.17. Трехкулачковый сверлильный патрон.

Самоустанавливающиеся сверлильные патроны (рис. 7.18) применяют в тех случаях, когда требуется обрабатывать предварительно просверленные отверстия. Патроны позволяют центрировать режущий инструмент по оси обрабатываемого отверстия.

Корпус патрона 1, имеющий конический хвостовик для крепления в шпинделе станка, передает вращательное движение оправке 6 через поводок 3, помещенный в глухие шестигранные отверстия. Между торцовыми поверхностями корпуса патрона и оправки установлен упорный подшипник 4. Оправка и корпус патрона соединены между собой муфтой 7, накрученной на резьбовую часть оправки. Стопорное кольцо 5 предохраняет муфту от проворачивания на оправке патро-

на. Внутри оправки расположена пружина 2, которая, упираясь одним концом в нижний поясок корпуса патрона, а другим в дно муфты, прижимает оправку к нижней торцовой части корпуса патрона. Такое устройство позволяет оправке патрона в процессе работы самоустанавливаться в предварительно обработанном отверстии относительно оси вращения корпуса патрона за счет зазора между кольцами упорного подшипника и торцами деталей 1 и 6, который выбирается при работе, обеспечивая самоустановку.

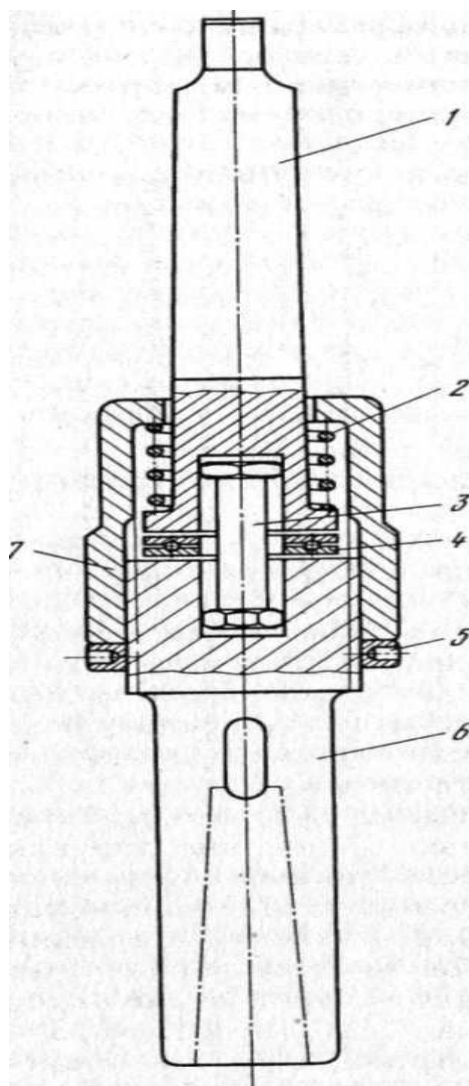


Рисунок 7.18. Самоустанавливающийся сверлильный патрон.

Предохранительные патроны (рис. 6.19) служат для крепления метчиков при нарезании резьбы. Их применения улучшает качество нарезаемой резьбы и предохраняет метчик от поломок. Ведущая кулачковая полумуфта 5 пружиной 6 прижимается к ведомой полумуфте 4, свободно сидящей на оправке 7. При этом полумуфта 4 за счет соединения выступов 3 с аналогичными выступами полумуфты 5 приводится во вращение. По окончании нарезания резьбы полумуфта 4 вместе с метчиком прекращают вращение за счет резко возросшего момента сопротивления, появляющегося на метчике, поскольку происходит утыкание метчика в дно просверленного отверстия и его осевое перемещение и вращение пре-

кращается. При этом ведущая приводом подачи станка полумуфта 5, продолжая вращаться, под действием осевой силы сопротивления со стороны полумуфты 4, преодолевая силу пружины, выходит из зацепления с выступами полумуфты 4 и начинает проскальзывать (щелкать). Из нарезанного отверстия метчик вывертывают обратным вращением шпинделя станка. Кольцо 1 служит для закрепления метчика в патроне, а гайка 8 - для регулирования величины передаваемого момента за счет сжатия или разжатия пружины 6.

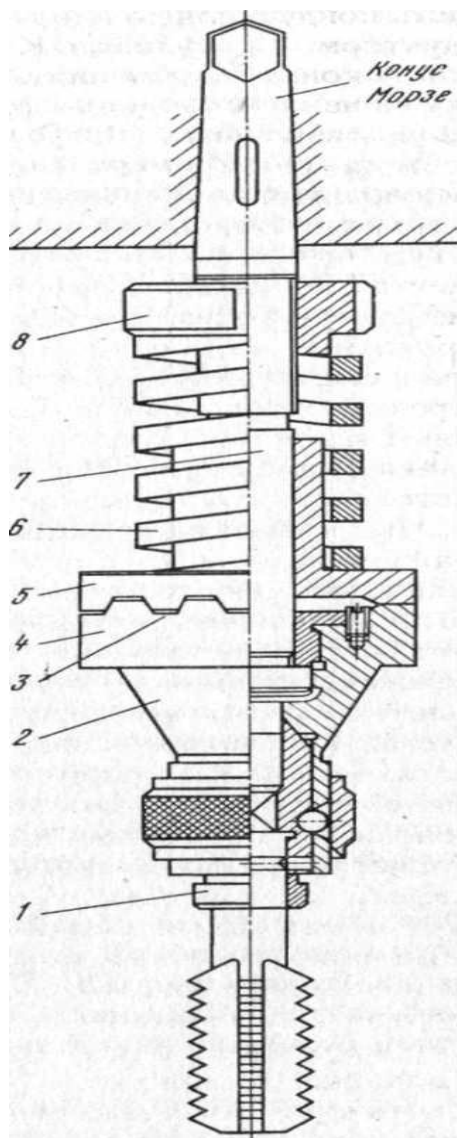


Рисунок 7.19. Предохранительный патрон.

ГЛАВА 8 РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Расточные станки предназначены для обработки корпусных деталей. На них можно производить растачивание, сверление, фрезерование, зенкерование, нарезание резьб и т.п.

Расточные станки подразделяются на следующие типы:

- а) горизонтально-расточные станки;
- б) координатно-расточные станки;
- в) алмазно-расточные (отделочно-расточные) станки.

8.1. ГОРИЗОНТАЛЬНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Отличительной особенностью станков является наличие горизонтального шпинделя, совершающего движение осевой подачи. Диаметр выдвижного шпинделя, определяющий основной размер станка, лежит в пределах: $D = 80 \dots 320$ мм. Станки являются широкоуниверсальными и позволяют производить различные виды работ: растачивание, фрезерование (в том числе отверстий), сверление, подрезание торцов, нарезание резьб метчиком и резцом, зенкерование и т.п. (рисунок 8.1). Точность формы расточенных отверстий зависит от их размеров и колеблется в пределах $2 \dots 15$ мкм. Отклонение от круглости отверстий, полученных фрезерованием с использованием системы ЧПУ составляет около 30 мкм.

При использовании дополнительных сменных узлов (фрезерных головок, планшайб и др.) можно проводить фрезерование взаимно перпендикулярных плоскостей (рисунок 8.1, г. II), растачивать канавки при I радиальном перемещении ползушки планшайбы, устанавливаемой на шпинделе, обрабатывать наружные цилиндрические поверхности (рисунок 8.1, г. III) и т.п.

Современные станки имеют индивидуальные приводы подач от высокомоментных двигателей для каждой оси. Величина рабочих подач достигает 12000 мм/мин, а ускоренных - 15000 мм/мин. Применяют контурное управление с числом осей от 3 до 8. Точность линейного позиционирования узлов составляет около $15 \dots 30$ мкм на длине 1 м. Зона нечувствительности - около 5 мкм, а повторяемость - около ± 10 мкм. Дальнейшее повышение точности часто ограничивается температурными явлениями. Точность позиционирования поворотного стола около 5".

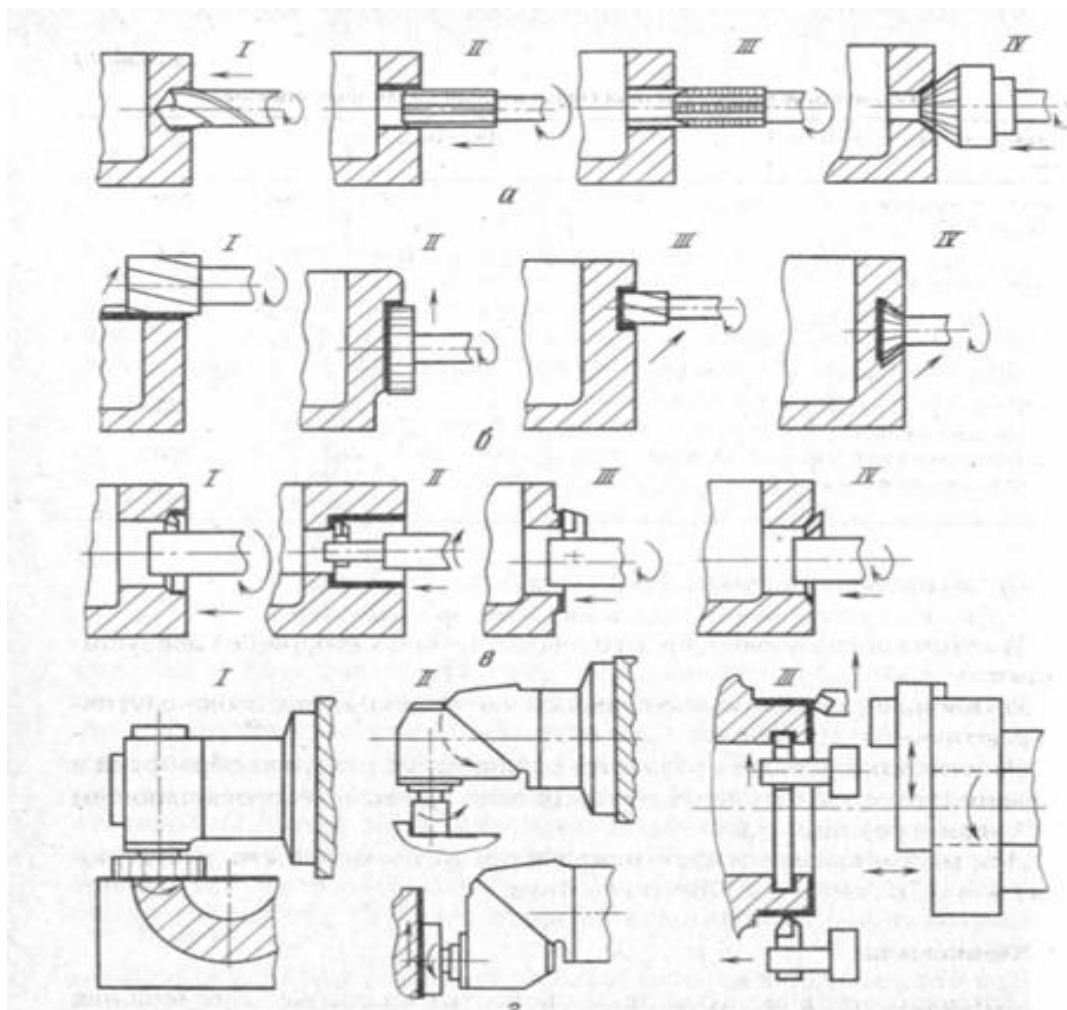


Рисунок 8.1. Схемы обработки различных поверхностей на горизонтально-расточном станке: сверление, развертывание, нарезание резьбы метчиком (схемы а I, II, III, IV), фрезерование (схема б, I) цилиндрической, торцевой (схема б, II), концевой (схема б, III), угловой (схема б, IV) фрезами, растачивание: сквозных отверстий (схема в, I), с подрезкой торца (схема в, II), подрезка торца (схема в, III), получение конической поверхности (схема в, IV); обработка различных поверхностей с использованием дополнительных приспособлений: горизонтальных плоскостей с помощью угловой фрезерной головки (схема г, I); взаимно перпендикулярных плоскостей с помощью поворотной на 90° фрезерной головки (схема г, II); наружной поверхности, торца и кольцевой канавки с помощью планшайбы с радиально перемещаемой ползушкой (схема г, III).

Отдельные параметры технической характеристики станков (в соответствии с ГОСТ 7058-84) приведены на рисунке 8.2.

Преимущества станков:

- 1) удобные установка, закрепление и обзор заготовки;
- 2) возможность обработки заготовок с четырех сторон без переустановки;

3) упрощена автоматизированная смена инструмента и стола-спутника с деталью и заготовкой.

Недостатком станков является ограничение режимов обработки в зависимости от вылета шпинделя (особенно при вылете, превышающем 4 - 5 диаметров шпинделя).

Наименование параметров	Величина, в мм					
	80	90	110	125	160	200
Диаметр выдвижного шпинделя						
Ширина рабочей поверхности стола	1000		1250	1600	2000	2500
Длина рабочей поверхности стола	1120		1400	1800	2240	2800
Конус 7:24 шпинделя	40,50		50,55		60	
Наибольшее продольное перемещение шпинделя	630		710	1000		1250
Вертикальное перемещение шпиндельной бабки	1000(710)		1250 (1000)	1600 (1400)		2500

Рисунок 8.2. Технические характеристики горизонтально-расточных станков.

Компоновка.

Основное различие станков заключается в способе перемещения инструмента вдоль оси Z. На рис. 8.3, а, д показаны схемы станков, у которых перемещение инструмента вдоль оси происходит за счет перемещения главного шпинделя 1. Дополнительное осевое перемещение (ИО) осуществляется стойкой 3 (рис. 8.3, а) или столом 2 (рис. 8.3, б и в). Компоновки позволяют обрабатывать заготовки при постоянном вылете шпинделя. Станок с крестообразным столом (рис. 8.3, в) характеризуется повышенной деформацией салазок 2 при перемещении стола 3 в крайнее положение (по оси X). Имеются известные трудности пристройке станка в ГПС, поскольку стол имеет два движения, что усложняет управление механизмом смены спутников. Этих недостатков лишены компоновки по рис. 8.3, а и б, в которых исполнительные движения распределены между столом 2 и стойкой 3. На рис. 8.3, г показана компоновка, в которой предусмотрено дополнительное осевое перемещение (ИО) инструмента вместе со стойкой 2 на салазках 3. Применяется при диаметре шпинделя 1 до 320 мм. Недостаток - неболь-

шой ход стойки вдоль оси шпинделя (600-800 мм). Кроме того, крестовый ход стойки усложняет конструкцию станка. Обрабатываемая заготовка может устанавливаться как на неподвижной плите 4, так и на поворотном столе 5.

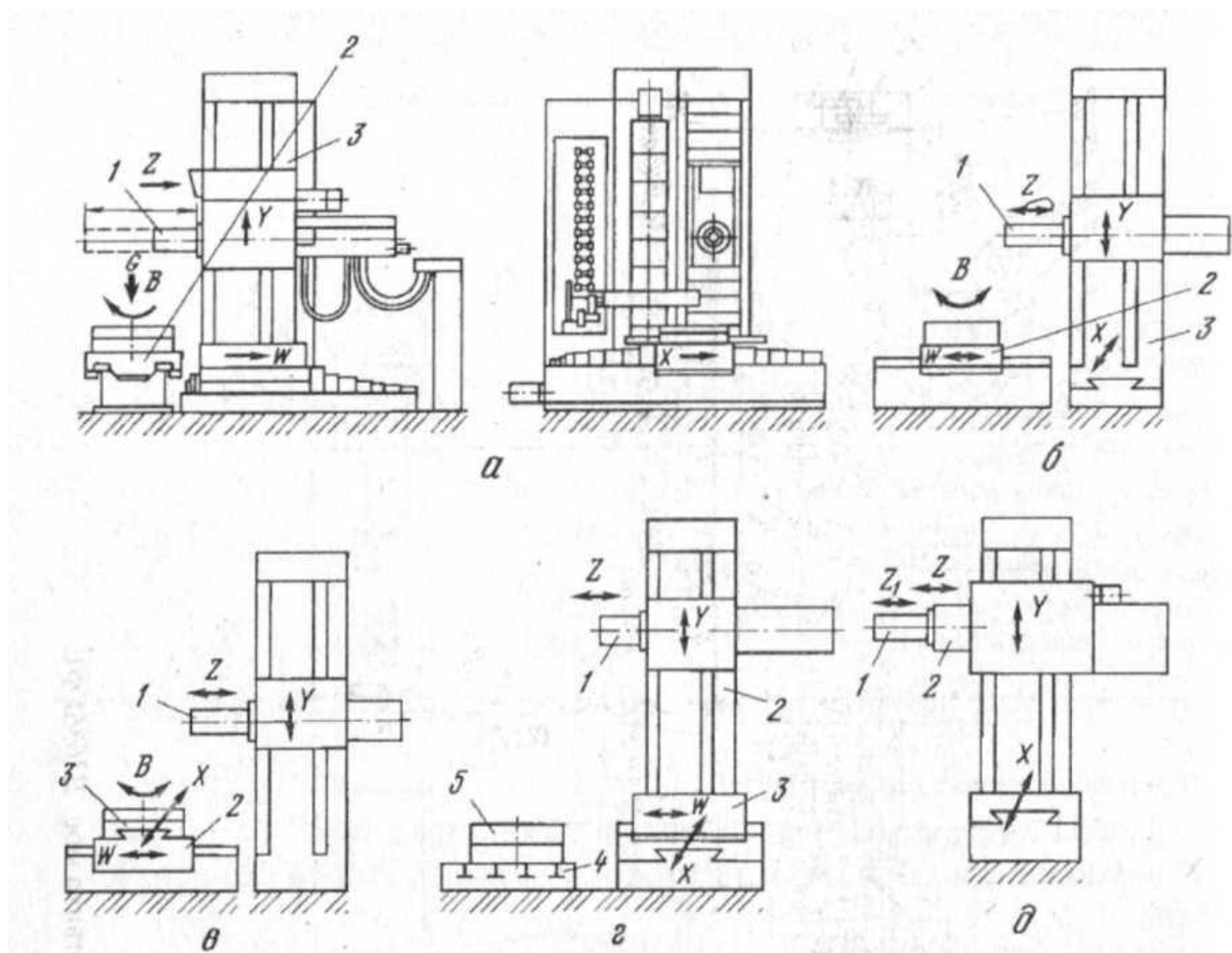


Рисунок 8.3. Компоновка горизонтально-расточных станков.

На рис. 8.3, д приведена компоновка с использованием выдвижного на ход до 2000 мм ползуна 2, в котором дополнительно может перемещаться шпиндель 1 на такую же величину. Станки позволяют обрабатывать детали при вылете до 4000 мм. Такая компоновка обеспечивает обработку во всем рабочем пространстве особо крупных заготовок.

Станки различаются также по расположению шпиндельной бабки: сбоку стойки (все крупные станки) или по центру портальной стойки (с диаметром шпинделя до 160 мм). Станки оснащаются механизмами автоматической смены инструмента, навесных узлов и деталей. Количество инструментов в магазине достигает 200 шт., а магазин чаще всего располагают на стойке станка либо рядом со станком. В отдельных случаях предусматривают автоматическую замену магазина. Съемные столы-спутники размером до 3000 x 4000 мм наиболее часто применяют в компоновках на рис. 8.3, а и б. Число спутников обычно не превышает двух.

64

Конструкция наиболее характерных узлов.

Решающее влияние на точность, виброустойчивость и другие эксплуатационные характеристики оказывает конструкция шпиндельной бабки станков, и в первую очередь ее опор.

На рис. 8.5 приведены шпиндельные узлы компоновок по рис. 8.3, а, б, в. Двухрядные роликоподшипники 1 с цилиндрическими роликами в сочетании с коническими подшипниками 2 обеспечивают достаточно высокую быстроходность и жесткость полого шпинделя 3 (рис. 8.5, а).

Вытеканию масла из шпоночных пазов 4 и 6 выдвижного шпинделя 5 препятствуют подпружиненные уплотнения 7. Применение гидростатических опор обеспечивает, при наличии холодильного агрегата, хорошую температурную стабильность шпиндельного узла, так как тепло удаляется из опоры вместе с маслом. Наибольшее влияние гидростатические опоры шпинделя оказывают на динамические характеристики и точность. Виброустойчивость при растачивании на черновых и чистовых операциях повышается более чем в 2 раза и 1,3 раза соответственно (по сравнению с виброустойчивостью шпинделя на опорах качения). Погрешность траектории вращения шпинделя не превышает 1...2 мкм и сохраняется не менее 10 лет.

В схеме 8.5, б опоры 1,2 и 4 полого шпинделя 3 выполнены гидростатическими, причем осевые подшипники 4 установлены в задней опоре, что облегчает монтаж шпинделя. Осевые опоры выдвижного шпинделя установлены в каретке (на схеме не показана), связанной с приводом осевой подачи.

Гидростатические опоры позволили создать конструкцию горизонтально-расточного станка, в котором полный шпиндель исключен. В этом случае, как вращение, так и осевое перемещение шпинделя осуществляется в одних и тех же гидростатических опорах. Фрагмент такого шпиндельного узла показан на рис. 8.5, в.

От главного двигателя М1 вращение передается через двухступенчатую коробку скоростей 2 выдвижному шпинделю 7, установленному в радиальных гидростатических подшипниках 6 и 5. Кроме вращения шпиндель также перемещается в этих подшипниках от электродвигателя М2, вращающего шариковый винт 4.

Для исключения прогиба выдвижного шпинделя 7, последний связан жесткой муфтой с выходным валом коробки скоростей 2, которая перемещается в направляющих качения 1 (см. рисунок 8.5, в - сечение А-А) с помощью передачи 3-4 винт-гайка качения.

Столы станков

В большинстве случаев стол кроме перемещений обеспечивает круговое позиционирование поворотной части в пределах 360°. Точность позиционирования составляет от 5" до 15". Кинематические схемы приводов вращения столов, с выборкой зазора, приведены на рис. 8.6.

В схеме рис. 8.6,а это осуществляется при осевом перемещении червяка 1 гидроцилиндром 2, в результате которого происходит относительный поворот колес 3 и 4 и выборка зазоров в венце 5.

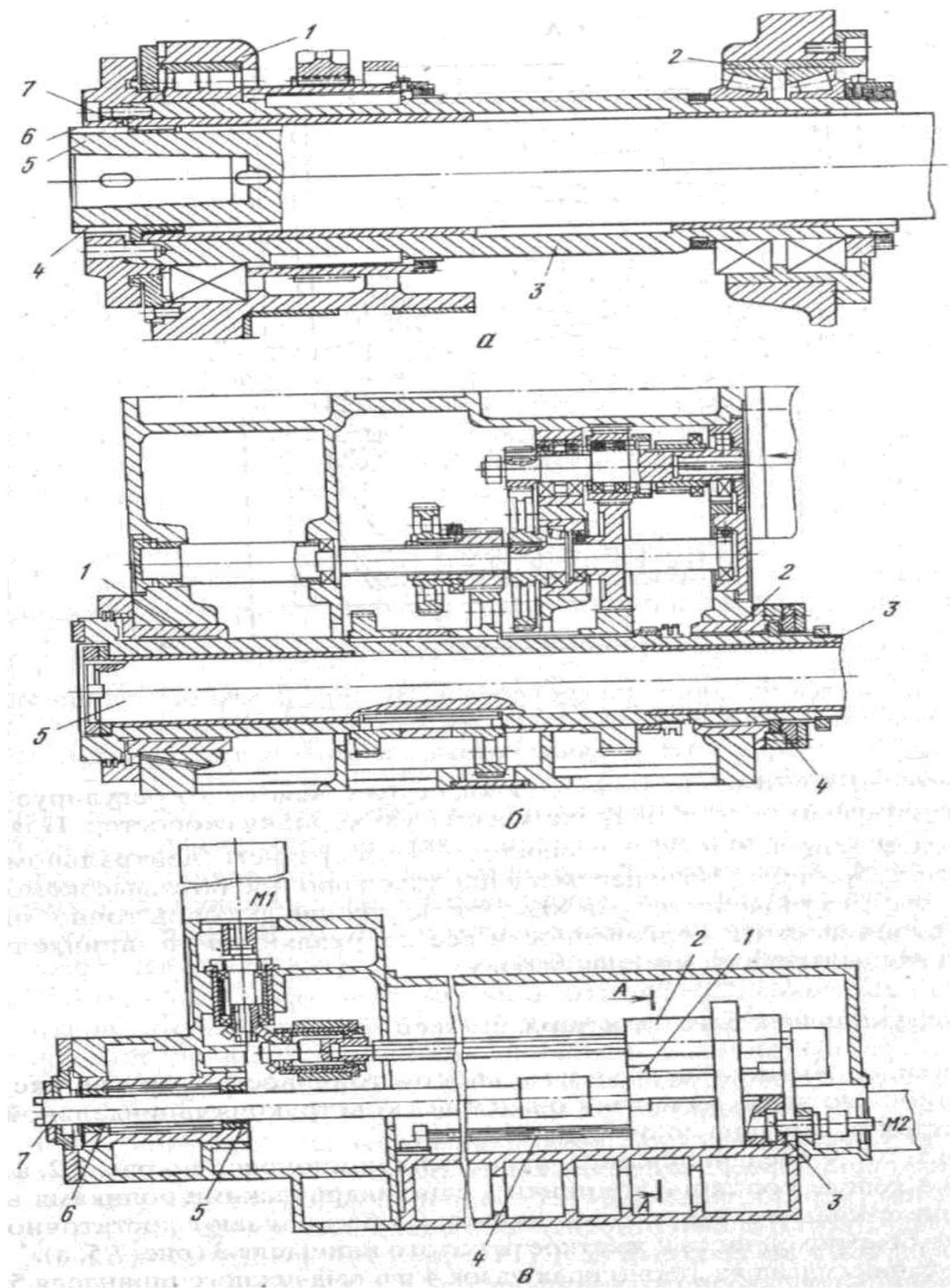


Рисунок 8.5. Схемы шпиндельных узлов: а – на опорах качения, б – с полым шпинделем на гидростатических опорах, в – на гидростатических опорах без полого шпинделя.

На рисунке 8.6, б зазор в зацеплении между червячным колесом 4 и соосно установленными червяками 1 и 2 выбирается гидроцилиндром 3, перемещающим в осевом направлении червяк 2. Колесо 4 выполняется корригированным, благодаря чему поля зацепления колес с червяками удаляются от средней линии колеса и удастся разместить червяки на одной оси. Для прямолинейного перемещения используют практически все типы направляющих: скольжения, комбинированные, гидростатические (рис. 8.7, а), качения (рис. 8.7, б) и аэростатические.

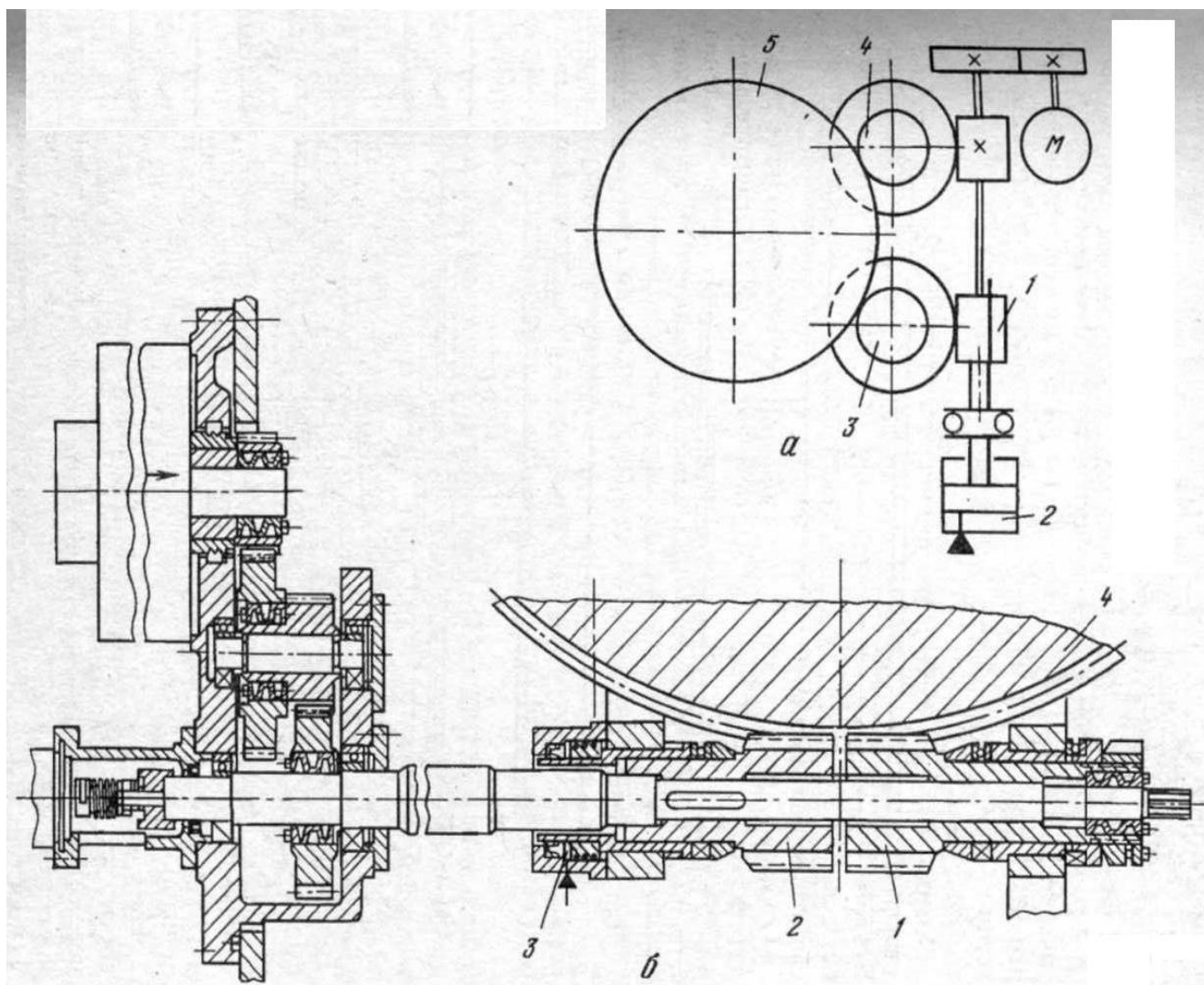


Рисунок 8.6. Схемы приводов поворотного стола с выборкой зазора: а – с зубчатым колесом на конечном звене, б – с червячной парой.

В конструкции на рисунке 8.7, а для повышения жесткости замкнутых гидростатических направляющих на планке 3 предусмотрен уступ 4, воспринимающий нагрузку, возникающую при подаче масла в карманы направляющих (по два кармана на каждой из них). Вращение стола 1 при круговом фрезеровании и при повороте на заданный угол осуществляется от беззазорной, червячной передачи 2, выполненной по схеме рис. 8.6, б. В конструкции на рис. 8.7, б поворотный стол 2 с установленным на нем спутником 3 выполнен на направляющих скольжения из антифрикционного материала.

Для прямолинейного перемещения используются опоры качения 4 и 5 как для базирования в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

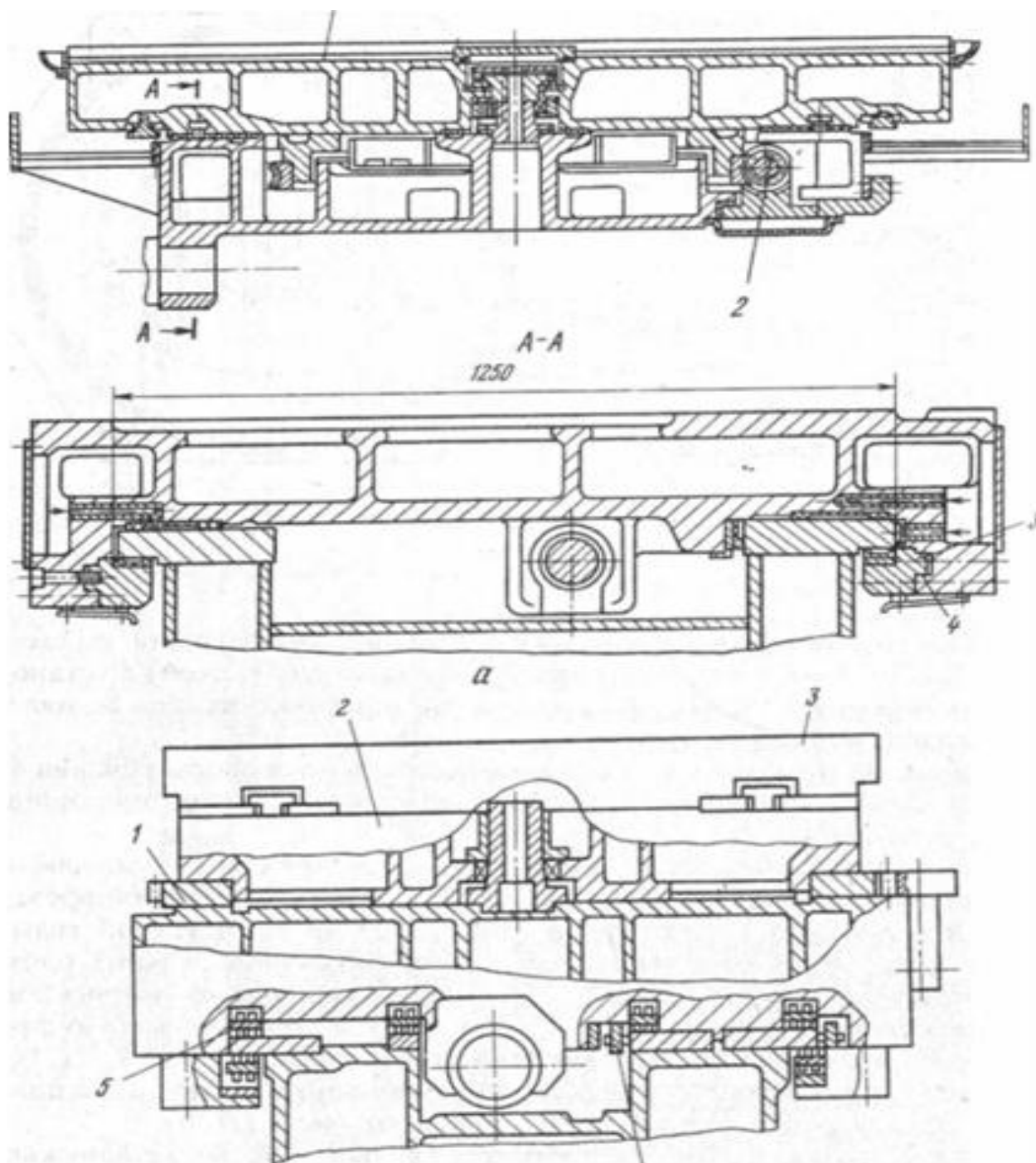


Рисунок 8.7. Конструкции столов горизонтально-расточных станков: а – с гидростатическими направляющими поворотного стола и прямолинейного перемещения, б – с направляющими качения для прямолинейного перемещения.

Для расширения технологических возможностей станки оснащаются различными сменными узлами: угловыми и универсальными фрезерными головками, планшайбами (рисунок 8.8) и другими устройствами. Фрезерные головки уста-

навливаются на торце шпиндельной бабки (центрируясь по отверстию 1) и передают вращение от выдвижного шпинделя на рабочий шпиндель головки. С их помощью можно фрезеровать поверхности, параллельные оси шпинделя (см. рисунок 8.1, г, I), а также взаимно перпендикулярные поверхности при использовании поворотной универсальной фрезерной головки (см. рисунок 8.1, г, II).

Для подрезки торцов, растачивания канавок, обработки наружной цилиндрической поверхности (см. рисунок 8.1, г, III) используют планшайбу с радиально перемещаемой ползушкой (рис. 8.8). Планшайба 6 закрепляется на торце поло- го шпинделя 7 шпиндельной бабки и вращается вместе с ним. Ползушка 4 полу- чает перемещение в радиальном на-• правлении (перпендикулярно оси шпинделя) через реечные передачи 5 (показана одна из них). Перемещение втулки-рейки 3 осуществляется выдвижным шпинделем станка. Относительное положение шпинделя и ползушки регулируется клиновым механизмом 2. На ползушке 4 в Т-образных пазах 1 закрепляют резцедержатель.

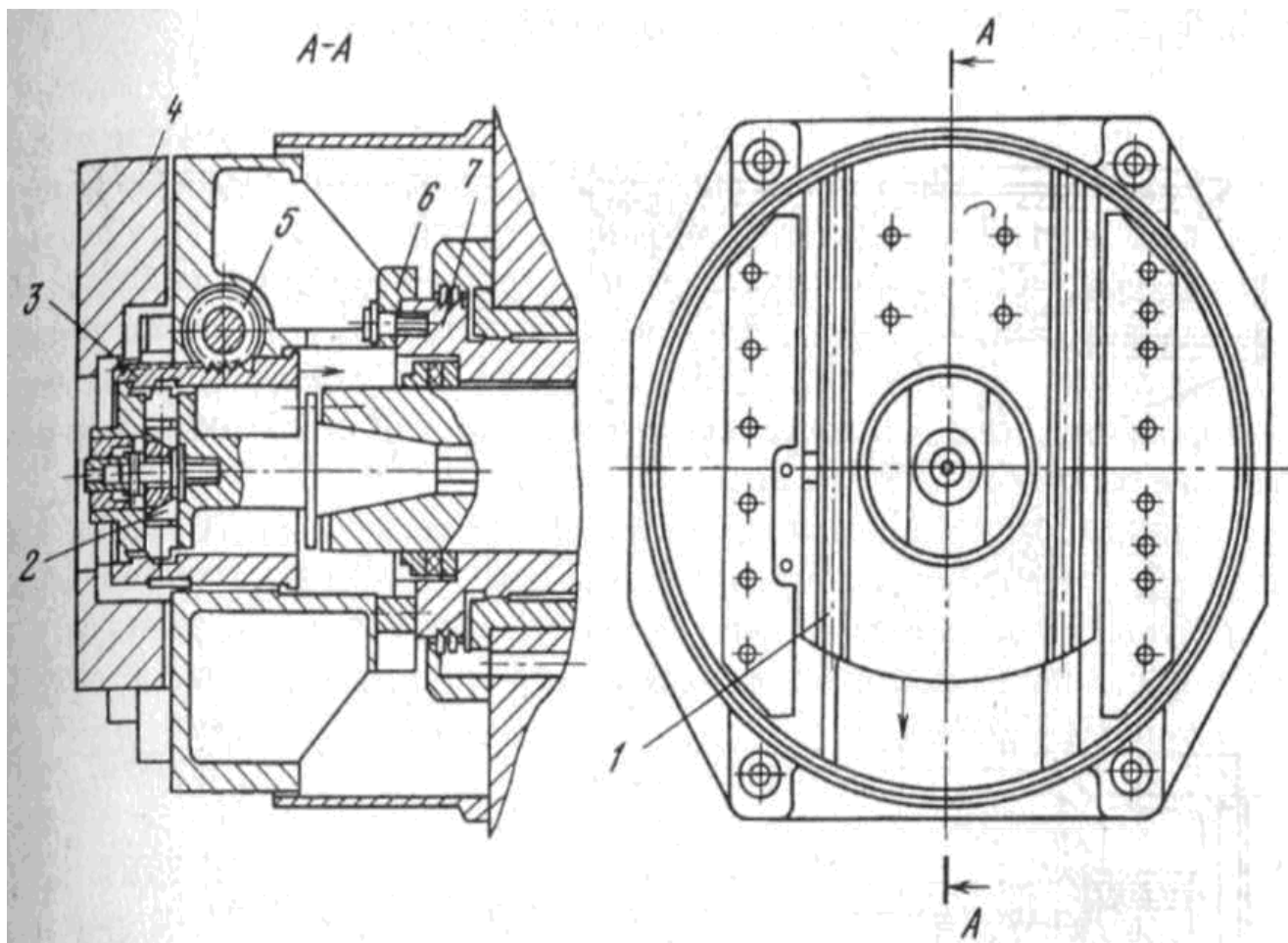


Рисунок 8.8. Планшайба с ползушкой, перемещаемой в радиальном направлении.

8.2. КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ.

Координатно-расточные станки используются в основном при обработке деталей, к поверхностям которых предъявляются высокие требования по точности. На станках можно сверлить и растачивать отверстия (в том числе осуществлять тонкое растачивание), зенкеровать, производить числовое фрезерование плоскостей и фрезеровать канавки, нарезать резьбу метчиком (см. рисунок 8.1 а...в). С помощью наклонно-поворотного стола возможна обработка отверстий, расположенных под углом к базовым поверхностям.

Станки можно использовать и в качестве измерительных машин для контроля линейных размеров по трем осям, угловых размеров межцентровых расстояний. Можно осуществлять точную маркировку в виде кернения, а также производить деление и разметку на металлических поверхностях.

Среднее значение погрешностей на станках составляет:

- отклонение от круглости обрабатываемого отверстия 2...3 мкм;
- постоянство диаметра в продольном сечении (на длине 50 мм) -2...5 мкм;
- погрешность межосевых расстояний отверстий - 4...5 мкм;
- точность линейных координатных перемещений - 2...3 мкм;
- точность отсчета - 1 мкм;
- угловая погрешность - 1 с.

В связи со спецификой обработки, связанной с малыми припусками (десятые и сотые доли миллиметра), с необходимостью точной выставки и малой подачи инструмента станки оснащаются различными приспособлениями для облегчения работы (рисунок 8.9).

Расточные головки (рисунок 8.9. а) обеспечивают точную подачу резца при повороте винта 1 и отсчете по лимбу 2 с ценой деления 0,01 - 0,02 мм. Фиксация резца в корпусе 3 осуществляется винтом 4.

Рискообразователь (рисунок 8.9, б) предназначен для разметки деталей и нанесения окружностей на них. Он состоит из хвостовика 1, входящего в шпиндель станка, корпуса 2, линейки 4, перемещающегося по ней движка 3 с наконечником 5. Положение движка на линейке фиксируется винтом 6. Радиус окружности устанавливается по линейке 4. При нанесении точных окружностей радиус устанавливают при помощи концевых мер, помещаемых между корпусом 2 и движком 3.

На рисунке 8.10 представлен эскиз рычажного центроискателя, предназначенного для определения положения оси растачиваемого отверстия и совмещения оси шпинделя с этой осью.

Компоновки станков.

Координатно-расточные станки производятся одностоечными с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя, а также двухстоечные с вертикальной осью шпинделя (рисунок 8.11).

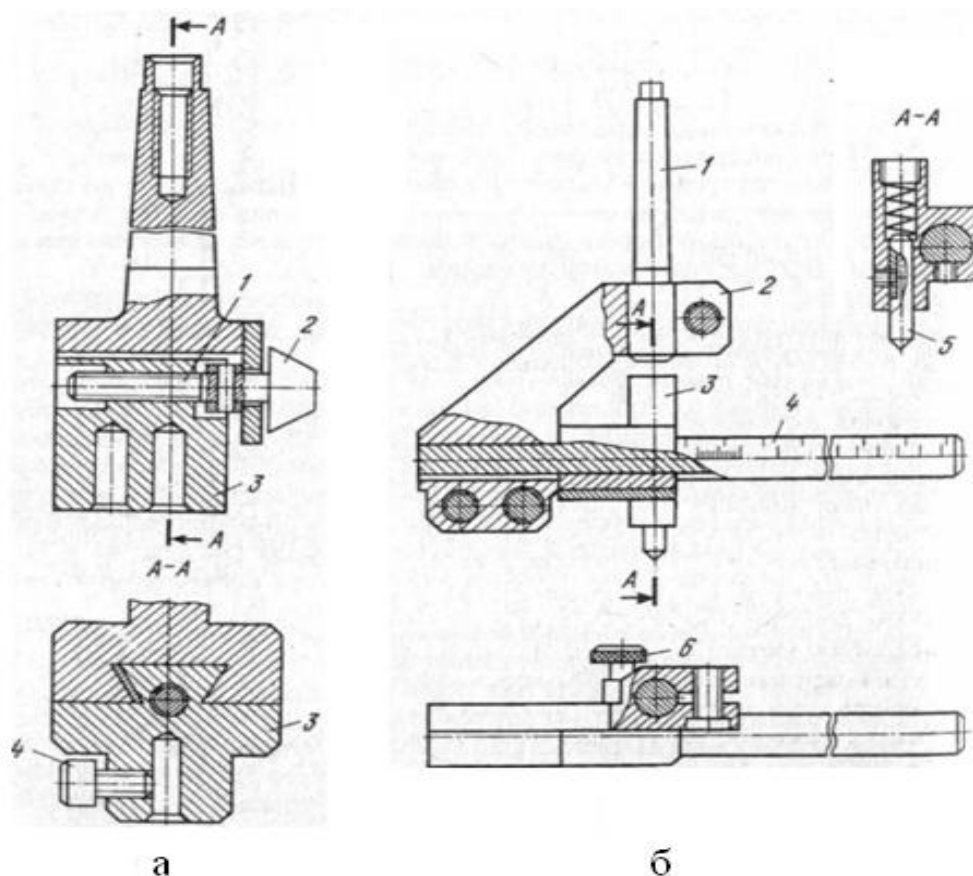


Рисунок 8.9. Приспособления координатно-расточных станков: а - расточные головки, б – рискообразователи.

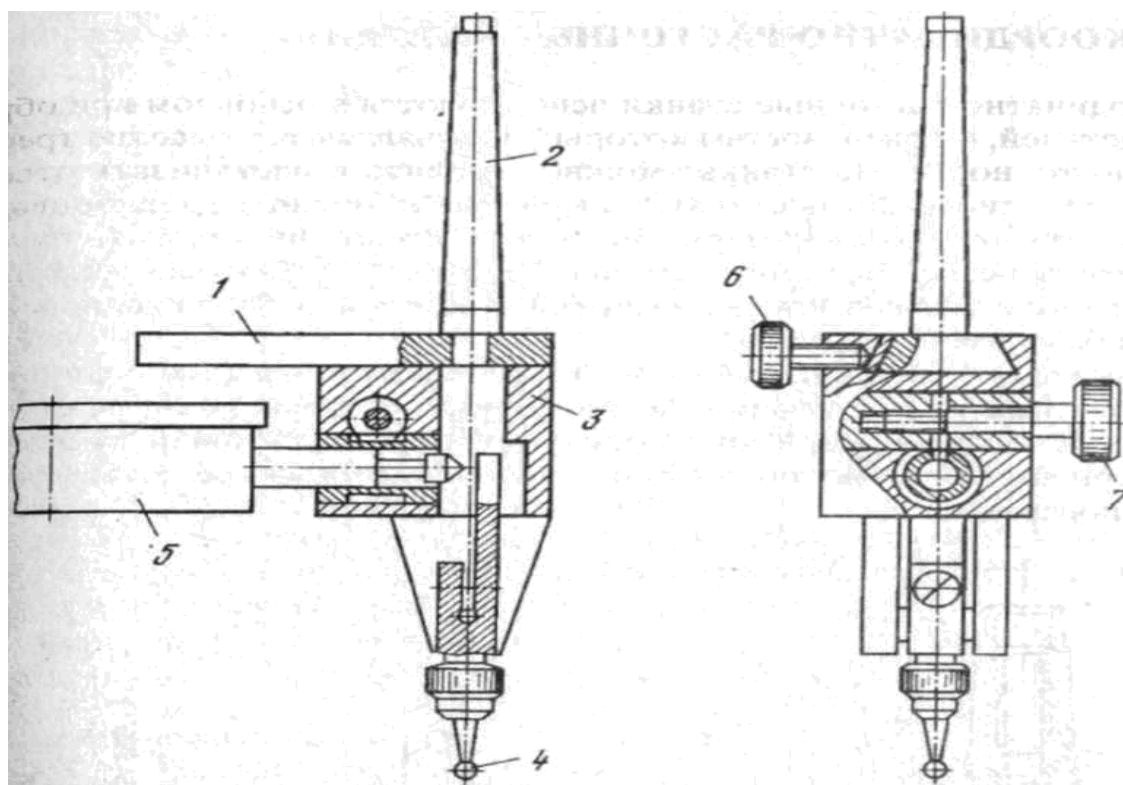


Рисунок 8.10. Центроискатель рычажный: 1 – направляющая, 2 – хвостовик, 3 – корпус, 4 – щуп, 5 – часовой индикатор, 6, 7 – винты фиксации соответственно корпуса и часового индикатора.

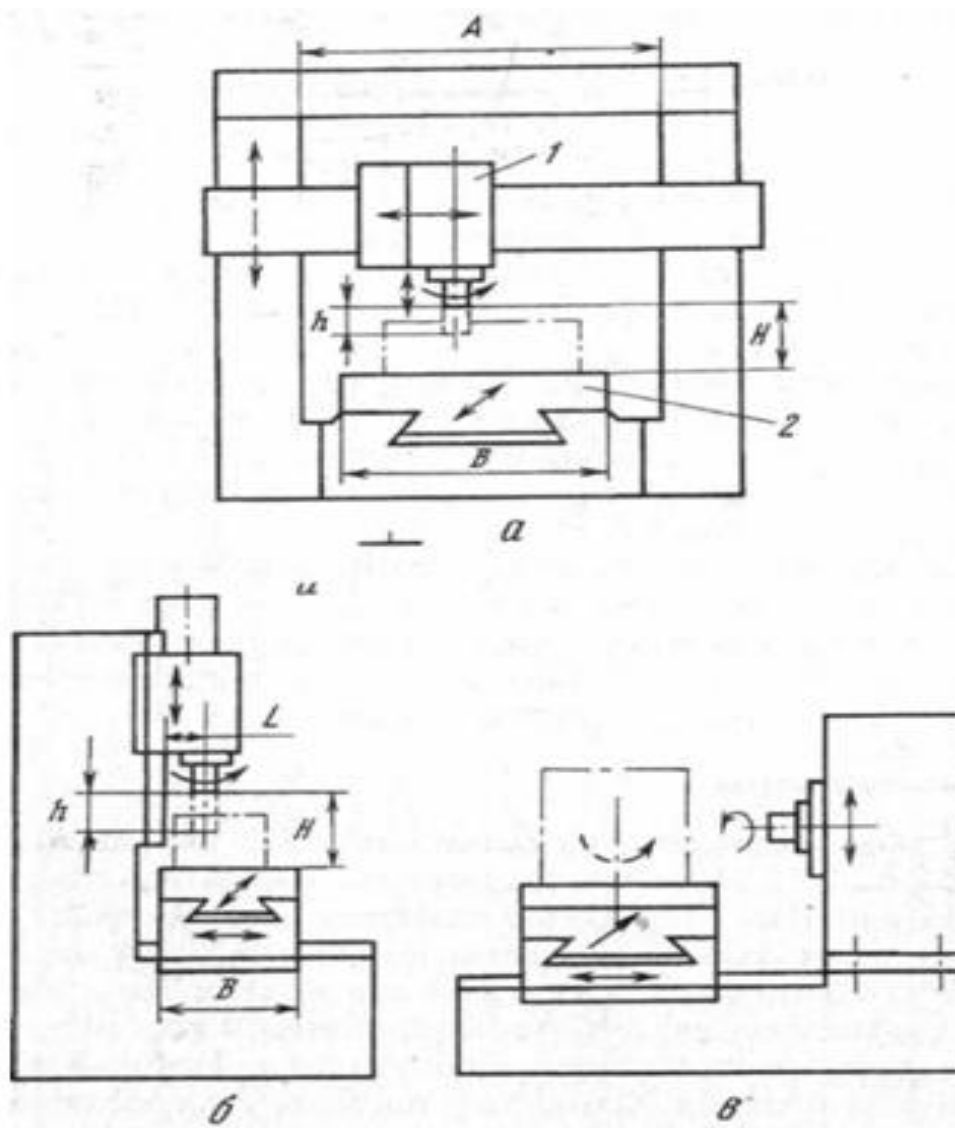


Рисунок 8.11. Компоновки координатно-расточных станков: а - двухстоечные, б, в – одностоечные; 1 – шпиндельная головка, 2 – стол.

На рисунке 8.12 приведена кинематическая схема вертикального станка с размером стола 250 x 360 мм.

Привод главного движения осуществляется от двигателя постоянного тока М1 и далее через клиновой ремень на шпиндель, обеспечивая диапазон частот вращения от 150 до 3000 1/мин. Ручная подача шпинделя производится маховичком 6 через колесо $Z = 24$, сцепленное с рейкой гильзы 7 шпинделя. При механической подаче вращение берется от главного привода М1 и передается через шкив диаметром 100 мм, червячную передачу 1/62, червячную передачу 1/51 при включенной муфте 9, соединяющей червячное колесо $Z = 51$ с валом 8. Установочное перемещение шпиндельной головки вверх-вниз осуществляется от электродвигателя М2.

Шпиндельная головка зажимается рычагом 10 через винтовые зубчатые передачи $Z = 23$; винты на тягах с сухарями, входящими в Т-образные пазы стойки. Ручное перемещение продольных салазок 5 (грубое и точное) осуществляется с

помощью маховичков. Ручное перемещение поперечных салазок 3 производится маховичками 4 и 1. Салазки зажимаются рычагом 2.

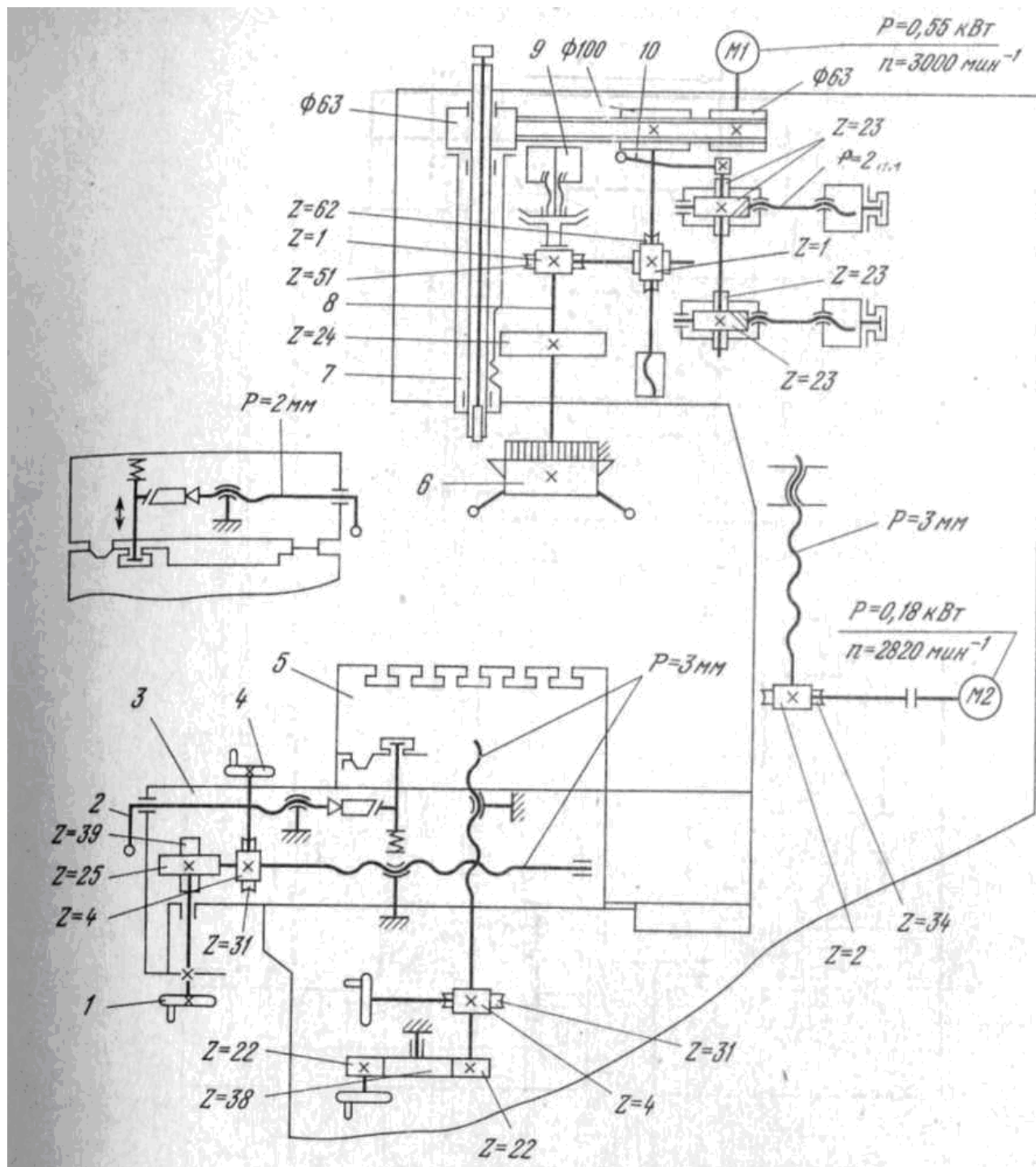


Рисунок 8.12. Кинематическая схема станка со столом 250 X 360 мм.

Конструкции отдельных узлов.

Шпиндельная головка (рис. 8.13) определяет форму растачиваемого отверстия и должна обеспечивать высокую точность вращения при минимальном выделении тепла и отсутствии вибраций. В ней расположен главный привод, вклю-

чающий двигатель 8 постоянного тока, передающий вращение через клиноременную передачу на шпиндель; механизм автоматической подачи шпинделя (от двигателя 8); устройство отсчета перемещения гильзы шпинделя; (2, 3, 4) механизмы зажима 9 шпиндельной головки на стойке станка после ее перемещения по V-образным направляющим 11 и 12. Крутящий момент от разгруженного шкива 6 на шпиндель (см. также рисунок 8.14) передается двумя шпонками 5 (у станков больших размеров шлицевый вал главного привода входит в соответствующее отверстие шпинделя).

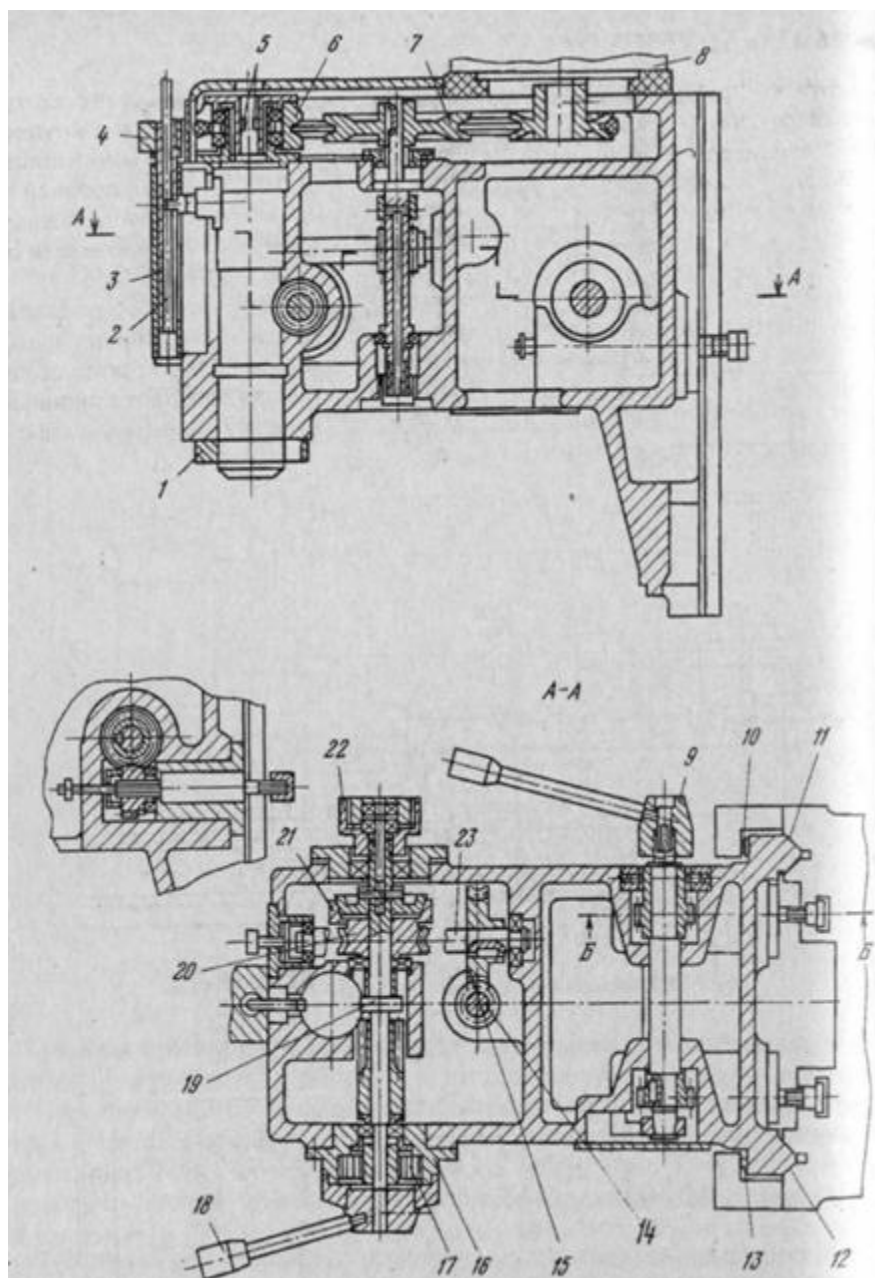


Рисунок 8.13. Шпиндельная головка.

Автоматическая подача шпинделя осуществляется от промежуточного шкива 7, передающего вращение от главного привода, через две червячные передачи 14—15 и 23-20 на зубчатое колесо 19, связанное с рейкой 1 (рис. 8.14) гильзы

шпинделя. Включение подачи происходит фрикционной муфтой 21 при вращении маховичка 22. Ручная подача производится рычагом 18. Для уравнивания шпинделя и возврата его в верхнее положение в барабане 16 установлена спиральная пружина 17. Устройство отсчета перемещений выполнено в виде штока 2, соединенного с гильзой шпинделя, а также регулирующего штока 3 с упором 4. Шпиндельная головка прижимается к направляющим стойки с постоянным усилием с помощью четырех подпружиненных упоров 10 и 13.

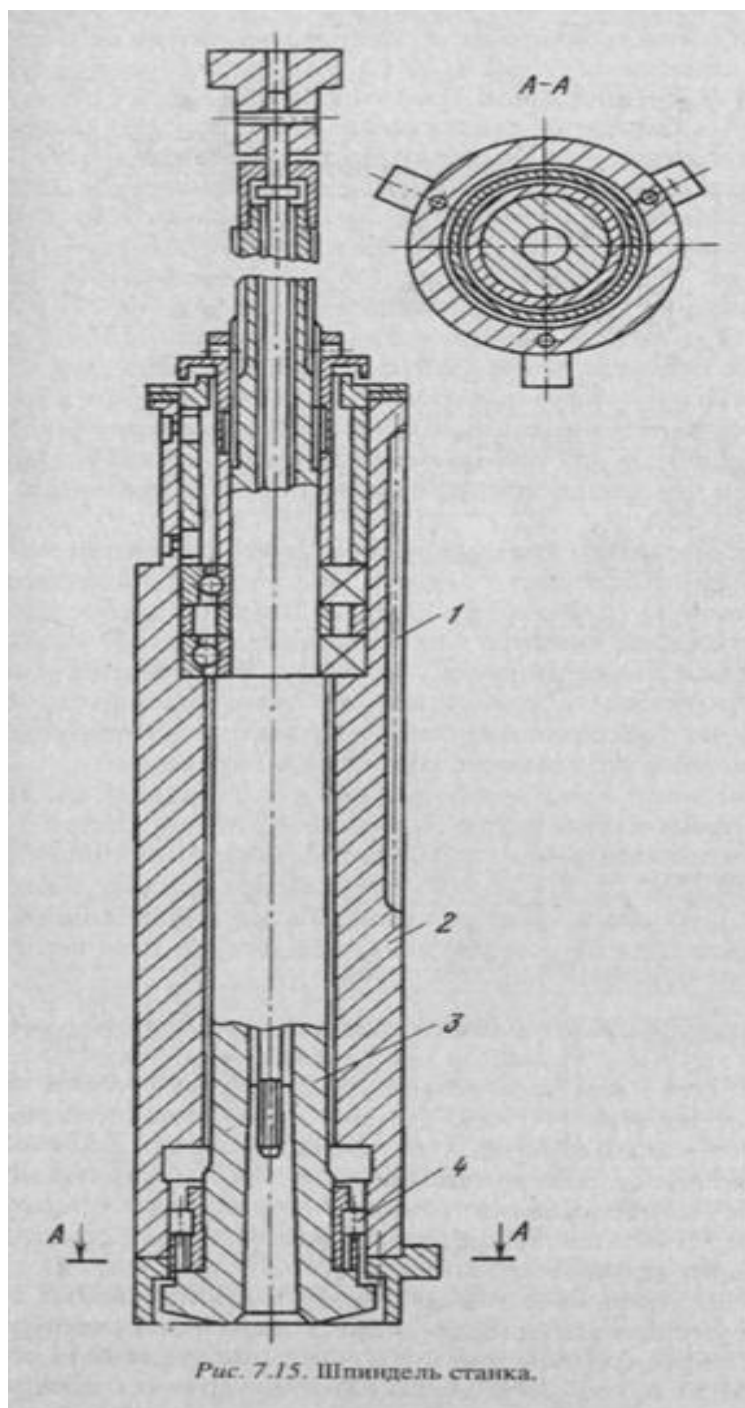


Рисунок 8.14. Шпиндель станка.

При фрезеровании шпиндель вручную фиксируется кольцом 1, закрепленным на корпусе головки. В качестве опор шпинделя (рис. 8.14) используют роликовые подшипники с небольшим натягом (2...4 мкм) в нижней опоре и с небольшим зазором (2 мкм) - в верхней. В однорядных подшипниках 4 натяг обеспечивается доводкой диаметров роликов в комплекте по замерам колец. Шпиндель 3 выполняют из высоколегированных (часто азотируемых) сталей, обеспечивающих стабильность размеров во времени.

В качестве опор используются также двухрядные цилиндророликовые подшипники в сочетании с шариковыми, а также радиально-упорные шарикоподшипники по схеме 5 "триплекс". Во всех случаях применяют самые совершенные методы смазывания для уменьшения тепловыделения в опорах.

Гильза 2 шпинделя, осуществляющая подачу шпинделя, устанавливается в опорах скольжения.

Столы станка.

Столы станка обеспечивают точность координатных перемещений заготовки, поэтому используют сочетания плоской и V-образной направляющих скольжения 2 и 4 и 8 и 9 (рис. 8.15) или качения. Станина станка устанавливается на виброизолирующих опорах 7. Поперечное перемещение салазок 1 осуществляется через червячную передачу 5 и винтовую передачу 6. Аналогичную конструкцию имеет привод продольного перемещения стола 3.

Механизм зажима стола и салазок состоит из рукоятки 12, винтового 11 и кулачкового 10 механизмов. Для перемещения столов используется оптическое устройство, состоящее из стеклянной отсчетной линейки и бесконтактного фотоэлектрического датчика (который служит для преобразования линейных перемещений в электрические сигналы) и блока отсчета.

Особенности станков.

Особенности станков связаны с необходимостью получения высокой точности обработки поверхностей (межосевых расстояний, параллельности и перпендикулярности отверстий, формы и размера отверстий).

Для достижения высокой точности предусматривается:

1. Эксплуатация станка в изолированном помещении при температуре $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Место установки должно быть защищено от солнечных лучей, источников тепла и вибраций. Станки устанавливают на массивный фундамент с виброизолирующими опорами.

2. Специальные механизмы зажима заготовки, исключаящие возникновение поперечных сил и моментов на заготовке при закреплении. Стараются выбрать схему закрепления с минимальным силовым потоком, а также исключаящую приложение усилий к частям заготовки, к которым предъявляются высокие требования по точности. Недостаточную жесткость самой заготовки нельзя компенсировать ни зажимным приспособлением, ни инструментом.

3. Применение оптических устройств (чаще всего стеклянных штриховых мер) для контроля координатных перемещений узлов с точностью 1 мкм на длине 1000 мм.

4. Специальные конструктивные решения для уменьшения влияния упругих и тепловых деформаций (механизмы уравнивания шпинделя; устройства для

охлаждения инструмента; использование узлов и направляющих с высокой статической и динамической жесткостью, с высокой степенью равномерности перемещений и т.п.).

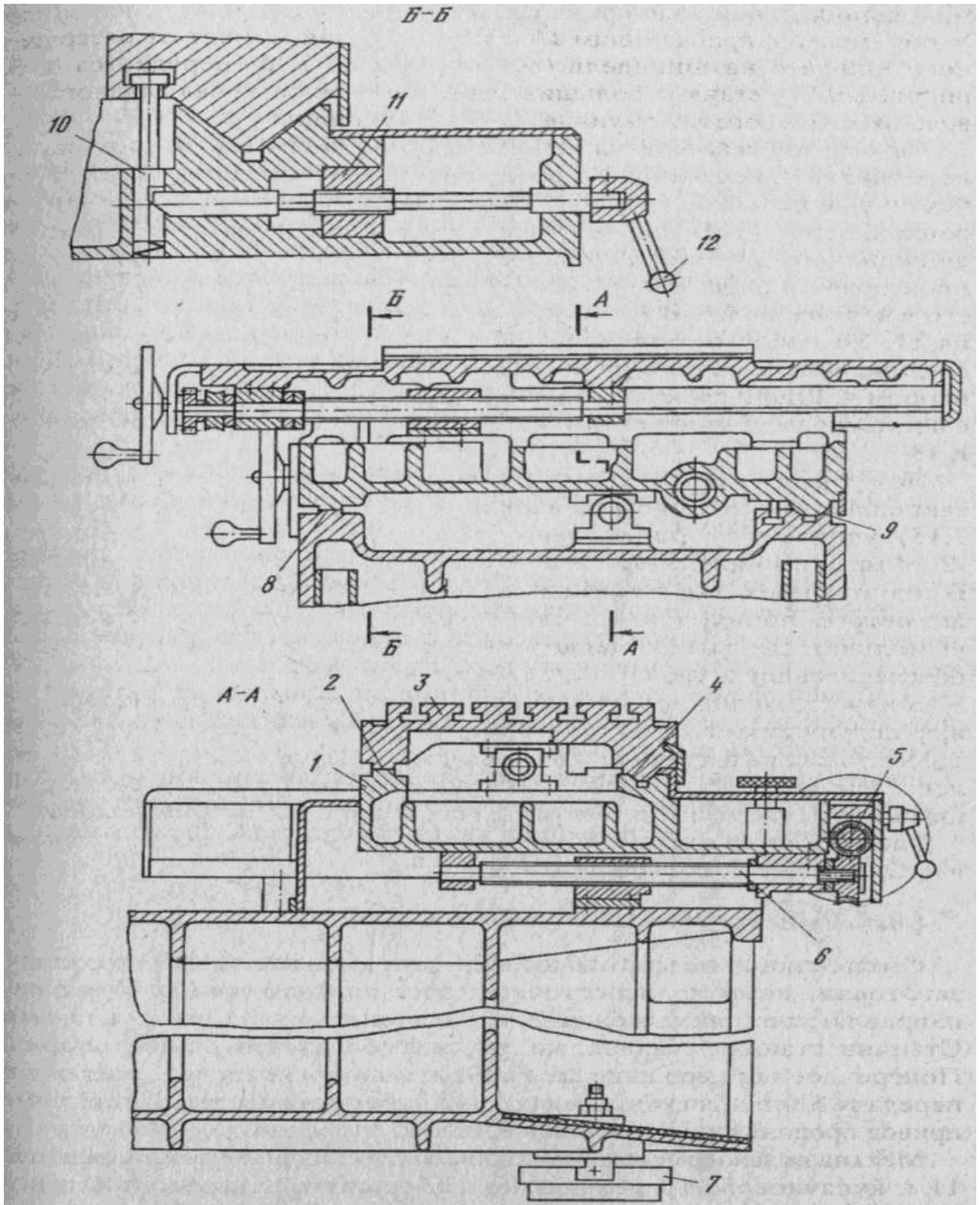


Рисунок 8.15. Столы станка.

Для уменьшения тепловых деформаций применяют материал с малым коэффициентом линейного расширения и используют различные схемы компенсации деформаций.

Большое внимание уделяется также технологическим вопросам изготовления (многократные старения базовых деталей, применение методов обработки, обеспечивающих высокую точность, тщательная отработка деталей на технологичность и т.п.).

8.3. ОТДЕЛОЧНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ.

Алмазно-расточные станки принадлежат к группе отделочных станков. Они предназначены для тонкого растачивания точных цилиндрических поверхностей, а при наличии дополнительной оснастки - для обработки торцов, канавок, конических и фасонных поверхностей вращения. Эти станки наиболее эффективны в условиях массового, крупносерийного, а иногда и мелкосерийного производства. Под тонким растачиванием понимают окончательную отделочную обработку отверстий, выполняемую алмазным или твердосплавным режущим инструментом. Алмазное растачивание в ряде случаев заменяет шлифование. Наряду с растачиванием отверстий производится одновременная обработка нескольких отверстий с параллельными осями и последовательная обработка соосных отверстий, что позволяет достичь высокую точность относительного расположения осей до 0,005 мм.

Процесс тонкого растачивания характеризуется высокими скоростями резания до 1000 м/мин., малой величиной подачи 0,01...0,1 мм/об., небольшой глубиной резания 0,05...0,5 мм. На станках достигается высокая точность обработки отверстий - отклонение от круглости 3...5 мкм и шероховатость поверхности $R_a = 0,16 \dots 0,63$ мкм.

К алмазно-расточным станкам предъявляют высокие требования главными из которых являются: высокая частота вращения шпинделя 6000... 12000 мин⁻¹; устойчивые малые подачи - менее 0,04 мм/об.; бесступенчатое регулирование подачи, достаточно высокая скорость ускоренных ходов 4...7 м/мин; повышенные требования к уровню вибраций.

На рисунках 8.16 и 8.17 приведены примеры прецизионного растачивания.

Деталь. Операция.	Схема на рис. 8.17	Материал	Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Режим обработки			
				$n, \text{мин}^{-1}$	$V, \text{м/мин}$	$S, \text{мм/об}$	$t, \text{мм}$
Картер переднего моста Растачивание отверстий	I	Ковкий чугун КЧ 35-10 HB 137-157	$113^{+0,054}_{-0,02}$ $62^{+0,02}_{-0,05}$	500	177,5 97,3	0,17	0,3
Шатун Растачивание большой головки	II	Сталь 40X HB 217-248	$69^{+0,03}$	425	93	0,2	0,11
Растачивание малой головки		Бронза	$27,997^{+0,01}$	2600	228	0,03	0,25
Шаровая опора Растачивание двух отверстий	III	Сталь 40XH HB 229-269	$38^{+0,027}$	985	117,3	0,08	0,3
Зубчатое колесо, Растачивание отверстия	IV	Сталь 25XГМ HRC 35-45	$52^{+0,03}$	450	73,5	0,1	0,3
Подрезание четырех торцов			Св. 52 до 70 Св. 142 до 171,5	200	108	0,12	0,2
Поршень Наружное обтачивание по копиру	V	Алюминиевый сплав АЛЗО HB 100-130	$100^{+0,015}_{-0,030}$	600	1887	0,18	0,12
Растачивание двух отверстий (в линию)			$28^{+0,005}_{-0,015}$	2800	250	0,1	0,1
Рейка-поршень Растачивание двух отверстий	VI	Сталь 18ХГТ HRC 30-40	$65^{+0,008}_{-0,023}$ $30^{+0,033}$	220 320	45 30	0,12 0,18	0,25 0,3

Рисунок 8.16. Примеры параметров прецизионного растачивания.

Компоновки

Основное отличие станков заключается в расположении оси шпинделя в пространстве и относительном перемещении инструмента и заготовки вдоль оси Z (рисунок 8.18). По расположению оси шпинделя 4 в пространстве станки бывают горизонтальные (а, б, в, г), вертикальные (д, е), наклонные (ж), комбинированные (з).

По относительному перемещению шпинделя 4 и стола 5 станки бывают с подвижным столом 5, с подвижными шпиндельными головками 3, с подвижными шпинделями 4 (корпусы шпиндельных головок 3 в этом случае неподвижны), с различными комбинациями движений стола 5 и шпинделя 4.

Наиболее распространенные - горизонтальные станки с подвижным столом, перемещающимся параллельно оси шпинделя (рис. 7.18, а, в). Стол 5 движется по направляющим вдоль станины 1, а шпиндельные головки 3 установлены на непо-

движных мостиках 2. На мостике располагается одна (а) или несколько шпиндельных головок (б, г).

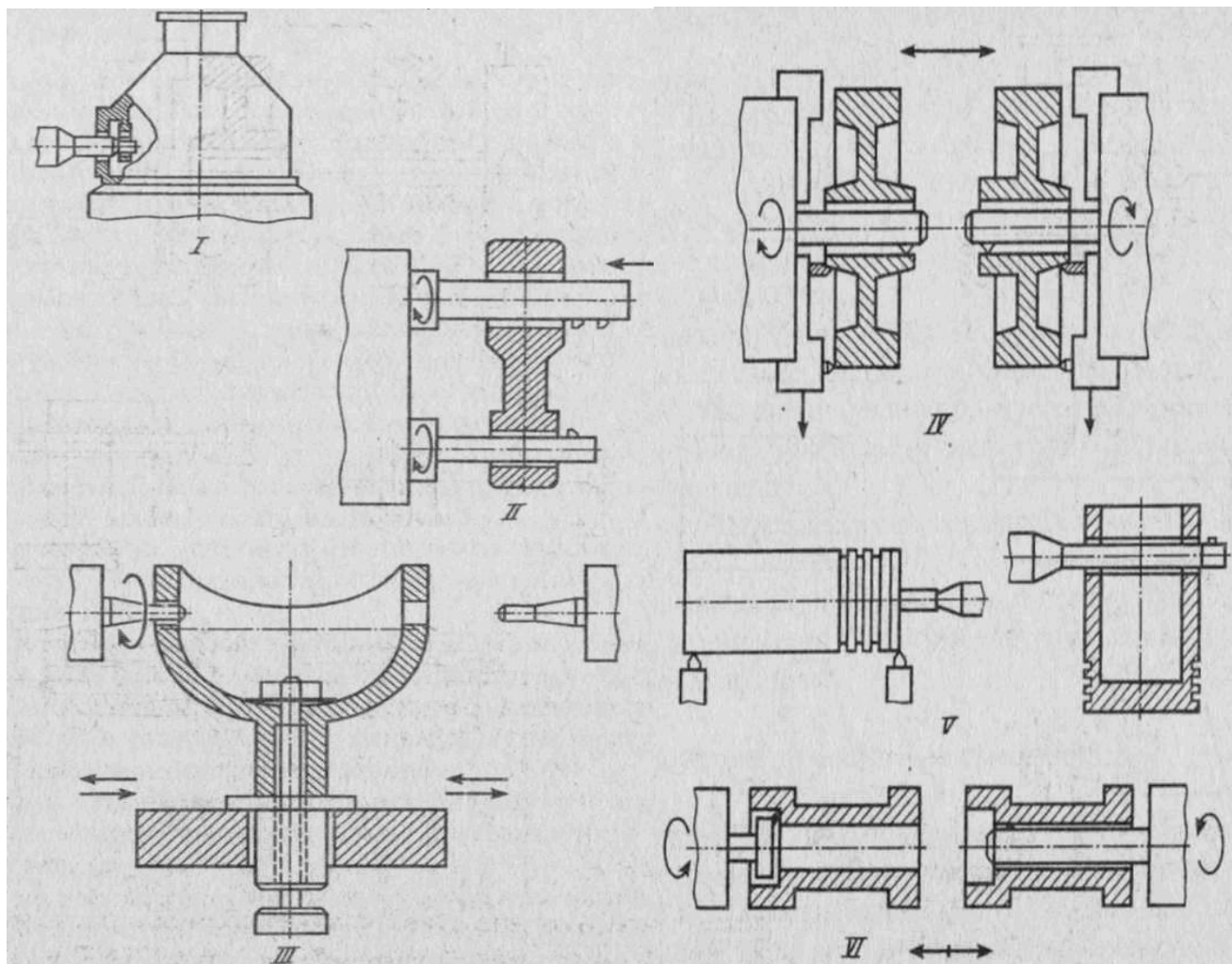


Рисунок 8.17. Примеры заготовок

Горизонтальные станки со столом, перемещающимся перпендикулярно оси шпинделя (рис. 8.18, б, г), имеют ограниченное применение - для тонкого подрезания (торцевания) плоскостей деталей одно- или многолезвийным инструментом.

Вертикальные алмазно-расточные станки (рис. 8.18, д, е) целесообразно применять для обработки глубоких отверстий, при растачивании которых прогиб расточных оправок от собственного веса может существенно снизить точность обработки. На таких станках удобно обрабатывать отверстия, оси которых перпендикулярны базовой плоскости. Вертикальные станки позволяют экономить производственную площадь до 30%. Вместе с тем они уступают горизонтальным по точности, так как при перемещении расточной головки по направляющим стойки 7 (рис. 8.18, д) работают вспомогательные грани (планки) под воздействием веса головки 3.

Вертикальные станки выпускаются с подвижными шпиндельными головками, шпинделями (рис. 8.18, д) или с подвижными инструментальными суппортами (рисунок 8.18, е). Наиболее распространены станки с подвижными шпиндель-

ными головками при верхнем расположении шпинделей (рисунок 8.18, д). Обычно станки изготавливаются одношпиндель-ными и снабжены столом, имеющим установочные перемещения в горизонтальной плоскости. Такие станки применяются в единичном и мелкосерийном производстве.

Станки, показанные на рисунке 8.18, е, применяются для чистовой обработки круглых деталей большого диаметра. Деталь закрепляется в патроне шпинделя, расположенного в нижней части станка. Инструментальные суппорты обеспечивают рабочую подачу резцов в вертикальном направлении.

Наклонные станки применяются для растачивания блоков цилиндров двигателей.

Комбинированные алмазно-расточные станки (рисунок 8.18, з) предназначены для одновременного растачивания отверстий с параллельными и перпендикулярными осями.

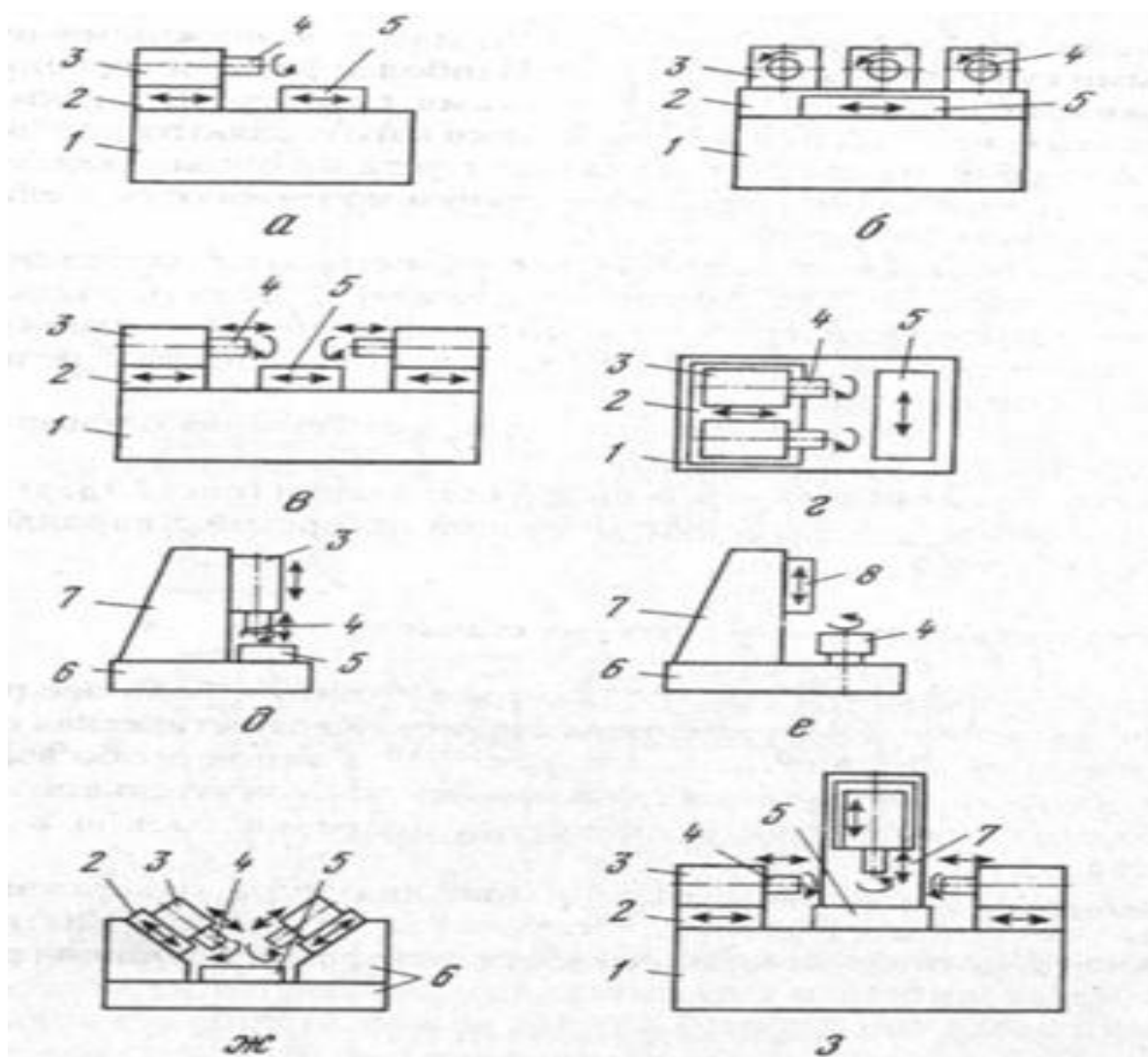


Рисунок 8.18. Компонировка алмазно-расточных станков: 1 – станина, 2 – мостик, 3 – шпиндельная головка, 4 – шпиндель, 5 – стол, 6 – основание, 7 – колонна, 8 – суппорт.

Конструкции алмазно-расточных станков

Горизонтальные станки с подвижным столом - наиболее распространенная группа алмазно-расточных станков. Кинематическая схема одного из них мод. 2712А показана на рисунке 8.19. Станок особо высокой точности, предназначенный для двухстороннего окончательного растачивания соосных отверстий, а также для подрезки торцов в корпусных деталях.

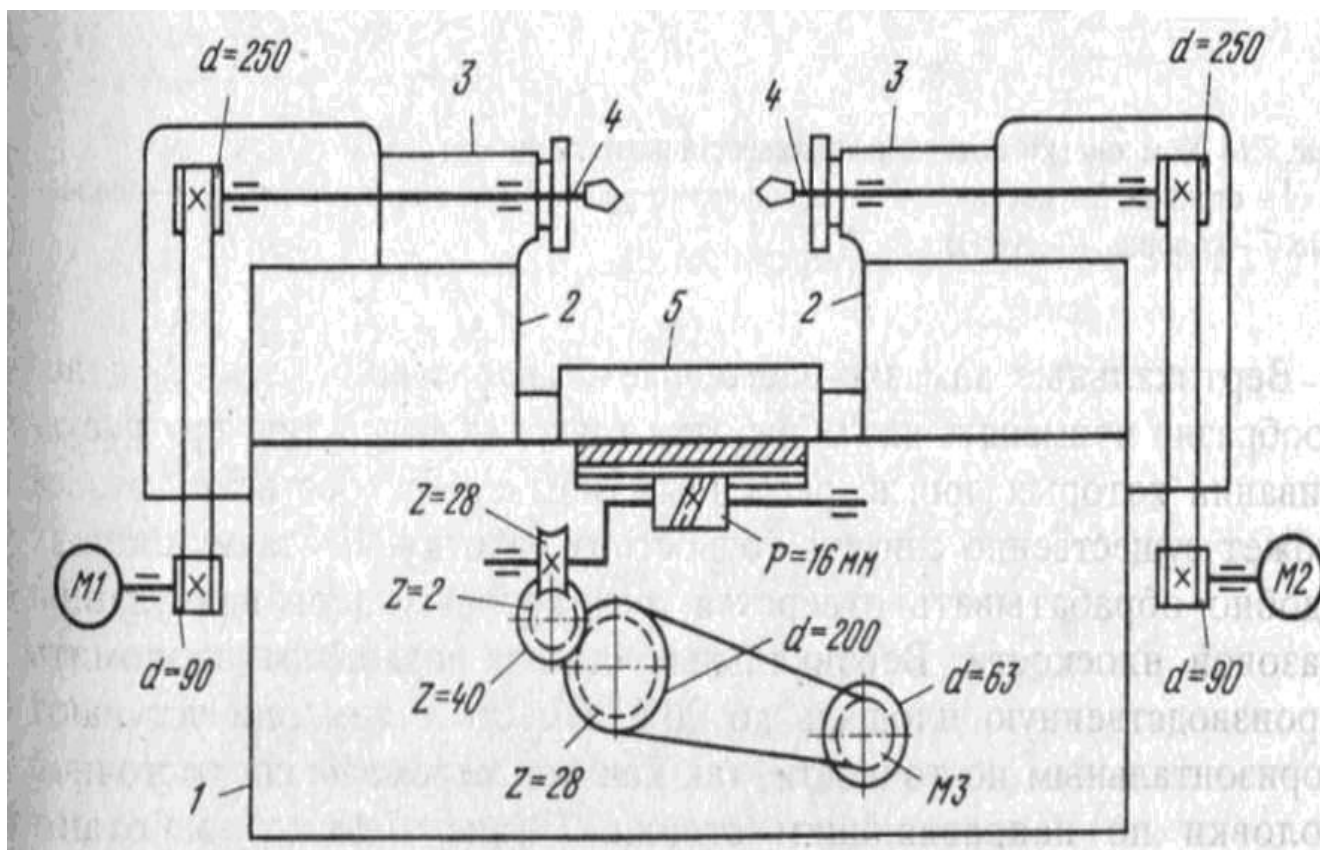
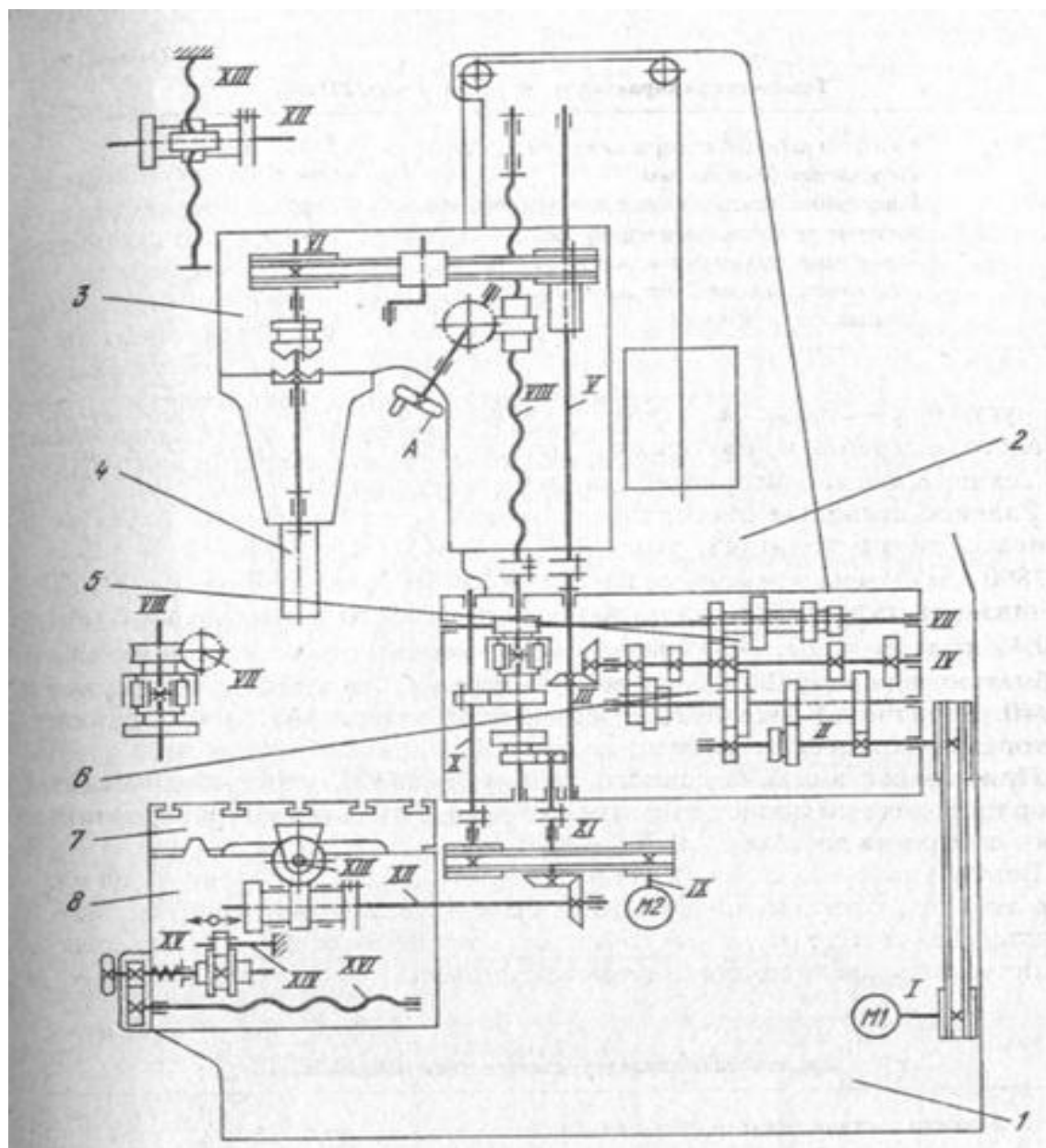


Рисунок 8.19. Кинематическая схема алмазно-расточного станка модели 2712А: 1 – станина, 2 – мосты, 3 – расточные головки, 4 – шпиндель, 5 – стол.

Станок обеспечивает: отклонение диаметра отверстия в любом сечении не более 0,003 мм для отверстий диаметром 120 мм на длине 1000 мм; шероховатость поверхности отверстий и торцов при обработке чугуновых и стальных деталей в пределах $Ra = 0,63 \dots 2,5$ мкм, а при обработке деталей из цветных сплавов в пределах $Ra = 0,04 \dots 0,32$ мкм.

Главное движение обеспечивают одним из регулируемых электродвигателей постоянного тока М1 или М2 ($P = 2$ кВт, $n = 420 \dots 2800$ 1/мин) через ременные передачи 90/250. Движение подачи обеспечивают регулируемым электродвигателем постоянного тока М3 ($P = 0,45$ кВт, $n = 10 \dots 400$ 1/мин) через ременную передачу 63/200, зубчатую передачу 28/40, червячную пару 2/28 и зубчатую передачу 28/40, червячную пару 2/28 и через пару червяк-косозубая рейка, которая прикреплена к столу.

Вертикально-отделочный станок мод. 2А78 (рис. 8.20) предназначен для растачивания гильз и блоков цилиндров двигателей, а также для сверления расточки отверстий в различных деталях. Технические характеристики и приведены ниже.



Технические характеристики станка мод. 2А78

МИНИМАЛЬНЫЙ

максимальный

200

Диаметр сверления, не более мм	15
Размеры обрабатываемых деталей, не более мм	750 x 500 x 450
Масса обрабатываемой детали, не более кг	200
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	
минимальное	25
максимальное	525
Размеры рабочей поверхности стола, мм	250 x 250
Величина перемещения стола, мм:	
в продольном направлении	800
в поперечном направлении	150
Вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм	500

Точность межцентровых расстояний 0,032 мм. Отсчет координат при перемещении стола осуществляют проекционным микроскопом.

Кинематическая схема станка мод. 2А78 (см. рис. 8.20) состоит из следующих кинематических цепей: главного движения, движения подачи, ускоренных перемещений шпиндельной бабки и стола в продольном направлении, а также ручных перемещений шпиндельной бабки и стола.

Главное движение. Вращение шпинделя 4 осуществляется от двухскоростного электродвигателя М1 ($P = 1,7/2,3$ кВт, $n = 960/2880$ 1/мин) - с вала электродвигателя 1 через клиноременную передачу, валы коробки скоростей II—III—IV, вал V, клиноременную передачу, вал VI.

Станок имеет 12 частот вращения шпинделя от $n_{\min} = 26$ мин⁻¹ до $n_{\max} = 1200$ мин⁻¹ со знаменателем $\phi = 1,41$.

Движение подачи. Величину вертикального перемещения шпиндельной бабки относят к одному обороту шпинделя. Подача обеспечивается по следующей кинематической цепи - от вала IV коробки скоростей посредством скользящего блока с четырьмя колесами на вал VII коробки подач и через червячную передачу на ходовой винт VIII. Ускоренное перемещение шпиндельной бабки осуществляется от электродвигателя М2 ($P = 0,6$ кВт, $n = 960$ мин⁻¹) через клиноременную передачу на вал X, через цилиндрическую передачу и обгонную муфту на ходовой винт VIII. При включении ускоренного перемещения обгонная муфта автоматически расцепляет червячное колесо и вал VIII, то есть исключает рабочий ход шпиндельной бабки.

Конструкции характерных узлов

Шпиндельные головки. Шпиндельные расточные головки (сменные шпиндели) являются наиболее ответственными узлами алмазно-расточных станков, от которых главным образом зависит точность формы и шероховатость поверхности расточенных отверстий. На рис. 8.21 показана типовая конструкция шпиндельной головки, применяемой в горизонтальных станках. Изготовленный из стали 40Х, термообработанный и шлифованный шпиндель 3 вращается на двух опорах смонтированных в чугунном корпусе 4.

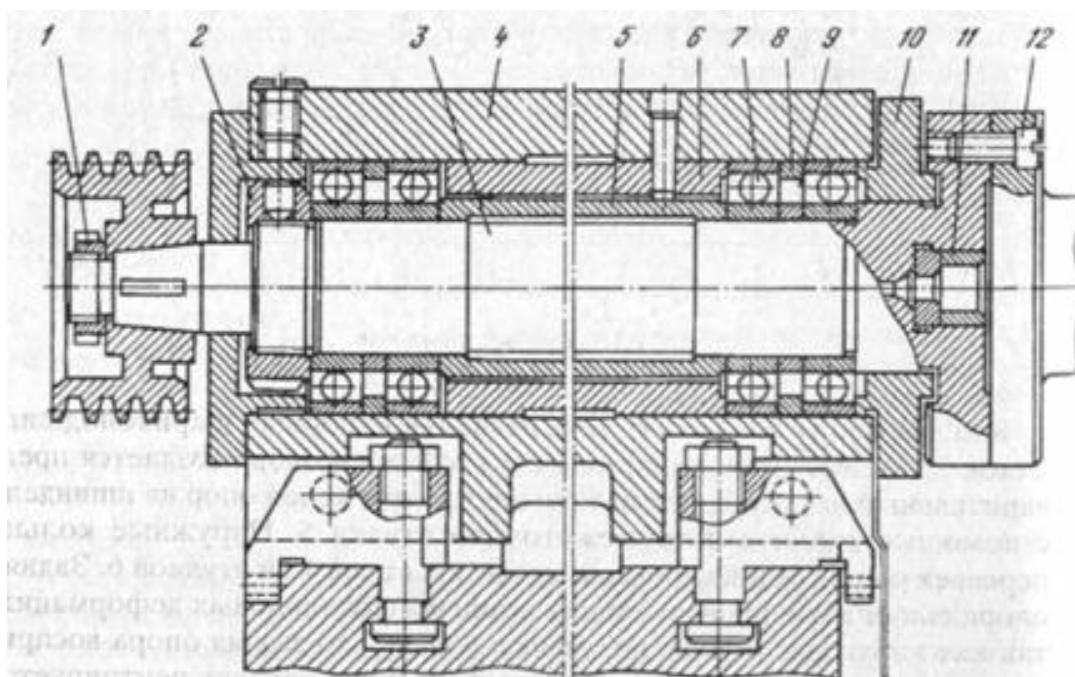


Рисунок 8.21. Расточная головка горизонтального алмазно-расточного станка.

Каждая опора состоит из двух радиально-упорных шарикоподшипников 7. За счет разной ширины втулок 8 и 9 в опоре создается предварительный натяг при стягивании внутренних колец опор на шпинделе с помощью гайки 2 и промежуточной втулки 5. Наружные кольца передней опоры зафиксированы между крышкой 10 и втулкой 6. Задняя опора выполнена плавающей для компенсации тепловых деформаций; так как наружные кольца не зафиксированы, то задняя опора воспринимает только радиальные нагрузки. Расточная оправка центрируется в закаленной втулке 11 и крепится винтами 12 к фланцу шпинделя.

Приводной шкив закреплен гайкой 1 на коническом хвостовике шпинделя. После выверки положения оси шпинделя в горизонтальной плоскости головка закрепляется на мостике четырьмя болтами.

Шпиндельная бабка вертикального станка мод. 2А78 имеет три сменных шпинделя с различными диаметрами резцовых головок, а также универсальный шпиндель. На рисунке 8.22, а показан один из сменных шпинделей: на рис. 7.22, б - универсальный шпиндель, а на рисунке 8.22, в - присоединительная база шпинделей.

Шпиндели смонтированы на прецизионных радиально-упорных шариковых подшипниках качения с предварительным натягом. Контроль центрирования детали производят с помощью индикаторов, устанавливаемых на торцах шпинделей, или с помощью шариковой оправки 5 (рис. 8.22, а), вылет которой регулируется винтом 6. В резцовую головку 1 устанавливают резец 4 с регулировочным винтом 2 и лимбом 3. Точность установки резца с помощью лимба 0,02 мм.

Универсальный шпиндель (рис. 8.22, б) устанавливается для растачивания отверстий диаметрами 27...200 мм. и небольших глубин и отличается от сменного шпинделя (см. рис. 8.22, а) возможностью быстрой смены разнообразного инструмента.

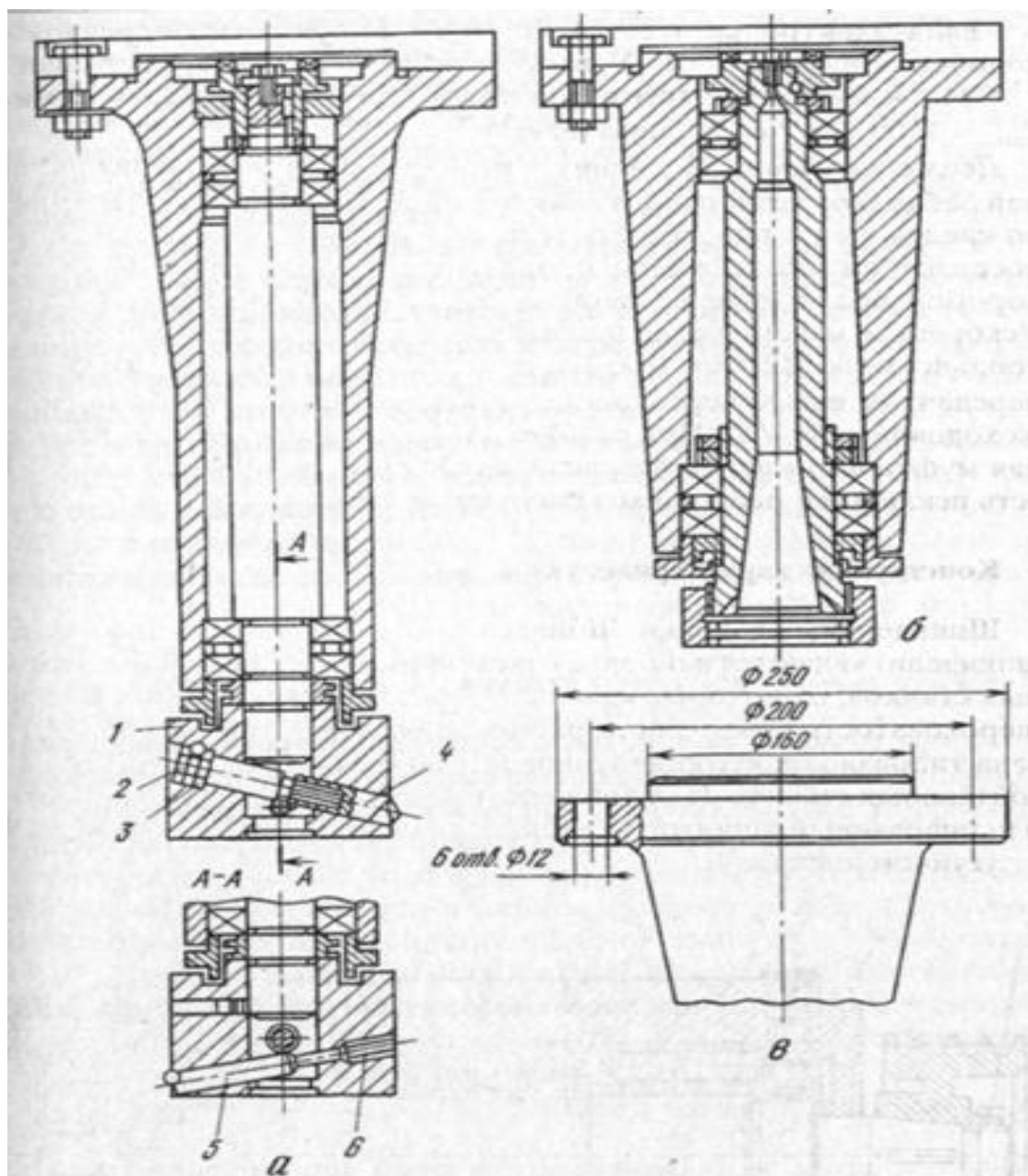


Рисунок 8.22. Сменные шпиндели.

Точность алмазно-расточных станков.

Высокая точность обработки - основной критерий, характеризующий работу алмазно-расточных станков. Расточные отверстия должны иметь минимальные отклонения от круглости и цилиндричности.

Погрешности, возникающие при тонком растачивании, порождаются большим количеством причин, зависящих от станка, приспособления, инструмента, детали, процесса резания и условий эксплуатации станка. Однако любое сочетание погрешностей не должно превышать норм точностей обрабатываемых поверхностей на данных станках.

Рассмотрим ряд причин возникновения погрешностей при тонком растачивании.

Причины, зависящие от станка

Биение шпинделя, являющееся причиной несовмещения осей подшипников и шпинделя, не вызывает искажения цилиндрической формы отверстия и компенсируется изменением радиального вылета резца. Допускаемая величина биения шпинделя равна 3...5 мкм на вылете оправки 300 мм. Биение подшипников с предварительным натягом зависит от некруглости и волнистости дорожек качения и при растачивании копируется на заготовке. Погрешности формы дорожек не должны превышать 1.. 2 мкм.

Непрямолинейность направляющих и соответственно непрямолинейность движения стола при вращающемся инструменте вызывает искривление оси обработанного отверстия. Допускаемая погрешность непрямолинейности движения стола составляет 30...40 мкм на 1000 мм.

Зазоры в направляющих подвижных узлов в горизонтальной плоскости не вызывают погрешности, так как суммарный вес стола, приспособления, заготовки значительно превосходит силы резания. В вертикальной плоскости под действием веса узел поворачивается на угол, зависящий от зазоров в направляющих их длины или ширины. Величина зазоров между направляющими стола и станины составляет 10. -30 мкм.

Непараллельность направления движения стола оси шпинделя при вращающемся инструменте делает отверстие эллиптическим (отклонение от круглости), при вращающейся заготовке отверстие получается коническим или гиперболическим (отклонение образующей цилиндра). Допускаемая величина непараллельности направления движения стола и расточной борштанги не должна превышать 10 мкм на 300 мм.

Несоосность осей шпинделей расточных головок, установленных на противоположных мостиках, не должна превышать 10 мкм.

Неточность расстояний между осями двух расточных головок, установленных на одном мостике, не должна превышать 10 мкм, а их непараллельность - 5 мкм на длине оправки 300 мм.

ГЛАВА 9. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ.

Агрегатными называются специальные станки, которые komponуются из функционально самостоятельных нормализованных и частично специальных узлов и деталей. Основными унифицированными единицами агрегатных станков (АС) являются силовые узлы (головки) и столы, транспортные устройства, шпиндельные узлы, зажимные устройства, базовые корпусные детали и т.п. (рисунок 9.1). На агрегатных станках производится сверление, растачивание, нарезание резьбы, развертывание отверстий и их зенкование и цекование, протачивание канавок, подрезка торцов, фрезерование. В таких станках заготовка, как правило, неподвижна, что позволяет обрабатывать ее одновременно большим числом инструментов с нескольких сторон.

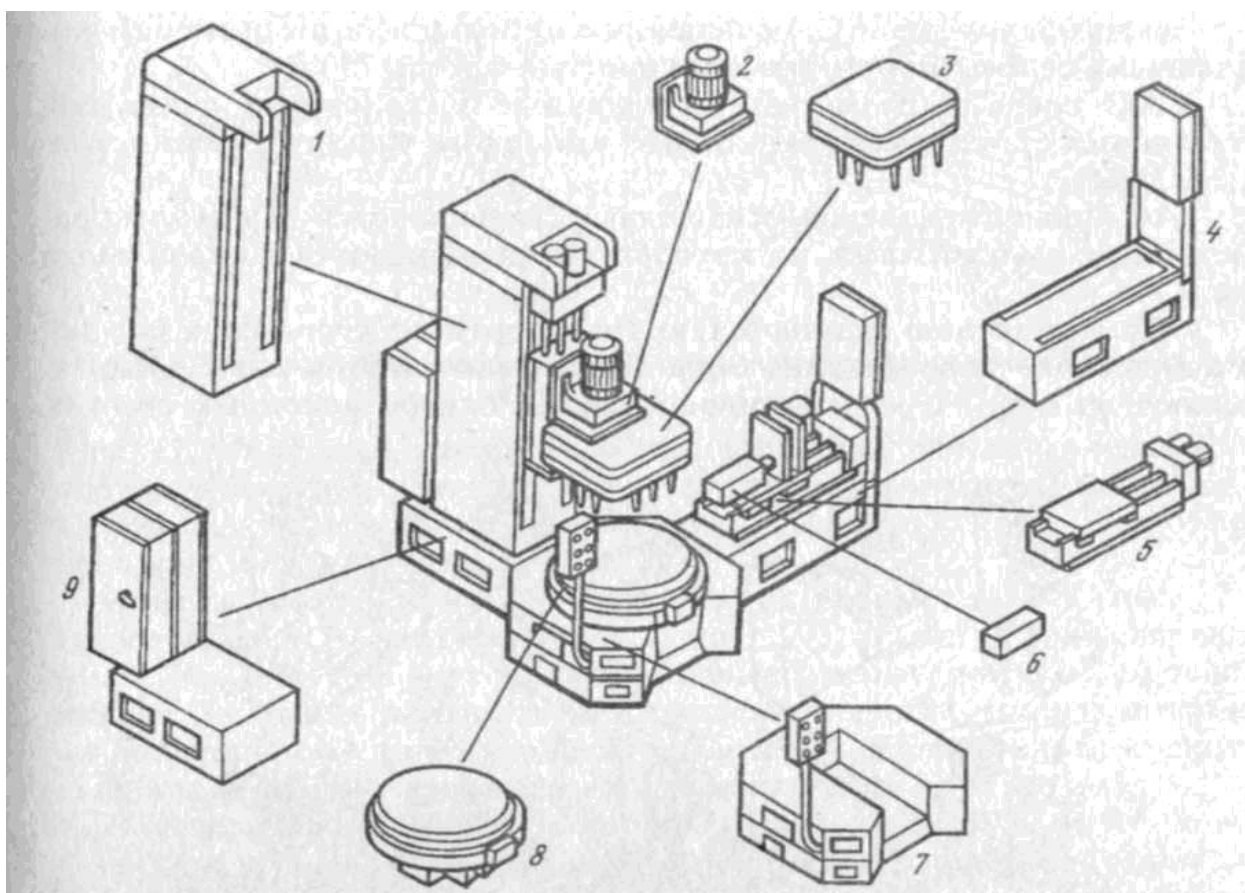


Рисунок 9.1. Составные элементы агрегатного станка: 1 – стойка, 2 – силовая бабка, 3 – многошпиндельная коробка, 4 – станина боковая, 5 – силовой стол, 6 – одношпиндельная расточная бабка, 7 – станина центральная, 8 – поворотный делительный стол, 9 – станина-подставка.

Однотипность технологических операций, выполняемых на АС, является предпосылкой для разработки важнейших узлов в виде единой гаммы стандартных типо-размеров, из которых при проектировании выбирают наиболее подходящие по своему служебному назначению для конкретного случая. Основные преимущества АС заключаются в следующем:

а) сокращаются сроки и затраты на проектирование и изготовление станков;

- б) высокая производительность благодаря многоинструментальной обработке;
- в) возможность автоматизации цикла обработки и переналадки (в переналаживаемых станках) на обработку заготовок нескольких типоразмеров.

9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ТИПОВЫЕ КОМПОНОВКИ.

1. В зависимости от габаритов обрабатываемых заготовок АС подразделяются на три группы, отличающиеся размерами, массой и используемыми унифицированными узлами:

- малогабаритные АС, оснащенные небольшими по размерам пинольными силовыми головками мощностью 0,18...0,75 кВт;
- АС средних размеров, оснащенные пинольными силовыми головками с плоскокулачковым приводом подачи мощностью 1,1...3 кВт;
- АС больших размеров, оснащенные гидравлическими или электро-механическими столами, на которых устанавливаются шпиндельные узлы.

2. По отсутствию или наличию транспортного устройства для периодического перемещения обрабатываемой заготовки АС подразделяют на одно- и многопозиционные. В однопозиционных станках (рисунок 9.2) крупные заготовки, обрабатываемые силовыми узлами 2 в одном положении закрепляются в стационарном приспособлении 1. Обработка производится с одной (рисунок 9.2, а), двух (рисунок 9.2, б, в) и трех (рисунок 9.2, г, д, е, ж) сторон.

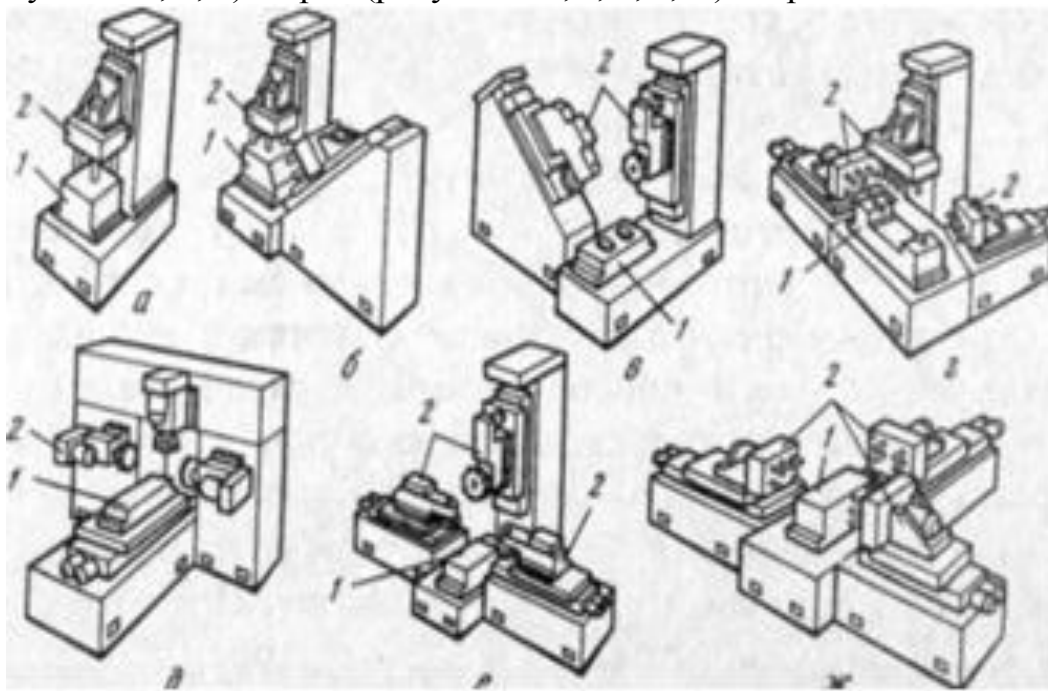


Рисунок 9.2. Типовые компоновки агрегатных станков со стационарными приспособлениями.

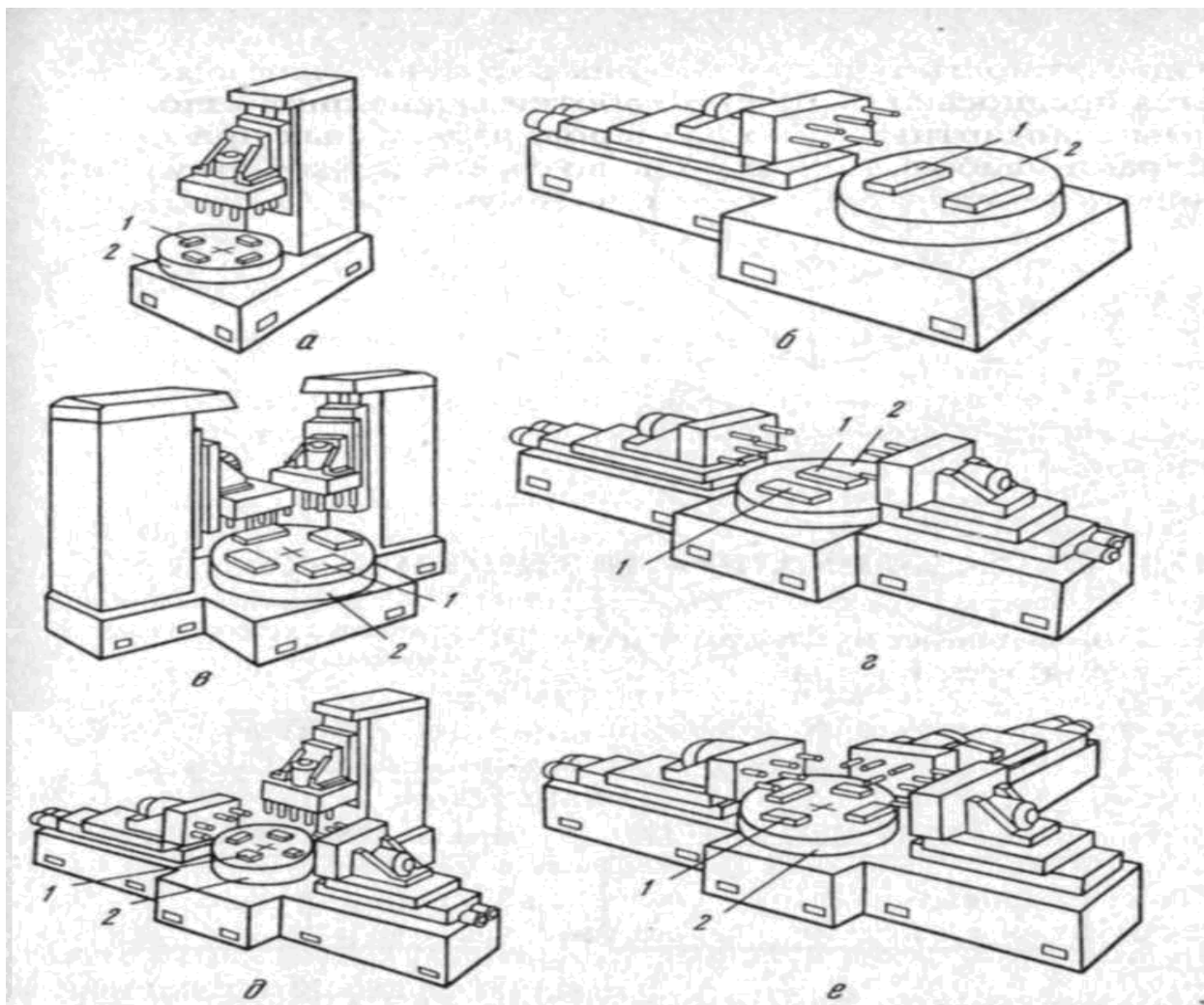


Рисунок 9.3. Типовые компоновки агрегатных станков с поворотным делительным столом.

Компоновки АС с поворотным делительным столом 2 (рисунок 9.3) выполняются в вертикальном (рисунок 9.3, а, в), горизонтальном (рисунок 9.3, б, г, е) и вертикально-горизонтальном (рисунок 9.3, д) исполнениях. Заготовка закрепляется в приспособлениях 1, устанавливаемых на делительном столе, и обрабатывается последовательно с одной, двух и трех сторон на нескольких позициях стола.

В агрегатных станках с поворотным делительным барабаном 1 (рисунок 9.4) заготовки устанавливаются с помощью приспособлений 2 на барабане 1, совершающем круговое движение. При этом заготовки обрабатываются с одной (рисунок 9.4, а), двух (рисунок 9.4, б) или трех (рисунок 9.4, в) сторон.

Типовая компоновка АС с прямолинейным движением стола 3 с заготовками 2 относительно силовых головок 1 показана на рисунке. 9.5, а. На рисунке 9.5, б приведена компоновка АС с центральной колонной 2, вокруг которой в горизонтальной плоскости поворачивается Обрабатываемая заготовка 3. Круговое движение заготовок обеспечивает стол 1 карусельного типа. Силовые головки 4 располагаются под разными углами в заготовке.

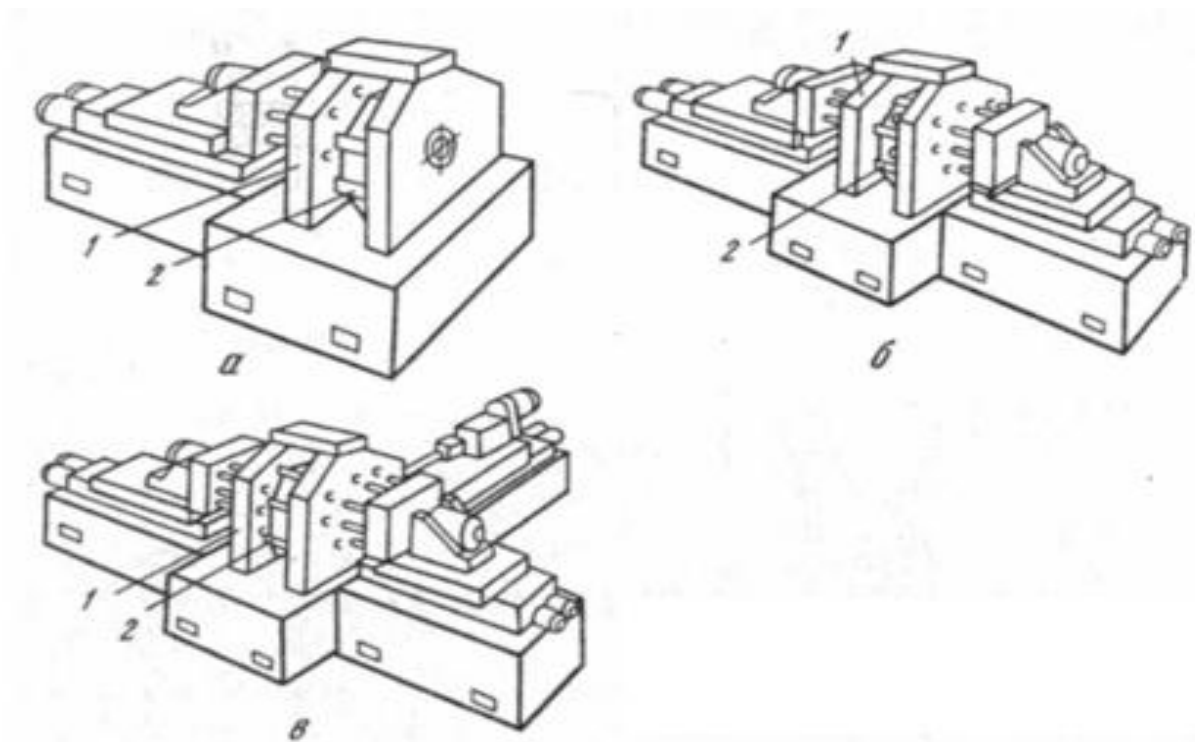


Рисунок 9.4. Типовые компоновки агрегатных станков с поворотным делительным барабаном.

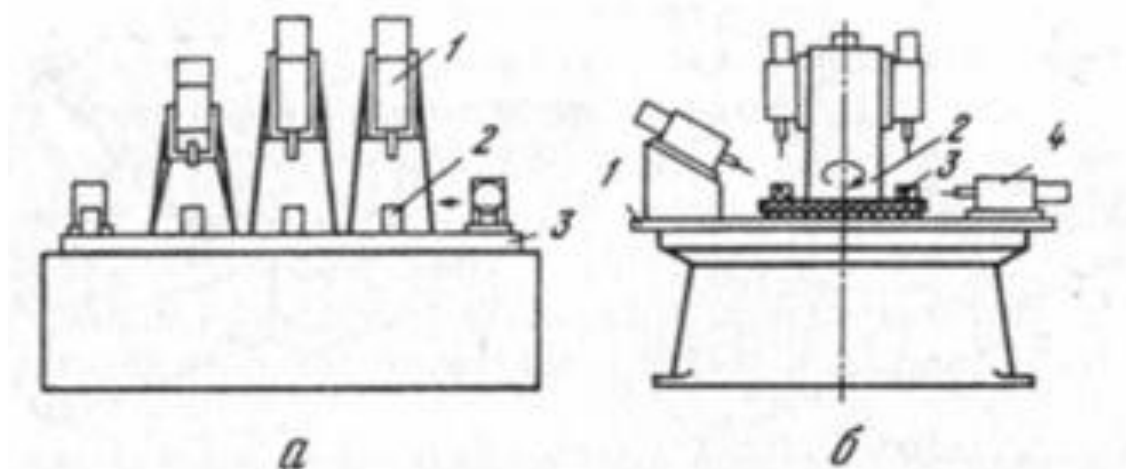


Рисунок 9.5. Компоновка агрегатных станков: а - с прямолинейным перемещением заготовок, б – с центральной колонной.

9.2. УНИФИЦИРОВАННЫЕ УЗЛЫ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ.

Все узлы делятся на следующие основные группы: силовые, шпиндельные, узлы подачи, базовые и транспортные. Обработка деталей на АС производится с помощью силовых головок, реализующих вращение шпинделя. Движение подачи осуществляется либо самой силовой головкой, либо силовым столом. На плат-

форму столов устанавливаются шпиндельные бабки (сверлильные, фрезерные и расточные) или угольники с многошпиндельными коробками.

Силовые головки и столы с встроенным приводом подачи называют самодействующими, а с отдельным приводом подач в базовой детали, по которым перемещается стол или заготовка, - несамодействующими узлами.

Преимущество последних в упрощении обслуживания и ремонта, благодаря хорошей доступности к элементам привода.

По типу привода движения подачи силовые узлы бывают гидравлическими, электромеханическими (с передачей винт-гайка или кулачковой), пневмогидравлическими и пневматическими.

Силовая малогабаритная головка (рисунок 9.6) предназначена для сообщения режущим инструментам вращательного и поступательного движений. Головка состоит из корпуса 4, в котором установлены фланцы 3 и 6, служащие опорами скольжения для возвратно-поступательно перемещающейся пиноли 2.

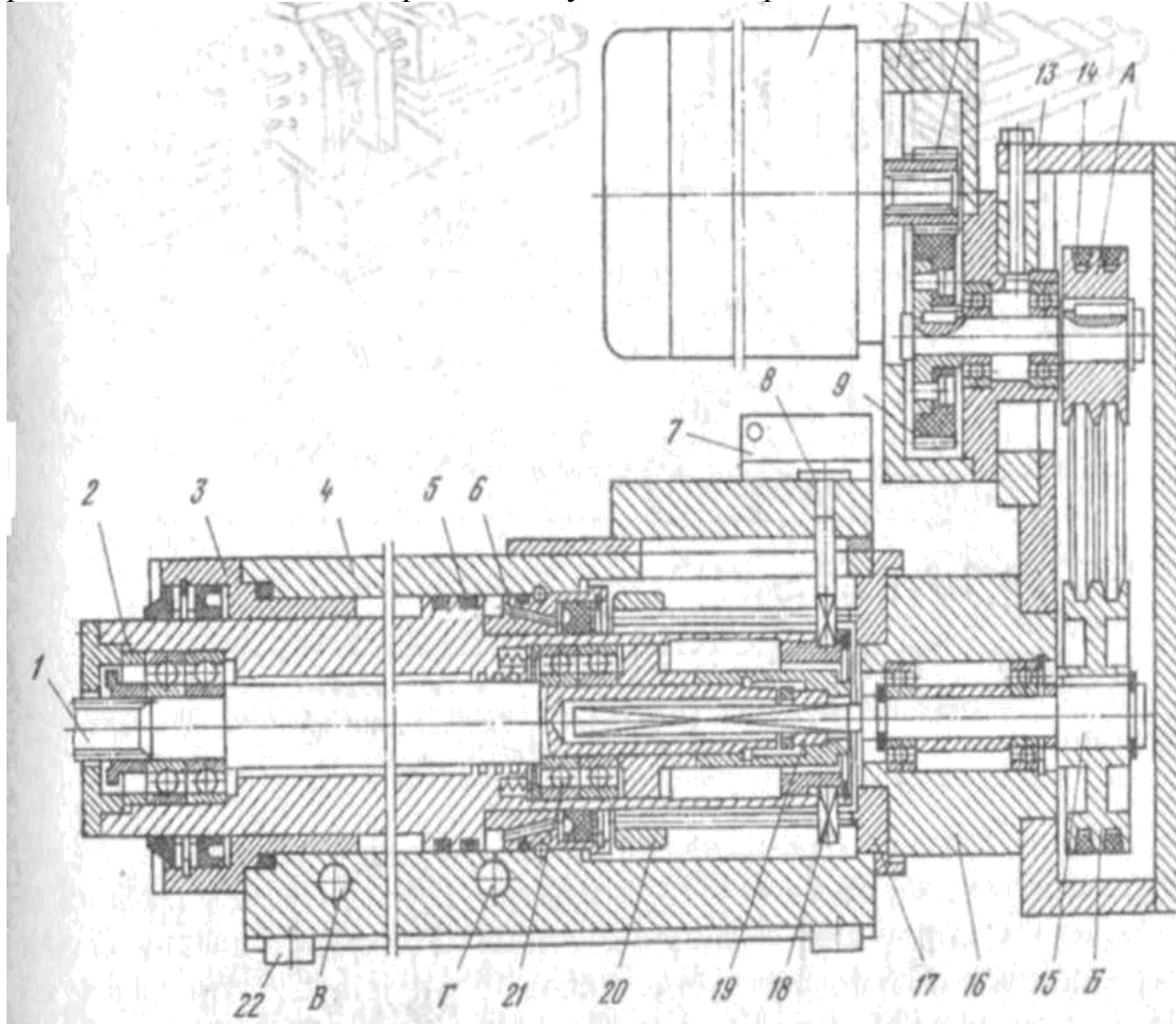


Рисунок 9.6. Силовая малогабаритная головка.

В пиноли (в двух опорах, состоящих из сдвоенных радиально-упорных шарикоподшипников 21) установлен шпиндель 1 головки. Натяг подшипников 21

осуществляется пружинами 5. Шпиндель получает вращение от асинхронного электродвигателя 10, через зубчатые колеса 9 и 12, сменные шкивы А и Б, клиновые ремни 14 и приводной вал 15.

Привод главного движения выполнен в виде отдельного блока, состоящего из корпусов 11 и 13. В корпусе 13 располагаются сменные шкивы, а в корпусе 11 - сменные зубчатые колеса и соединяется с корпусом головки посредством стакана 16 и фланца 17. Вращение от приводного вала 15 к шпинделю 1 передается через кулачковую муфту 19. Гайка 20 предназначена для регулирования длины хода пиноли при обработке глухих отверстий. Кулачковый блок 18, жестко закрепленный на пиноли 2, в конце хода упирается в гайку и останавливает пиноль.

Исходное положение пиноли фиксируется переключателем 7, получающим команду от экрана 8, связанного с пинолью через кулачковый блок 18.

Силовая головка пинольного типа с плоскокулачковым механизмом подачи (рисунок 9.7) предназначена для сверления, развертывания, торцевания и нарезания резьбы. При оснащении специальными приспособлениями можно выполнять фрезерование, обтачивание и растачивание кольцевых канавок в отверстиях.

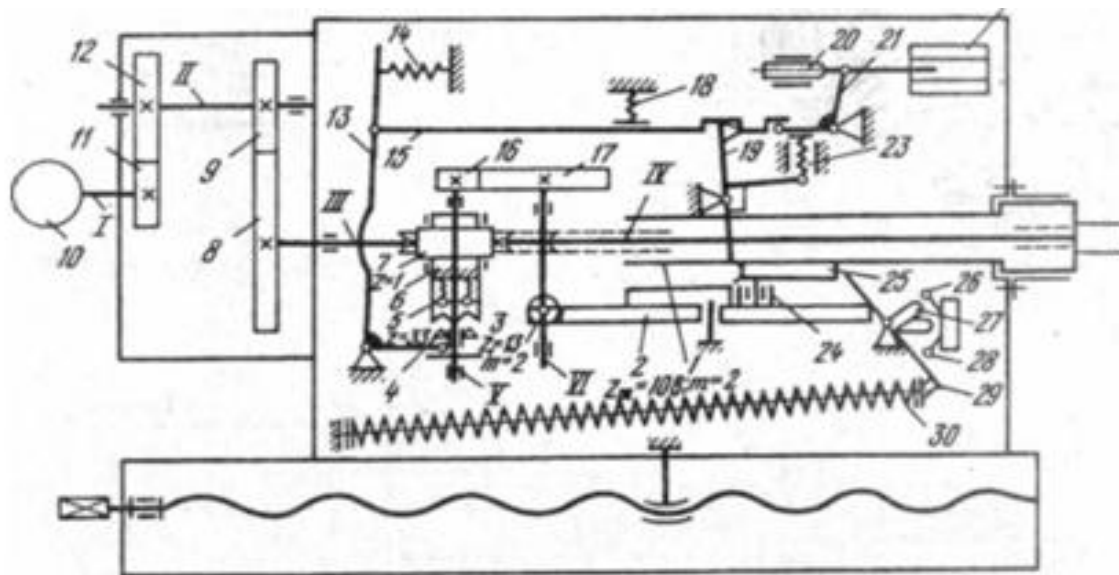


Рисунок 9.7. Кинематическая схема головки пинольного типа с плоскокулачковым механизмом подачи

Ее конструкция предусматривает возможность оснащения многошпиндельной насадкой, механизмом обратного хода, механизмом двухсторонней обработки, фрезерной насадкой и другими устройствами.

Главное движение реализуется от электродвигателя 10 через вал I, сменные колеса 11 и 12 на вал II и через колеса 9 и 8 - на вал III и далее на пустотелый червяк 7 к шпинделю IV.

Движение подачи осуществляется пинолью 1 совместно со шпинделем IV от червяка 7, колеса 6, через кулачковую предохранительную муфту 4, сменные колеса 16-17, от вала V на вал VI. Затем движение передается через шестерню 3 кулачку 2. Кулачок воздействует через ролик на ось 24, закрепленную вместе со

шпонкой 25 на пиноли 1, и сообщает последней возвратно-поступательное перемещение. Постоянный контакт кулачка 2 с роликом оси 24 обеспечивается пружиной 30.

Подача включается автоматически после срабатывания электромагнита 22. Втягивающийся сердечник магнита поворачивает рычаг 21, который при этом осуществляет зацепление тяги с рычагом 19. Пружина 14, действуя на двухплечный рычаг 13, поворачивает его и включает муфту 4. При этом замыкается цепь подачи, и пиноль движется вперед. Рычаг 19 под воздействием пружины 23 находится в контакте со шпонкой 25 и поворачивается на оси. Свободный конец рычага скользит по выступу тяги 15 и затем попадает в ее паз под действием пружины 18. Возвращаясь назад, пиноль 1 шпонкой 25 поворачивает рычаг 19, который перемещает тягу 15, сжимает пружину 14 и через рычаг 13 отключает муфту 4, в результате чего пиноль останавливается в исходном положении. В наладочном режиме подача включается нажатием кнопки 20. Исходное положение контролируется микропереключателем 26, а команда на реверсирование электродвигателя при резьбонарезных работах силовой головки поступает от микропереключателя 28. Управление микропереключателями производится с помощью флажков 27, закрепленных на рычаге 29. Для расширения технологических возможностей силовые головки оснащаются дополнительными приспособлениями.

Механизм двухсторонней обработки (рисунок 9.8) предназначен для обработки поверхностей (сверление, растачивание, обточка, нарезание резьбы), расположенных с противоположных сторон заготовки. Он состоит из двух насадок (рисунок 9.8, а), перемещающихся по круглым направляющим в противоположных направлениях (см. стрелки на рисунке 9.8, а). Главное движение шпиндели III насадок получают от вала I шпинделя силовой головки через колеса 1, 2 и 3 на шпиндель III ведущей насадки, а также через шестерни 1, 4, 5, 6, 7 на шпиндель V ведомой насадки. Обе насадки перемещаются одновременно от пиноли силовой головки. Движение подачи передается ведущей насадке, и через реечные передачи 8-10 и 9-11 движение в противоположном направлении сообщает ведомой насадке.

Многошпиндельные насадки (рисунок 9.9) используются для одновременной обработки (сверление, развертывание, нарезание резьбы) нескольких отверстий с параллельными осями. Державка насадки закрепляется на торце силовой головки, и движение со шпинделя 2 головки через зубчатые колеса, установленные на промежуточных валиках 3, передается рабочим шпинделем 1 насадки.

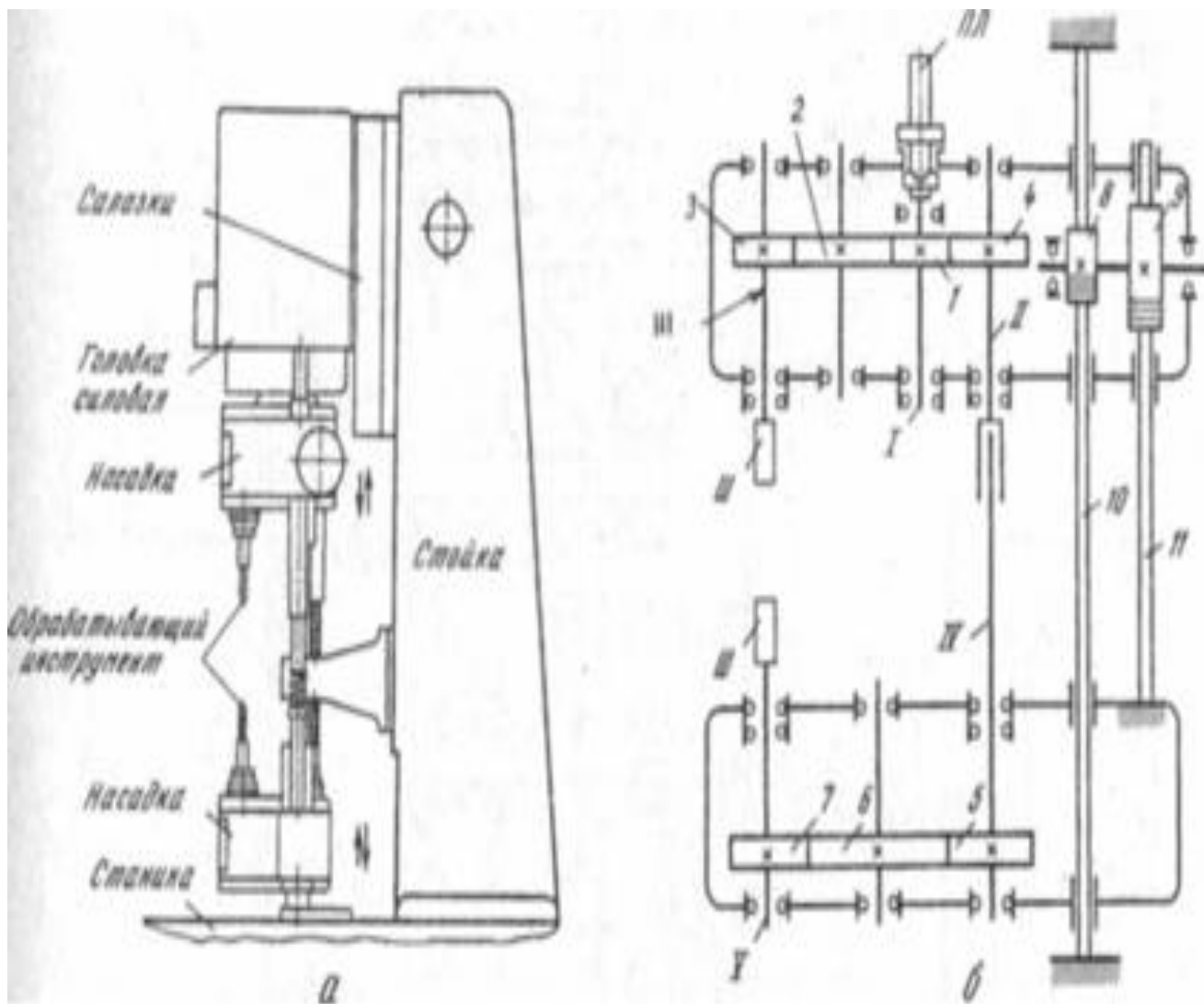


Рисунок 9.8. Механизм для двухсторонней обработки: а – общий вид, б – кинематическая схема.

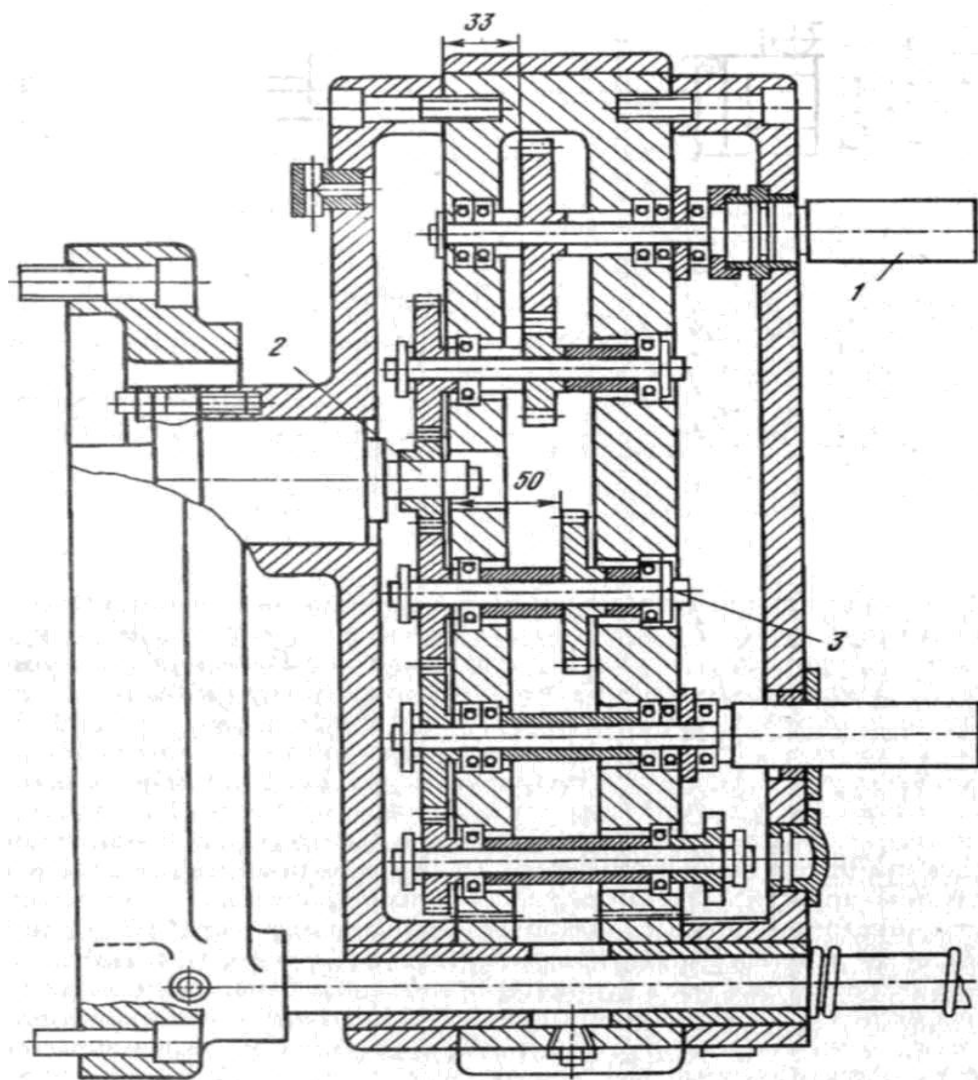


Рисунок 9.9. Многошпиндельная насадка.

Силовые столы предназначены для установки на них узлов главного движения (расточных, сверлильных, фрезерных бабок; упорных угольников со шпиндельными коробками) или зажимных приспособлений с обрабатываемыми заготовками и сообщения им прямолинейных рабочих движений подачи.

Общий вид и кинематическая схема силового стола с электромеханическим приводом приведены на рисунке. 9.10. Стол 3 перемещается по направляющей плите 4, имеющей плоские или призматические направляющие 5, ходовым винтом 6, приводимым во вращение электродвигателем 1 (М1) при быстрых ходах, а электродвигателем 2 (М2) - при рабочей подаче. Электромагнитная муфта 7 служит для разделения кинематической цепи подачи и быстрых ходов.

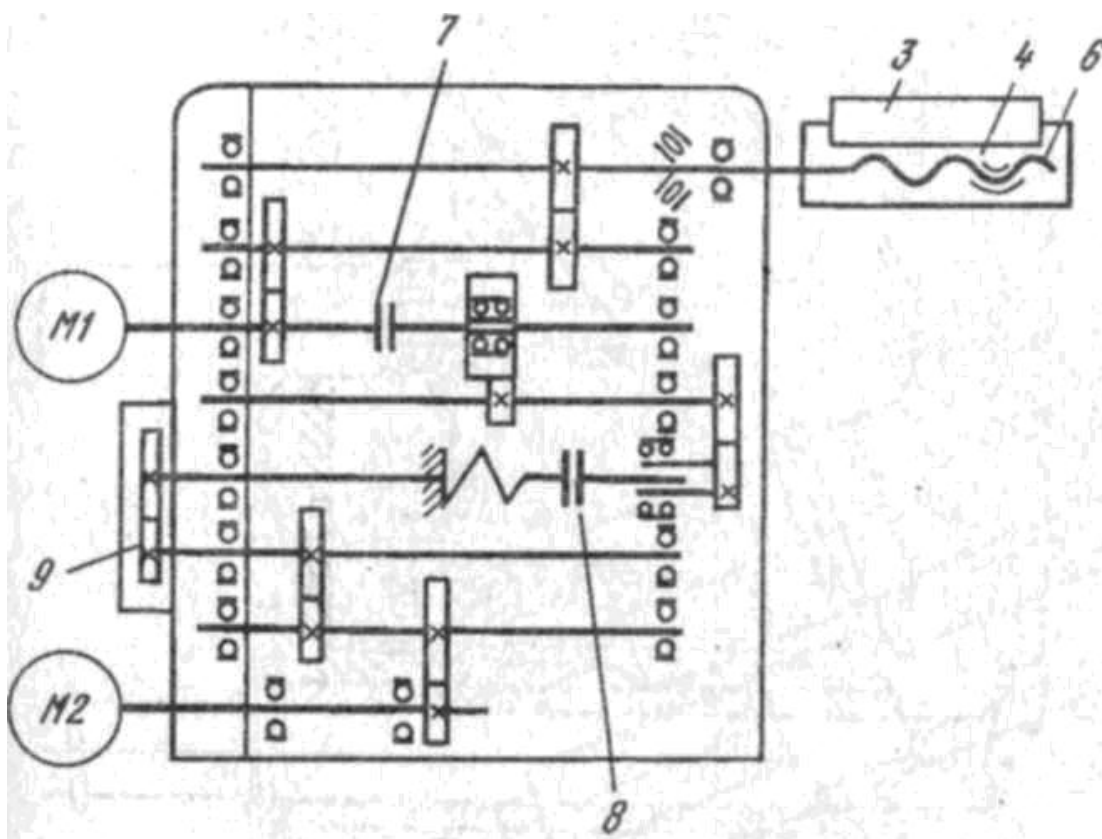


Рисунок 9.10. Силовой стол.

Муфта 8 предохраняет механизм привода при подводе стола к жесткому упору. В АС используют также крестовые силовые столы, обеспечивающие установочные перемещения в двух взаимно перпендикулярных направлениях и движения подачи по одному из них.

Шпиндельные узлы (сверлильные, расточные, фрезерные бабки, револьверные бабки), одношпиндельные узлы, широко используемые для выполнения расточных, сверлильных, фрезерных операций и нарезания резьбы. Для подрезания торцов бабки оснащаются механизмами поперечных подач и планшайбами. В комплекте с приводом главного движения и силовыми столами бабки могут устанавливаться на горизонтальное, вертикальное или наклонное основание для обработки поверхностей, расположенных под разными углами.

Револьверные бабки предназначены для сообщения главного движения режущему инструменту на рабочей позиции и автоматической смены инструмента (при обработке нескольких заготовок). Бабки выполняют операции сверления, развертывания, фрезерования, растачивания, а также многошпиндельную обработку при установке на них многошпиндельных коробок.

Варианты установки револьверных бабок показаны на рисунке 9.11, а конструкция бабки - на рисунке 9.12. Поворотный блок шпинделей 3, установлен на оси 5, закрепленной в корпусе 8. В качестве опор используются роликоподшипники 4 и 6 с короткими цилиндрическими роликами. Шпиндель на рабочей позиции вращается от регулируемого электродвигателя 12 через колеса 10-11, 1-2. Ввод в зацепление колеса 1 с колесом 2 шпинделя на рабочей позиции осуществ-

ляется пружиной 9, а вывод - подачей масла в полость "Г" и сжатием пружины 9. Блок шпинделей прижимается к корпусу при подаче масла в полость "В", а при снятии давления - блок шпинделей поднимается пружиной 7. Поворот и реверс блока осуществляется от гидромотора через колеса 13 и 14. Фиксация блока шпинделей производится упором 15 и фиксатором 16. При повороте блока упор 15 утапливает подвижный фиксатор 16. После прохода упор 15 блока шпинделей над фиксатором 16 производится реверс гидромотора. При обратном вращении блока шпинделей упор 15 прижимается к фиксатору 16, который возвращается в исходное положение пружиной 17.

Транспортные узлы, выполненные в виде поворотных столов используются для транспортирования заготовки с одной рабочей позиции на другую и точного позиционирования заготовки.

Кинематическая схема делительного стола с гидроприводом приведена на рисунке 9.13, а конструкция стола на рисунке 9.14. Планшайба 15 поворачивается гидродвигателем 3 через червячную передачу 6 и цилиндрическую 16. В конце поворота упор 7 наезжает на подвижный фиксатор 9, который при ходе вниз воздействует на выключатель 13 и нажимает золотник 14, затормаживающий вращение гидродвигателя 3. При дальнейшем вращении планшайбы фиксатор освобождается, под действием пружины 10 поднимается вверх и размыкает выключатель 13. Масло поступает в нижнее отверстие золотника 14, плунжер которого поднимается и обеспечивает доступ масла к гидродвигателю. В конце реверса упор 7, преодолевая усилие пружины 17, поворачивает валик 8 расположенный на оси фиксатора 9. На нижнем конце валика 8 находится планка с винтом 11, который при повороте калика включает датчик исходного положения 12. После выдержки времени отключается гидроразгрузка направляющих планшайбы и включается ее зажим.

Стол оснащен ручным приводом поворота планшайбы, используемым при наладке. Он состоит из подпружиненного вала-шестерни 4, на конце которого выполнено шестигранное отверстие, и колеса 2, соединенного муфтой 1 с червяком 6. При сжатии пружины 5 шестерня 4 вводится в зацепление с колесом 2, после чего можно вручную поворачивать планшайбу 16.

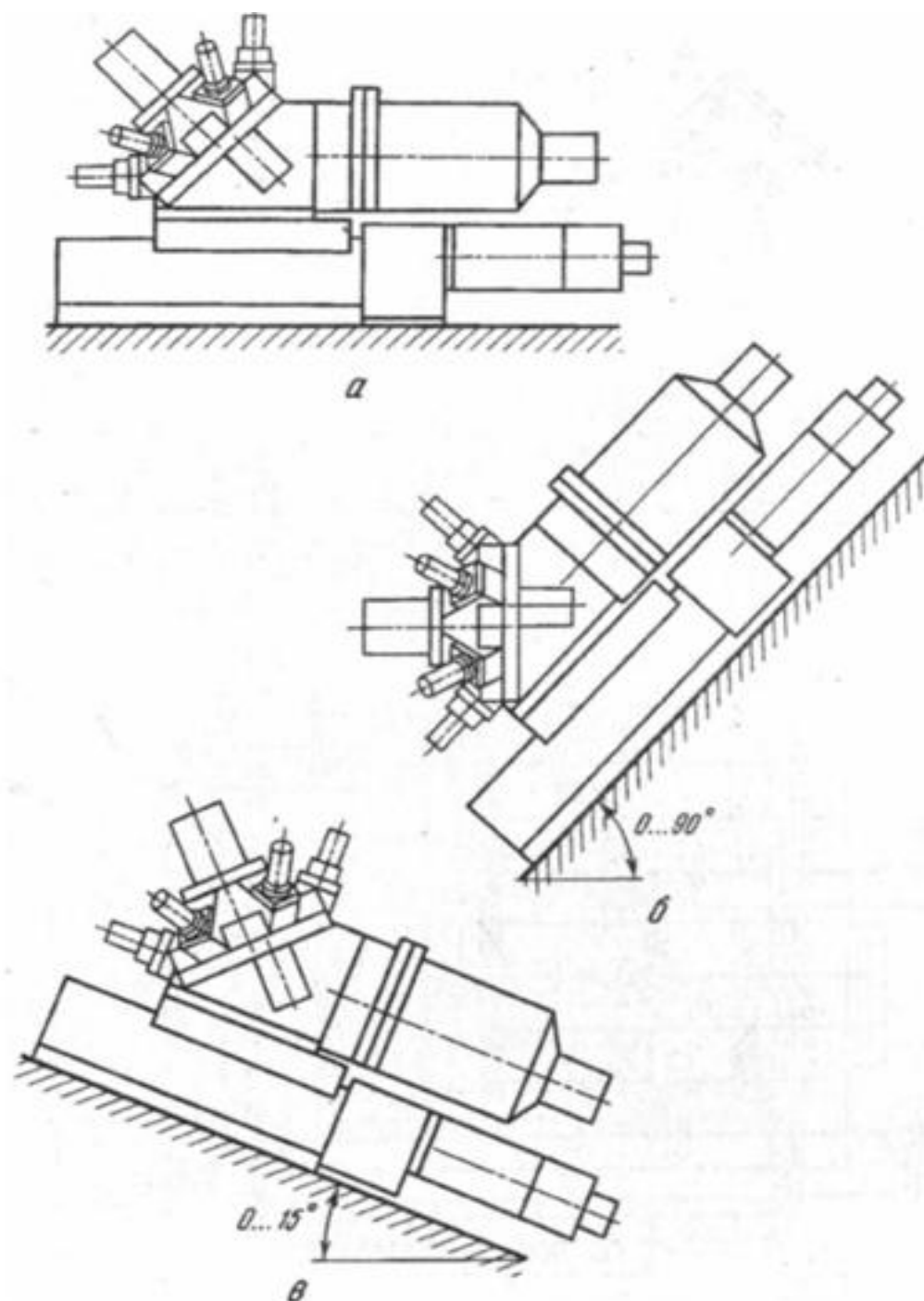


Рисунок 9.11. Варианты установки револьверных бабок: а – горизонтальная установка, б – наклонная установка с направлением рабочей подачи сверху вниз, в - наклонная установка с направлением рабочей подачи снизу вверх.

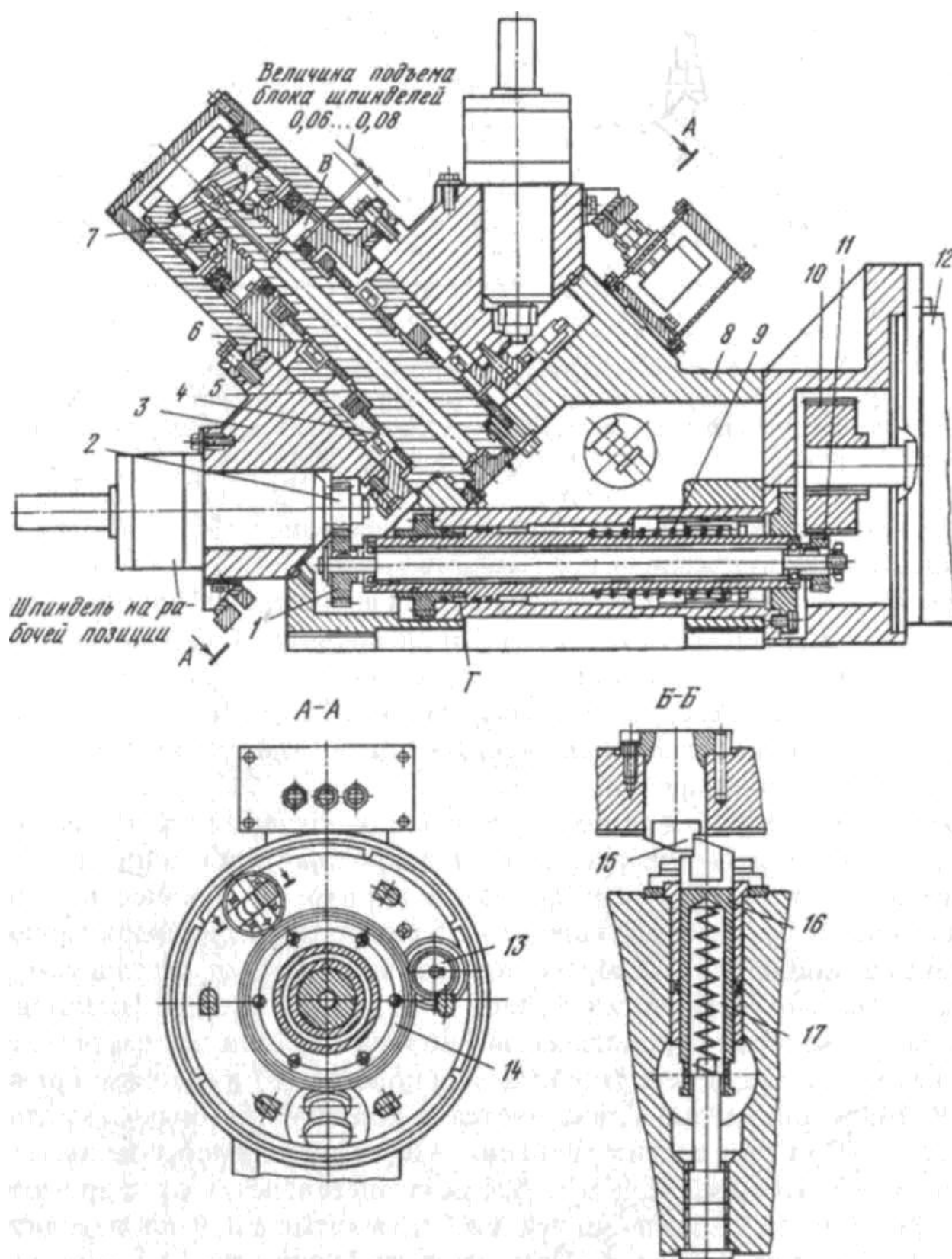


Рисунок 9.12. Револьверная бабка.

Зажимные приспособления АС обеспечивают базирование заготовки ГС требуемой точностью и надежное ее закрепление. В автоматизированных приво-

дах зажима используют пневматические или гидравлические цилиндры, а также электро- или гидромеханические ключи.

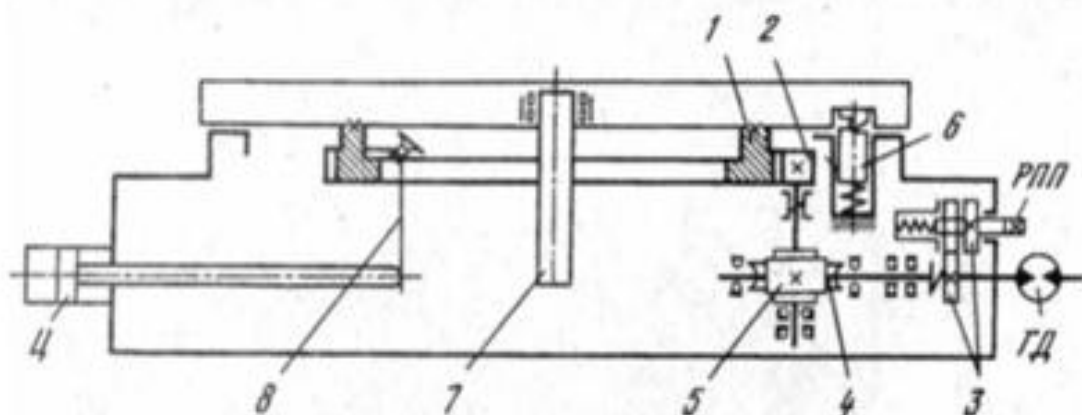


Рисунок 9.13. Кинематическая схема делительного стола с гидроприводом: ГД – гидродвигатель, Ц – цилиндр, РПП – ручной привод поворота планшайбы; 1 – зубчатый венец, 2 – приводная шестерня, 3 – колеса ручного привода, 4 – червячное колесо, 5 – червяк, 6 – фиксатор, 7 – центральная ось, 8 – рычаг зажима.

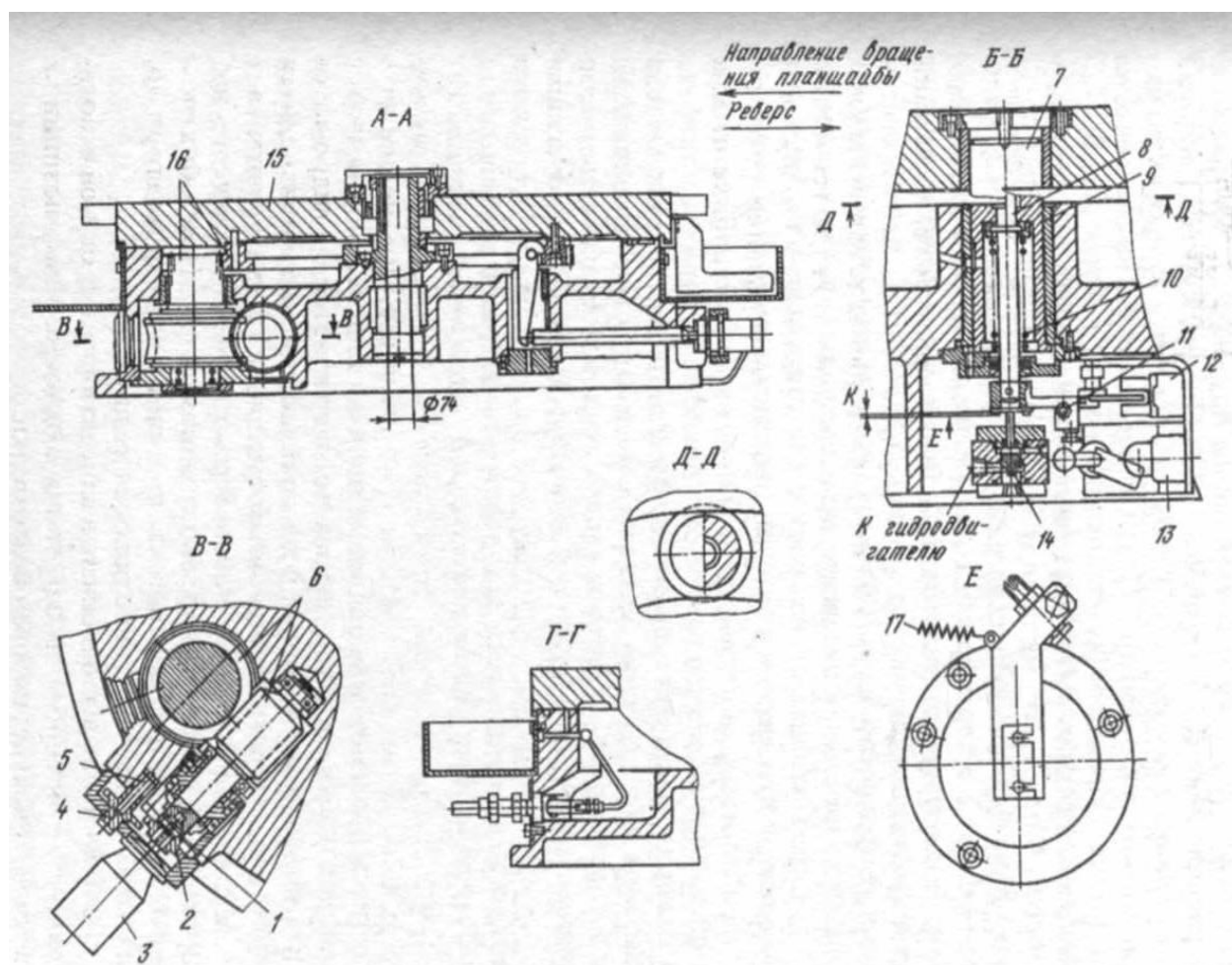


Рисунок 9.14. Поворотно-делительный стол с гидроприводом.

ГЛАВА 10 ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ

10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Протягивание является одним из наиболее производительных методов обработки, успешно конкурирующим с такими методами как фрезерование, долбление, строгание, зенкерование, развертывание, точение и растачивание. Отличительными особенностями процесса протягивания является обработка многолезвийным режущим инструментом (рисунок 10.1), совмещение чернового и чистового резания, отсутствие подачи как отдельного движения механизмов станка (подача заложена в конструкцию протяжки в виде подачи на зуб). Преимущество протягивания перед другими способами механической обработки заключается в том, что протягивание обеспечивает высокую точность и качество обрабатываемой поверхности, а также высокую производительность. Протяжные станки требуют, небольшой производственной площади, просты в конструкции и обслуживании, легко поддаются автоматизации и встройке в автоматические линии. Основным недостатком протягивания является высокая стоимость и сложность изготовления инструмента - протяжек, обладающих к тому же невысокой стойкостью. Наибольшее распространение протяжные станки получили в автотракторном, сельскохозяйственном, транспортном, энергетическом и подъемно-транспортном машиностроении.

Разработка и производство протяжных станков развивается по двум основным направлениям: создание универсальных станков с широкими технологическими возможностями для мелкосерийного и индивидуального производства; создание специальных станков, автоматов и полуавтоматов с механизированными и автоматическими наладками для крупносерийного производства.

По компоновочному решению протяжные станки делятся на горизонтальные и вертикальные, по назначению - для внутреннего и наружного протягивания. Среди станков для наружного протягивания как отдельную группу можно выделить протяжные станки непрерывного действия, компоновка которых имеет самые различные варианты.

Основные параметры протяжных станков имеют следующие диапазоны: тяговое усилие 10-2000 кН; длина рабочего хода 630-6000 мм; наибольшая длина инструмента 400-11000 мм; скорость резания 1-50 м/мин и более; производительность 50-400 шт./час на станках возвратно-поступательного действия и до 3000 шт./час на станках непрерывного действия. Характеристики основных типов протяжных станков представлены в таблице 10.1.

Большинство протяжных станков имеют нормальную точность, что позволяет получать отверстия и размеры протянутых поверхностей по 7 – 9 квалитетам точности.

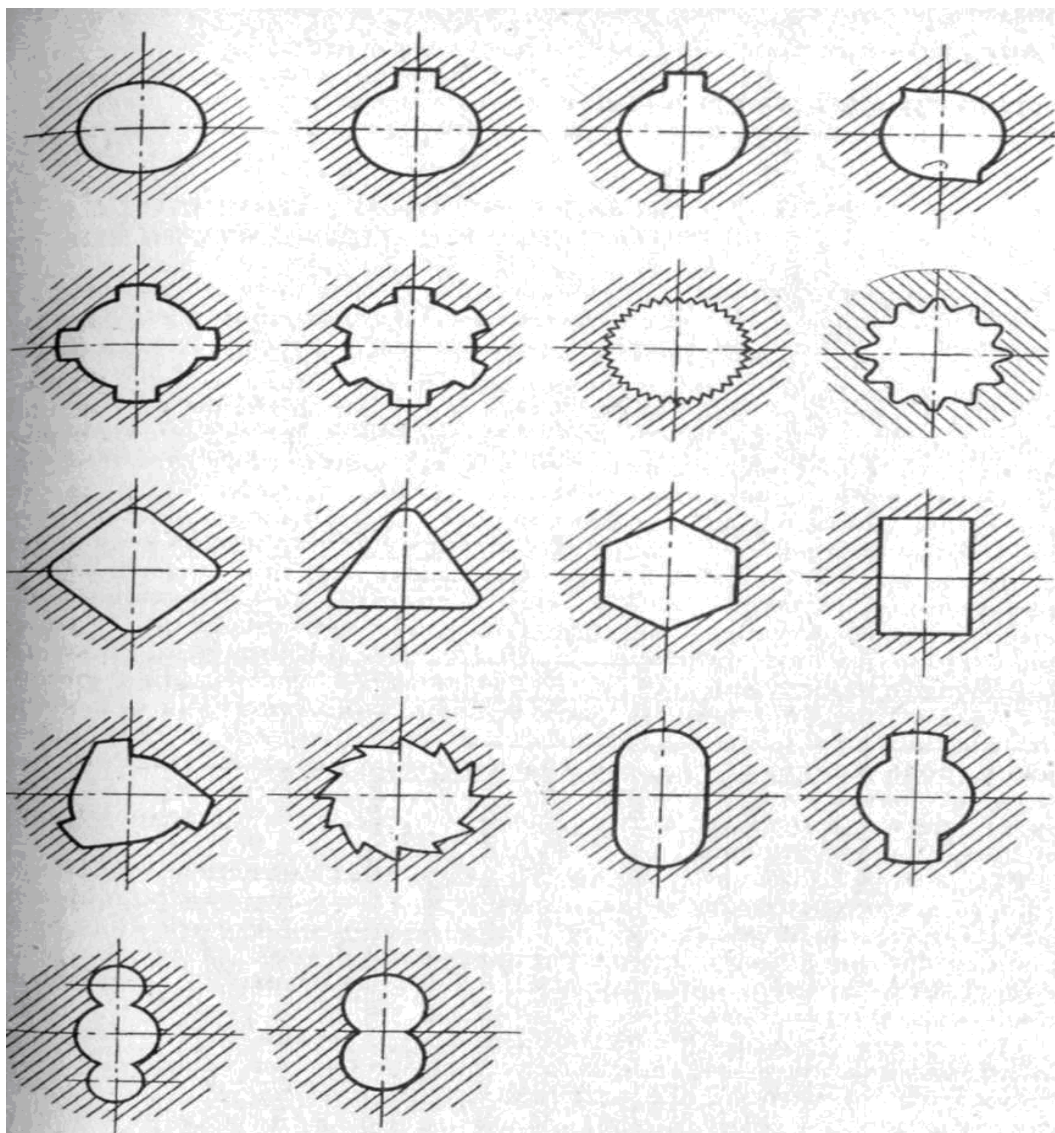


Рисунок 10.1. Поверхности, обрабатываемые протягиванием.

Таблица 10.1. Технические характеристики протяжных станков

Назначение и тип станка	Мощность станка	Ягодная сила, кН	Скорость рабочего хода, м/мин	Длина рабочего хода, мм	Мощность главного привода, кВт
Горизонтальный общего назначения	753 5	50	1, 5-13,0	2000	37
Горизонтальный для наружного протягивания с боковым расположением ползуна	МП 2-940	00	1, 5-30,0	3000	30
Вертикальный общего назначения для внутреннего протягивания	763 5-001	60	1, 5-13,0	2000	22

Вертикальный общего назначения для наружного протягивания	773 6-011	1 60	5, 0-25,0	2500	60
Вертикальный сдвоенный для наружного протягивания	778 4	2 50	•1 3	1600	37
Вертикальный повышенной точности для наружного протягивания	МП 5-1020	1 00	1, 0-36,0	1250	37
Вертикальный-специальный повышенной точности для наружного протягивания	МП 7-1490	2 5 100	22 ,0-55,0 3,0-12,0	670	22 \ 10-22
Непрерывного действия					

10.2. ГОРИЗОНТАЛЬНО-ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРОТЯГИВАНИЯ.

Методом внутреннего протягивания (рисунок 10.2) обрабатываются цилиндрические и многогранные отверстия, шпоночные канавки, шлицевые соединения, прямые и винтовые канавки, зубья колес с внутренним зубом и т.д.

Горизонтально-протяжные станки для внутреннего протягивания в своем большинстве являются универсальными: они пригодны как для мелкосерийного, так и для среднесерийного производства. Их конструкция приспособлена для быстрой переналадки на изготовление новых деталей. Станки этого типа с помощью несложных приспособлений можно использовать для наружного протягивания.

Типичный горизонтально-протяжной полуавтомат для внутреннего протягивания (см. рисунок 10.2) состоит из основной станины 1 с опорной плитой 10, рабочим гидроцилиндром 13, перемещающим рабочие салазки с рабочим патроном. К основной станине присоединена приставная станина 5 со вспомогательными салазками 7, вспомогательным патроном 6, механизмом фиксации 8 и вспомогательным поддерживающим роликом 4, на который опирается протяжка 3. Гидравлический привод станка 14 состоит из бака, насоса, электродвигателя, контрольно-регулирующей и распределительной гидроаппаратуры.

Присоединительные размеры горизонтально-протяжного полуавтомата показаны на рисунке 10.3. Одним из наиболее ответственных узлов горизонтально-протяжного станка является рабочий патрон, который обеспечивает захват переднего хвостовика протяжки при резании. Станки этой группы комплектуются рабочими патронами под протяжки с круглыми хвостовиками и рабочим патроном для плоских хвостовиков. Существует достаточно много вариантов конструкций рабочих патронов. Один из таких вариантов для протяжек с круглым хвостовиком показан на рисунке 10.4. В корпусе 1 расположены два валика 2 с выточками под шейку хвостовика протяжки. Валики кинематически связаны между собой с по-

мощью зубчатых секторов 3, расположенных на их торцах. В рабочем состоянии (захват хвостовика протяжки) валики удерживаются пружиной 4. Раскрытие патрона обеспечивается рычагом 5, закрепленным на одном из валиков. Рычаг поворачивается для раскрытия патрона в конце обратного хода при наезде на неподвижный упор, который закреплен на станине.

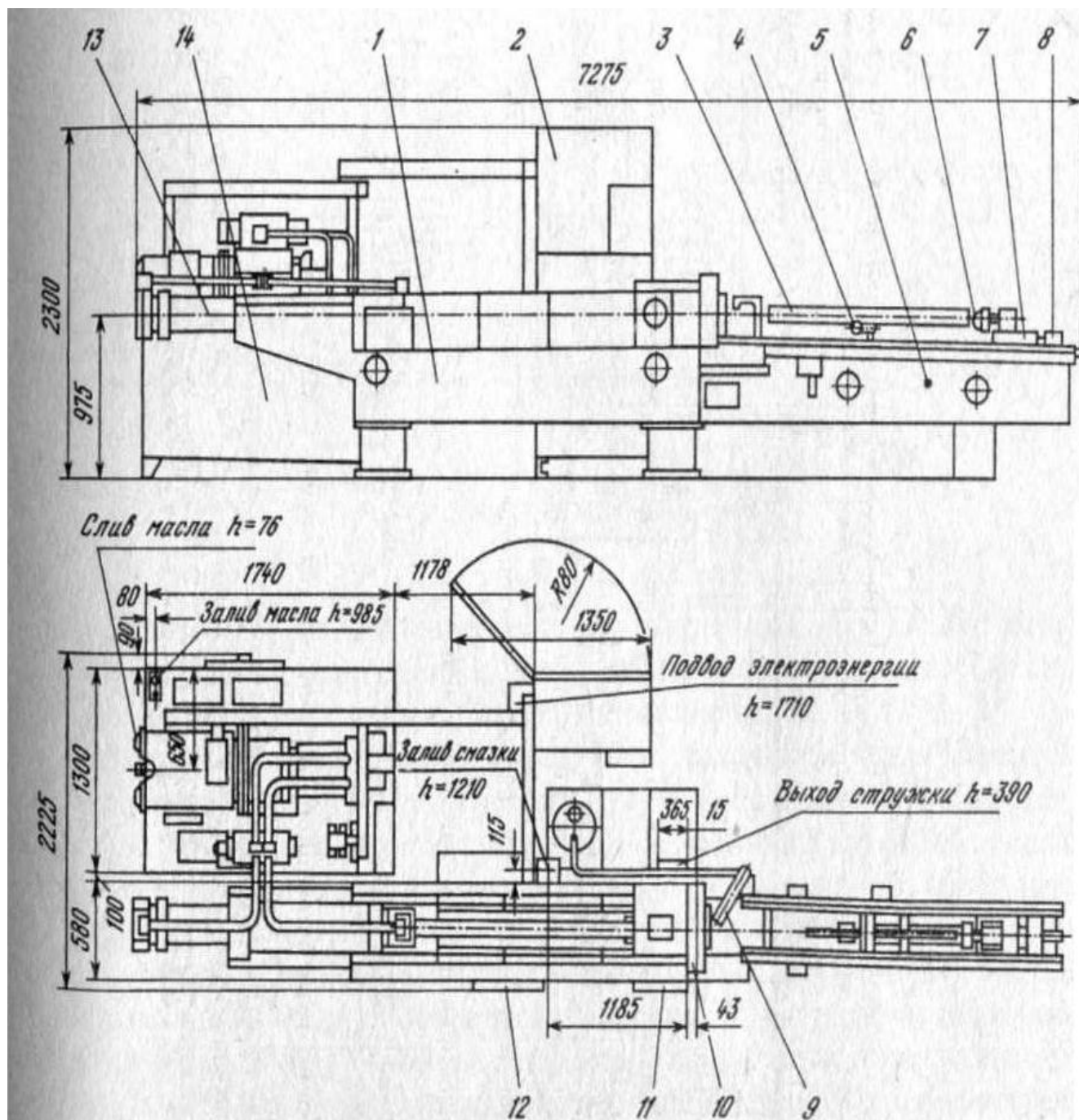


Рисунок 10.2. Горизонтально-протяжной автомат для внутреннего протягивания: 1 – станина, 2 – электрический шкаф, 3 – протяжка, 4 – поддерживающий ролик, 5 – приставная станина, 6 – вспомогательный патрон, 7 – вспомогательные салазки, 8 – механизм фиксации, 9 – устройство подачи СОЖ, 10 – опорная плита, 11 – пульт управления, 12 – механизм настройки длины хода рабочих салазок, 13 – рабочий гидроцилиндр, 14 – гидропривод.

Существует достаточно много вариантов конструкций рабочих патронов. Один из таких вариантов для протяжек с круглым хвостовиком показан на рисунке 10.4. В корпусе 1 расположены два валика 2 с выточками под шейку хвостовика протяжки. Валики кинематически связаны между собой с помощью зубчатых секторов 3, расположенных на их торцах. В рабочем состоянии (захват хвостовика протяжки) валики удерживаются пружиной 4. Раскрытие патрона обеспечивается рычагом 5, закрепленным на одном из валиков. Рычаг поворачивается для раскрытия патрона в конце обратного хода при наезде на неподвижный упор, который закреплен на станине.

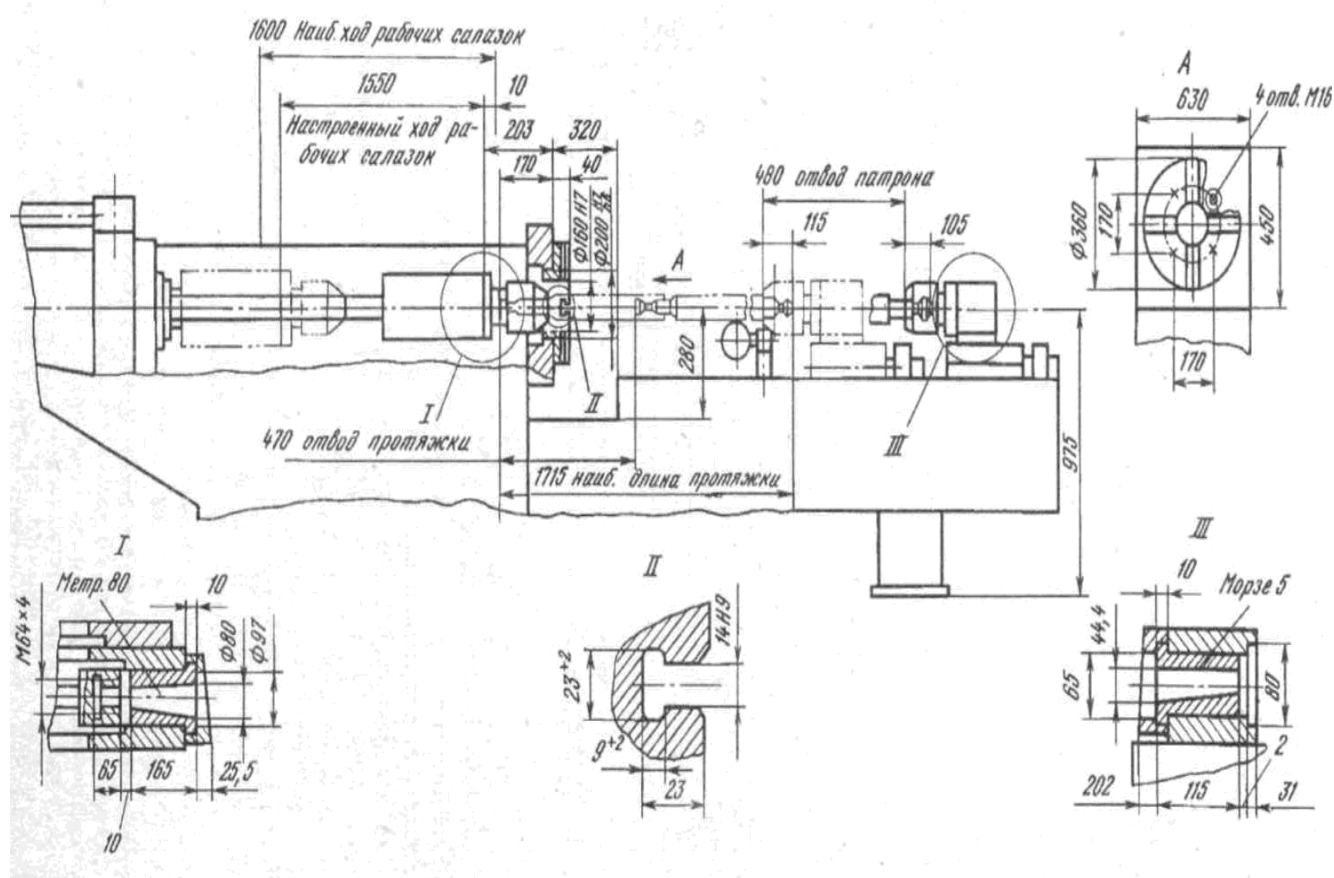


Рисунок 10.3. Схема наладки и присоединительные размеры горизонтального протяжного полуавтомата.

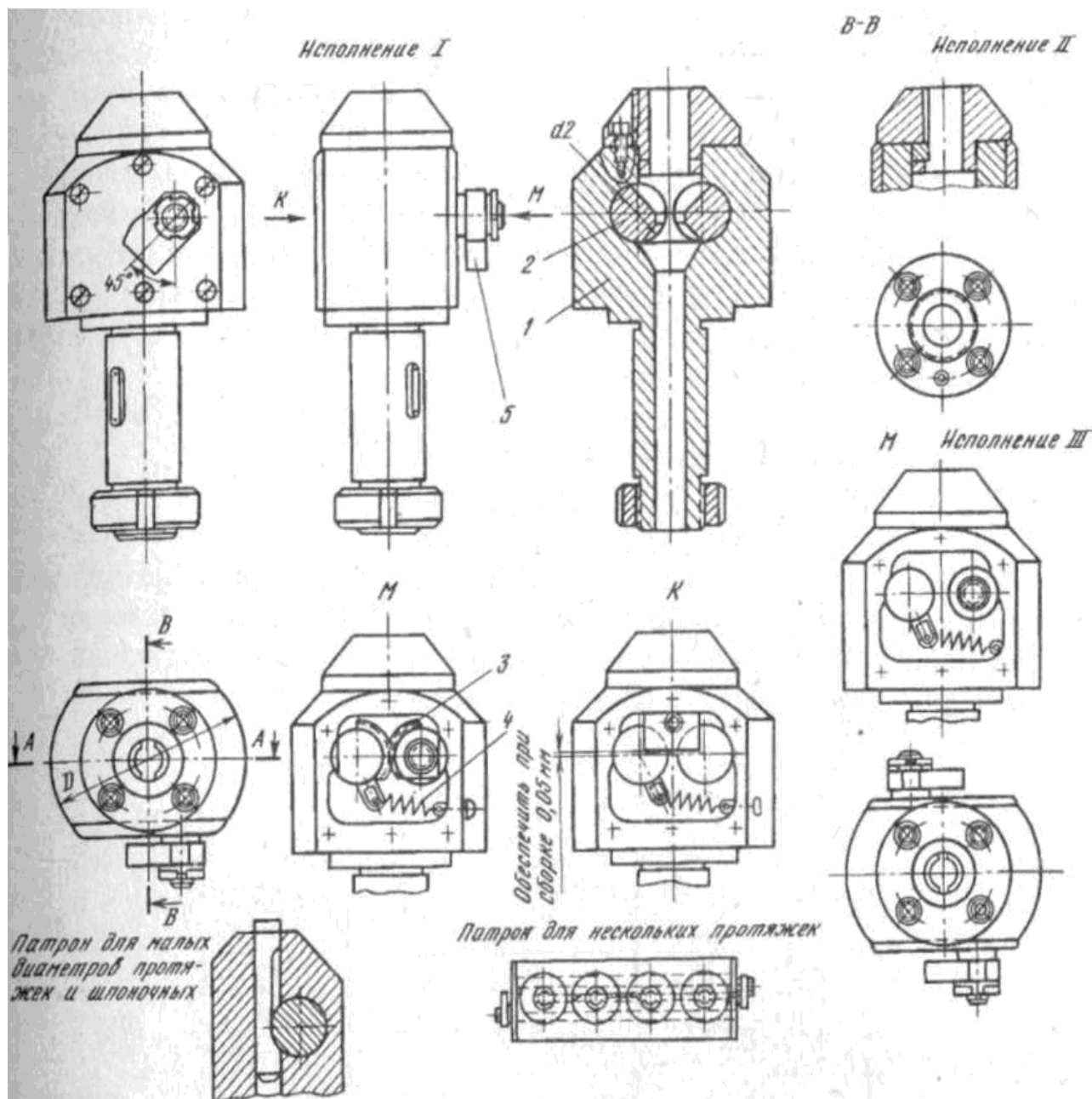


Рисунок 10.4. Рабочий патрон.

10.3. ВЕРТИКАЛЬНО-ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРОТЯГИВАНИЯ.

Вертикально-протяжные станки для внутреннего протягивания применяются как правило в серийном производстве. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с горизонтально-протяжными станками:

- нет провисания и искривления оси протяжки;
- на базе вертикального исполнения проще модернизировать станок для одновременной работы двумя и более протяжками, что резко повышает производительность;

- производственная площадь для вертикально-протяжного станка почти в два раза меньше, чем для горизонтально-протяжного.

На рисунке 10.5 показана компоновка и установочные размеры вертикально-протяжного полуавтомата мод. 7623. Конструкция станка состоит из установленной на основании 1 станины 5 с рабочим цилиндром и салазками 11, несущими рабочий патрон. На станине смонтирована также консольная тумба 3 со столом 4. В верхней части станины расположены вспомогательные салазки 9 со вспомогательным патроном 10. В основании станка находятся насосы 6 для подачи СОЖ, конвейер 2 удаления стружки и магнитные ловушки, необходимые для предварительной очистки СОЖ от стружки. Насосная установка 7 расположена сзади станины. Вся электроаппаратура расположена в электрошкафу 8.

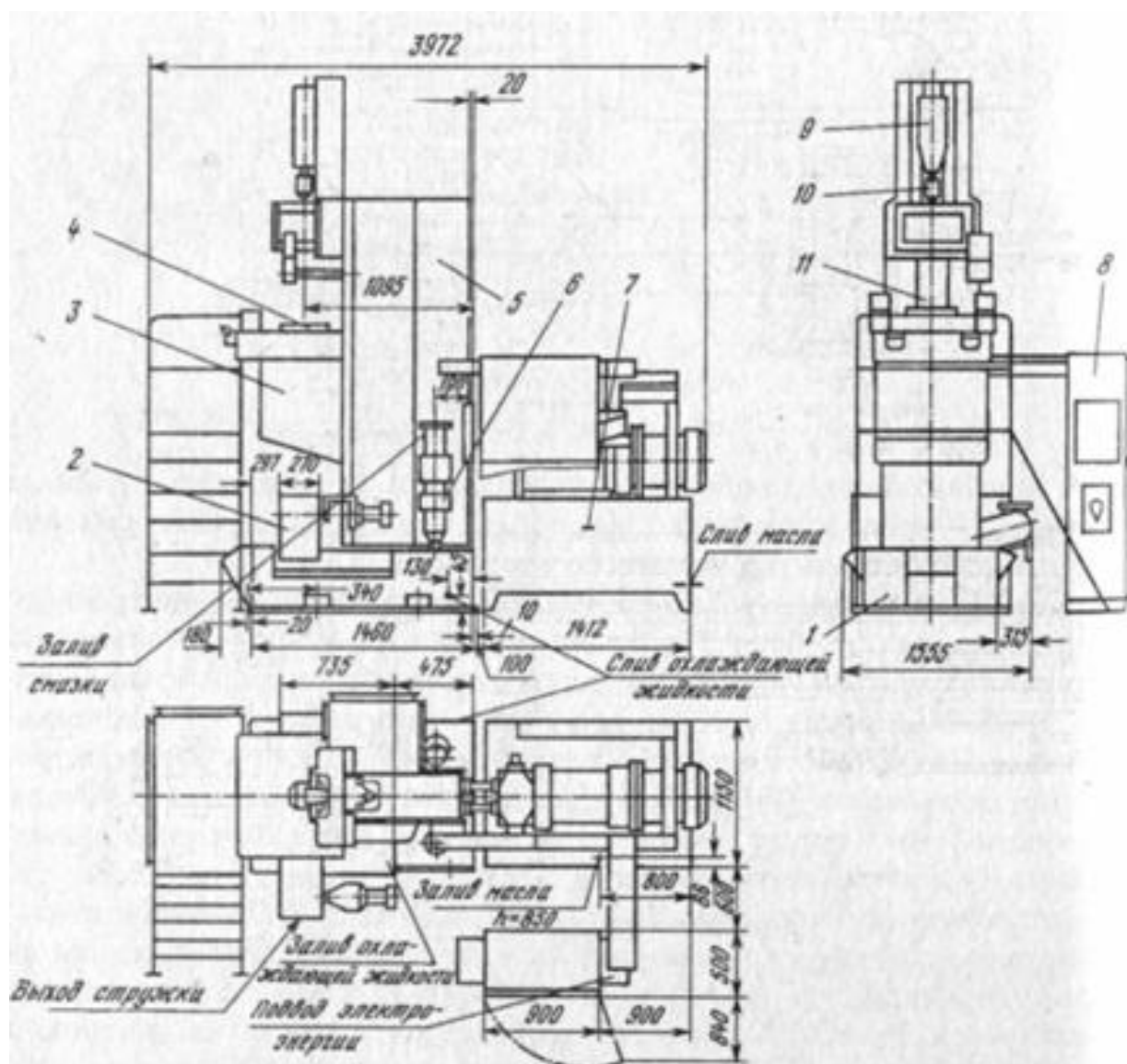


Рисунок 10.5. Вертикально-протяжной станок для внутреннего протягивания.

Присоединительные размеры и основные исполнительные органы вертикально-протяжного автомата мод. 7623 показаны на рисунке 10.6. Многие узлы

The technical drawing illustrates a mechanical assembly with the following components and dimensions:

- Main Assembly View (Left):** Shows a vertical arrangement of parts. Key dimensions include a total height of 2140, a section width of 65, and a distance of 50 between components. A note indicates "18 до упора в крышку рабочего цилиндра".
- Section B-B (Middle):** A cross-sectional view showing internal components. Dimensions include 85 at the bottom, 80 and 95 for different sections, and a central diameter of $\phi 36 H7/k6$.
- Section I-I (Top Right):** A cross-section of a component labeled "Морзе 5". It features a top diameter of $\phi 40$, a central hole of $\phi 45$, and outer diameters of $\phi 60 H7/k6$ and $\phi 65$. Vertical dimensions are 38, 86, and 10.
- Section II-II (Bottom Right):** A cross-section of a component labeled "Метр 80". It shows a conical surface with a $\angle 1:20$ slope, a top diameter of $\phi 97$, a central hole of $\phi 80$, and a base diameter of $\phi 100 H7/k6$ with a radius $R70$. Vertical dimensions are 35.5, 10, and 160.
- Front View (Bottom Center):** A circular flange with an outer diameter of $\phi 250$ and a central hole of $\phi 100$. The overall width is 320 and the depth is 400.

109

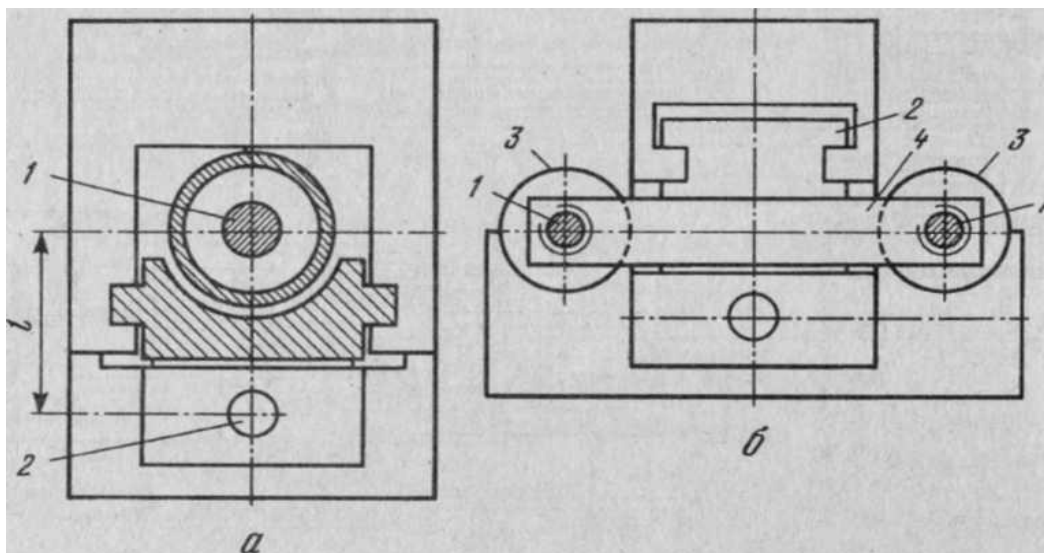


Рисунок 10.7. Схемы компоновки вертикально-протяжных станков с одним (а) и двумя (б) тянущими гидроцилиндрами.

10.4. ВЕРТИКАЛЬНО-ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ НАРУЖНОГО ПРОТЯГИВАНИЯ.

Вертикально-протяжные станки общего назначения для наружного протягивания применяются как правило в крупносерийном и массовом производстве. На рисунке 10.8 показан общий вид станка мод. 7745.

Компоновки этих станков аналогичны компоновкам вертикально-протяжных станков для внутреннего протягивания, а конструкции состоят из узлов, большинство из которых унифицировано с узлами вертикальных внутрипротяжных станков:

- станины 1 с установленными на ней рабочими гидроцилиндром и салазками;
- тумбы 2 с рабочим столом;
- насосной установки 4 и системы подачи СОЖ 3.

Основное различие заключается в том, что вертикально-протяжные станки для наружного протягивания имеют особую конструкцию стола. На станках этого типа используют столы отводные, опрокидывающиеся, поворотные. Наибольшее распространение в настоящее время имеют отводные столы. Это связано с рядом их достоинств:

- простота конструкции;
- удобство размещения установочно-зажимных приспособлений;
- возможность повышения производительности при установке нескольких приспособлений для одновременной обработки нескольких заготовок;
- удобна для автоматизации загрузка-выгрузка деталей.

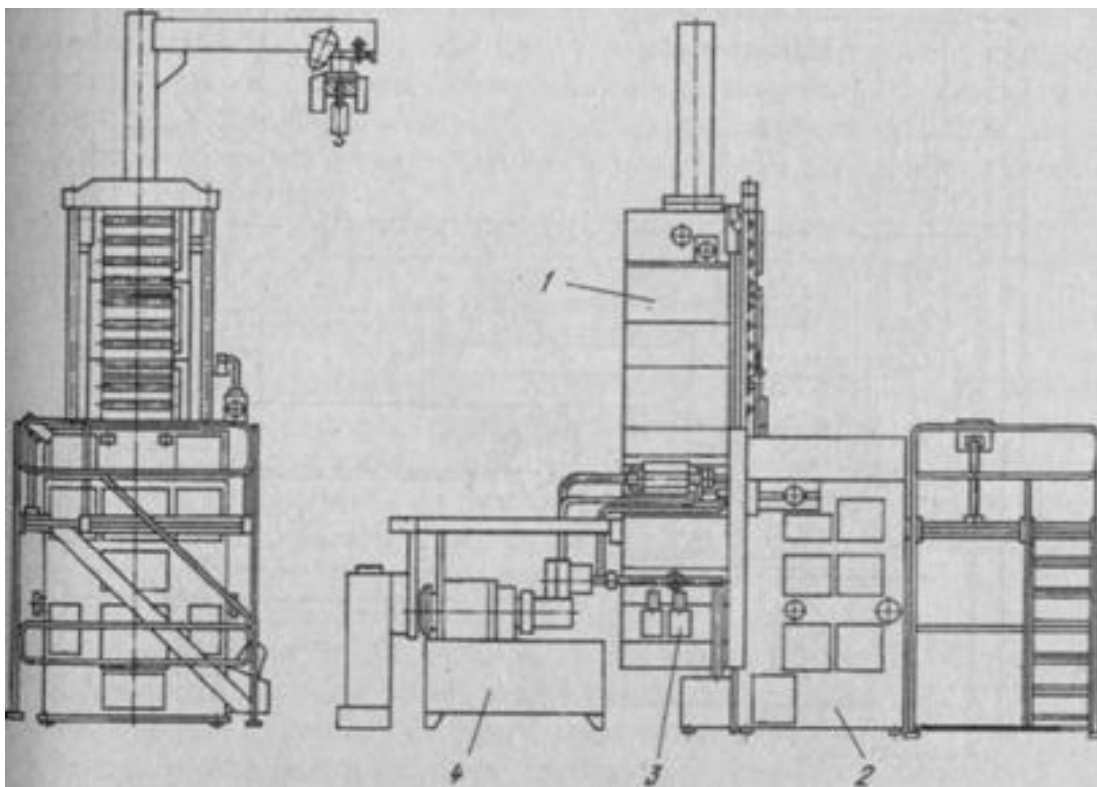


Рисунок 10.8. Вертикально-протяжной станок для наружного протягивания.

На рисунке 10.9 показана конструкция отводного стола для вертикально протяжного станка наружного протягивания. Стол 5 с пазами для закрепления установочно-зажимных приспособлений перемещается по направляющим, расположенным на плите 1. Перемещение происходит за счет поворота на 180 градусов кривошипа 4 под действием гидроцилиндра 9 через рейку 8. На конце плиты 1 есть два упора 6, в которые стол 5 упирается через компенсирующие планки 7 при подводе в рабочее положение. Два упора 3 с винтами 2 предназначены для регулировки установленного на столе 5 зажимного приспособления.

Конструкции отводных столов имеют ряд недостатков: большое количество стыков, снижающее жесткость системы и нежесткая конструкция стола.

Указанные недостатки учтены в конструкции откидного стола, представленной на рисунке 10.10. Стол 1 поворачивается в вертикальной плоскости на оси 2 с помощью гидроцилиндра 3.

На рисунке 10.11 показана конструкция отводного стола повышенной жесткости, что достигается использованием в механизме подвода-отвода стола клинового механизма 1.

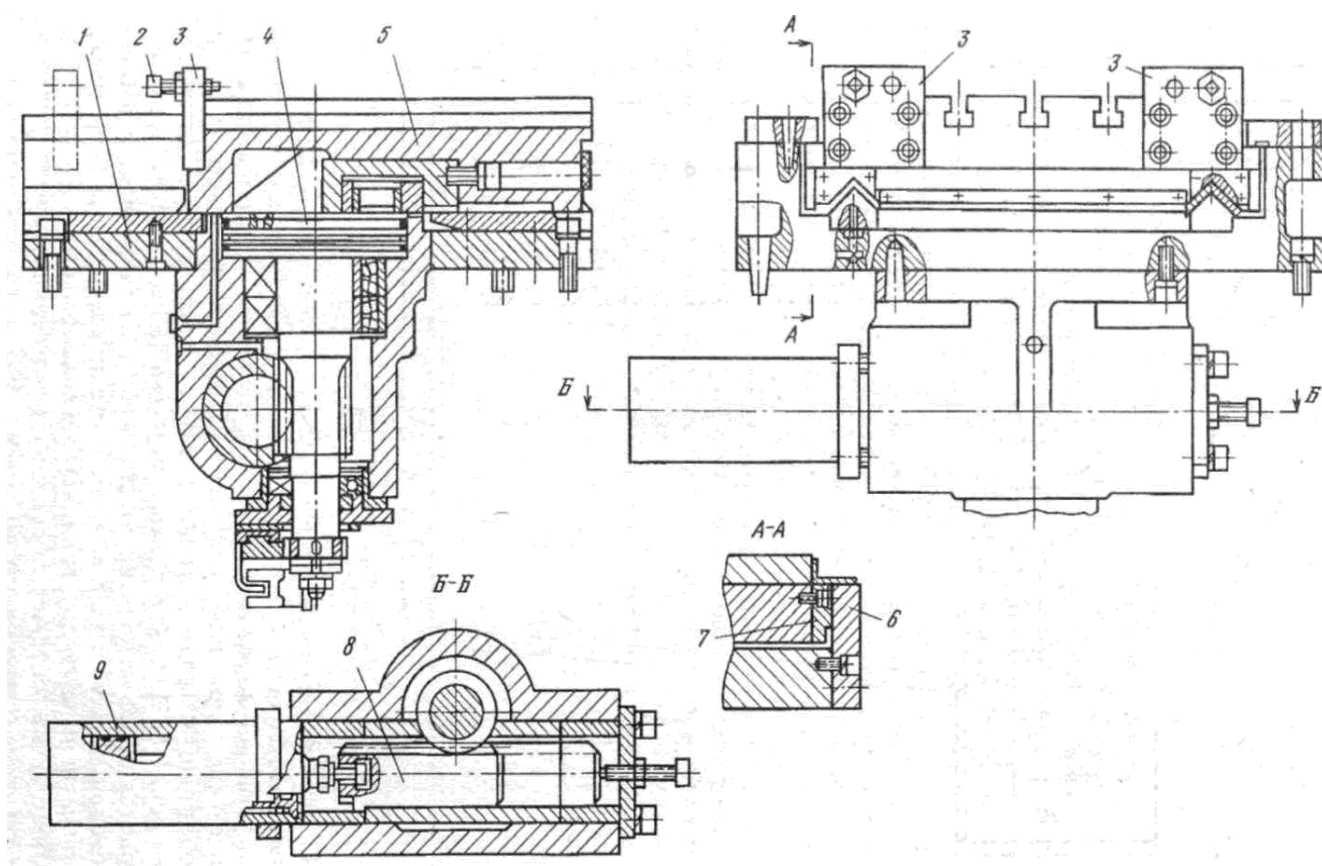


Рисунок 10.9. Отводной стол.

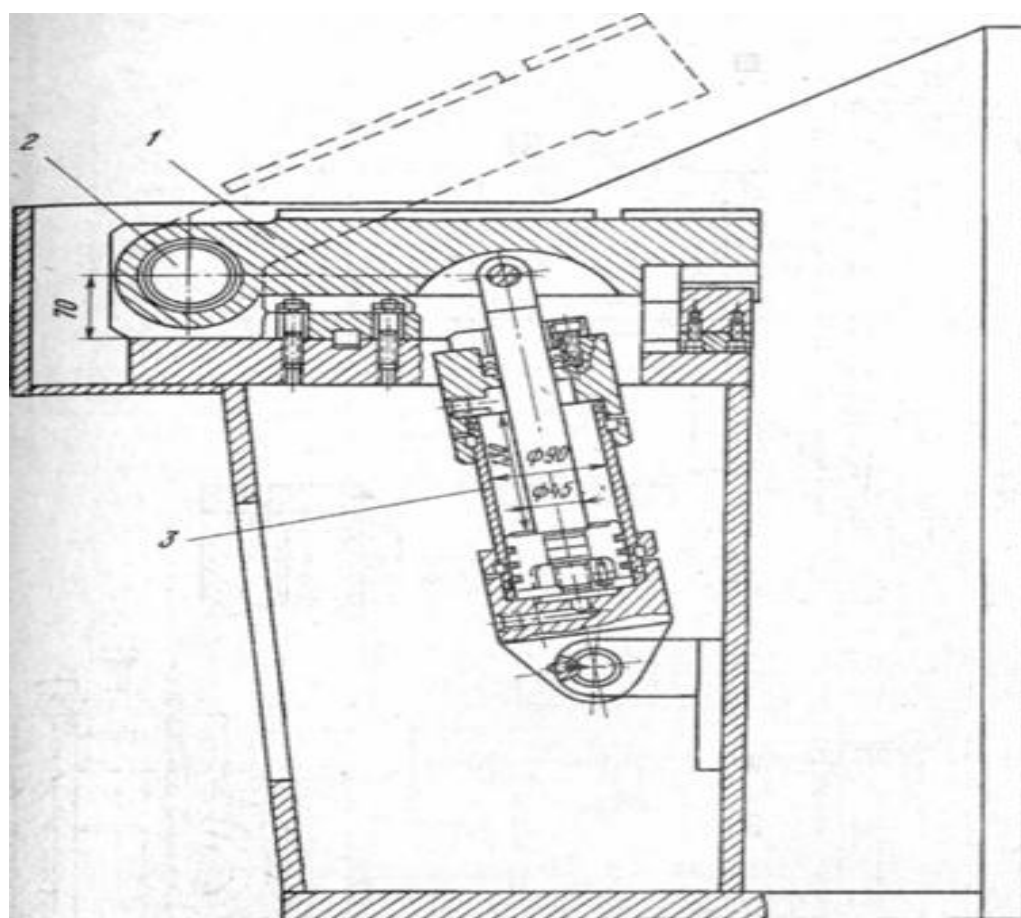


Рисунок 10.10. Откидной стол.

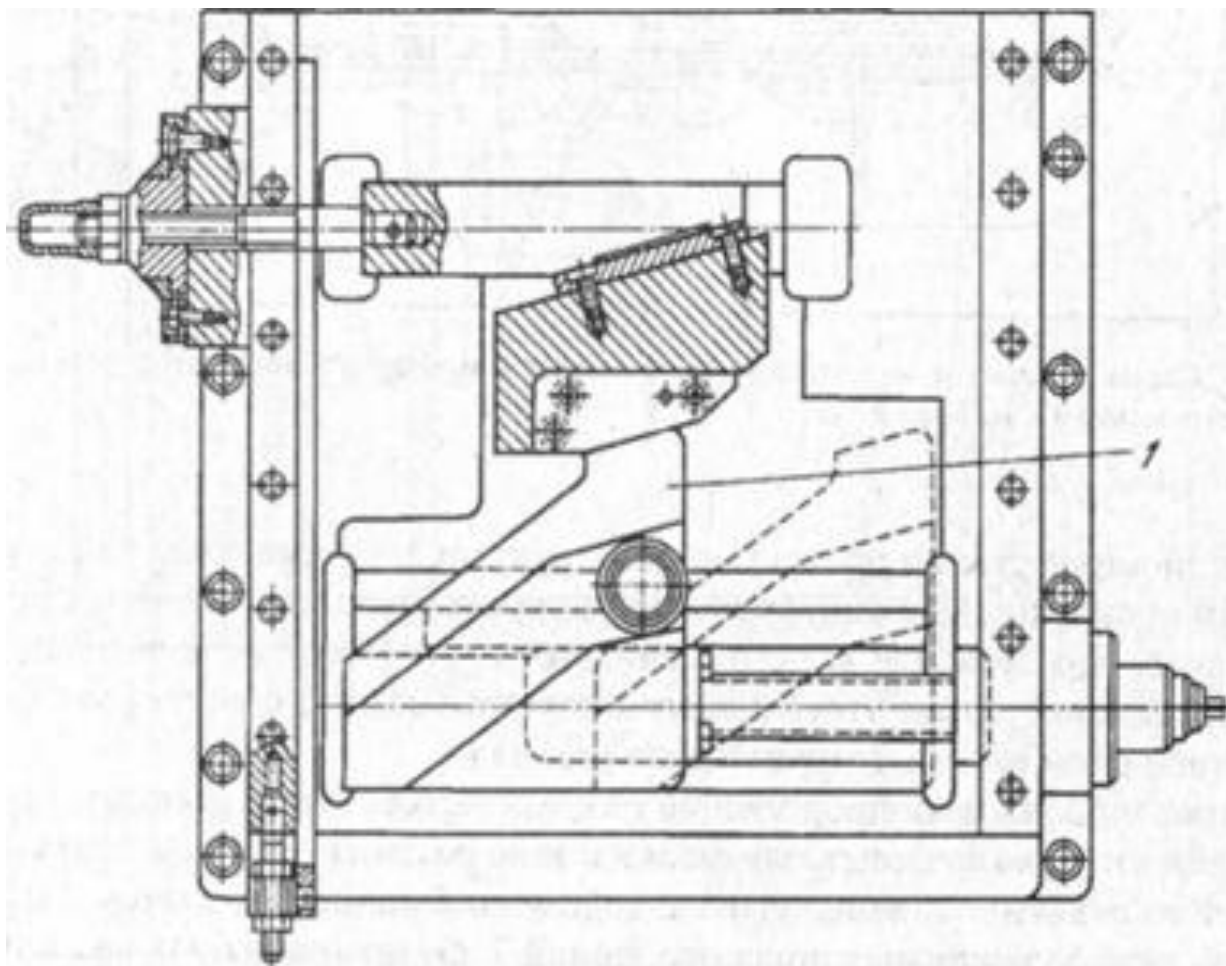


Рисунок 10.11. Отводной стол с клиновым механизмом.

10.5. ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.

Для обработки наружных сквозных поверхностей в массовом и крупносерийном производстве все большее применение получают непрерывно-протяжные станки. Производительность таких станков обычно в 4-5 раз выше, чем обычных протяжных станков возвратно-поступательного действия. Компоночное исполнение этих станков может быть вертикальным, горизонтальным и наклонным. Станки данного класса можно разделить на две группы: с непрерывным перемещением изделий и непрерывным перемещением инструмента. Каждая из указанных групп делится на две подгруппы: ротационные станки и станки с прямолинейным движением в зоне резания (рисунок 10.12).

Ротационные станки просты по конструкции, но непригодны для обработки прямолинейных поверхностей и пазов, кроме того, у этих станков достаточно сложные конструкции протяжек. Поэтому наибольшее распространение среди этого класса получили станки с непрерывным прямолинейным перемещением в зоне резания.

На рисунке 10.12 показан продольный разрез станка с непрерывным прямолинейным перемещением заготовки в зоне резания. Конструкция состоит из станины 1, ведущего 3 и ведомого 8 валов, звездочек 2 и 9, тяговой цепи 5, за-

жимных приспособлений 7, смонтированных на пальцах 6 тяговой цепи. Соосно с ведомым валом расположен манипулятор для загрузки 10, соосно с ведущим валом - манипулятор для выгрузки 4.

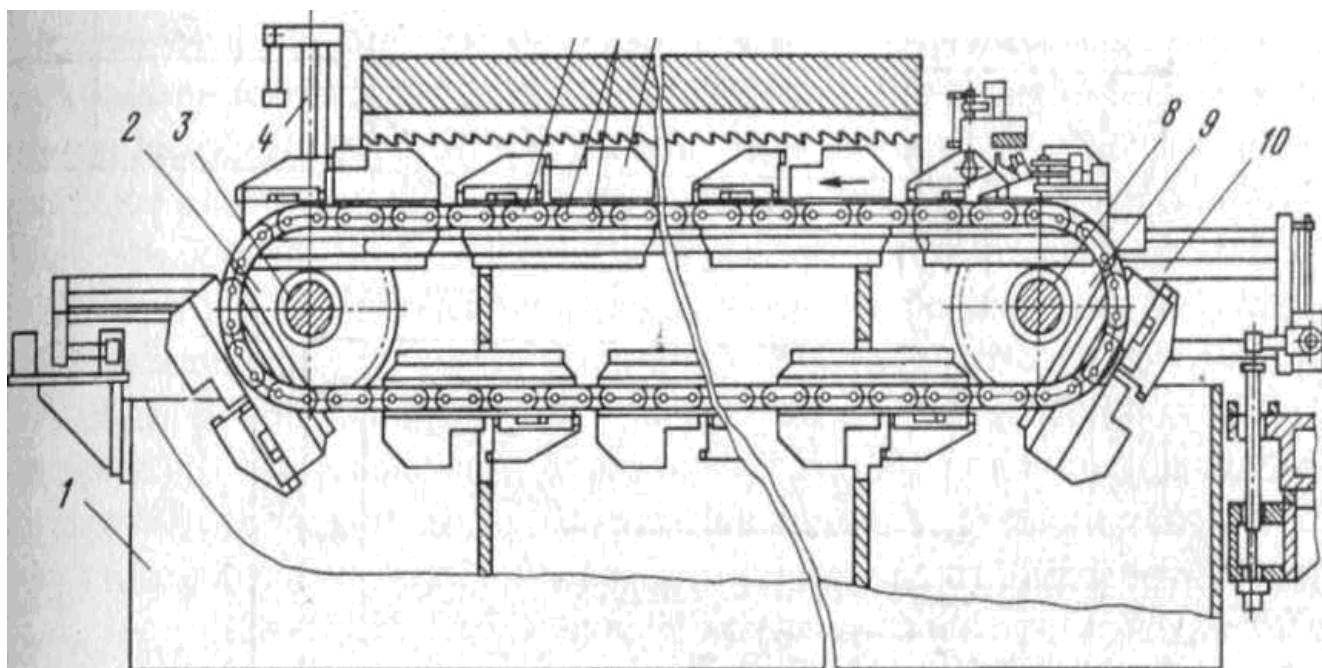


Рисунок 10.12. Схема ротационного протягивания с непрерывным прямолинейным перемещением заготовок в зоне обработки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 6. ФРЕЗЕРНЫЕ И МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	4
6.1. Общие сведения.	4
6.2. Горизонтально-фрезерные станки.....	5
6.3. Другие типы фрезерных станков.....	111
6.4. Фрезерные станки с чпу.....	144
6.5. Приспособления для фрезерных станков.....	177
6.6. Многоцелевые станки для обработки корпусных и плоских деталей.....	19
ГЛАВА 7. СВЕРЛИЛЬНЫЕ СТАНКИ.....	355
7.1. Вертикально-сверлильные станки.....	366
7.2. Радиально-сверлильные станки.	49
ГЛАВА 8. РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ	600
8.1. Горизонтально-расточные станки.....	600
8.2. Координатно-расточные станки.	700
8.3. Отделочно-расточные станки.....	78
ГЛАВА 9. АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ.....	87
9.1. Классификация и типовые компоновки.	89
9.2. Унифицированные узлы агрегатных станков.	911
ГЛАВА 10 ПРОТЯЖНЫЕ СТАНКИ	1022
10.1. Общие сведения.	1022
10.2. Горизонтально-протяжные станки для внутреннего протягивания.	1044
10.3. Вертикально-протяжные станки для внутреннего протягивания.....	1077
10.4. Вертикально-протяжные станки для наружного протягивания. .	1100
10.5. Протяжные станки непрерывного действия.	1133
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	116

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Станочное оборудование автоматизированного производства. В.В. Бушув. Т.1. - М.: Изд-во «Станкин», 1993. 584 с.
2. Станочное оборудование автоматизированного производства. В.В. Бушув. Т.2. - М.: Изд-во «Станкин», 1993. 578 с.

Учебное издание

Некравцев Евгений Николаевич
Будник Александр Павлович
Чашников Александр Михайлович

КОНСТРУКЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
ОБОРУДОВАНИЕМ
Часть 2

В авторской редакции

Подписано к изданию 29.03.2022.
Уч.-изд. л. 13,8

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14