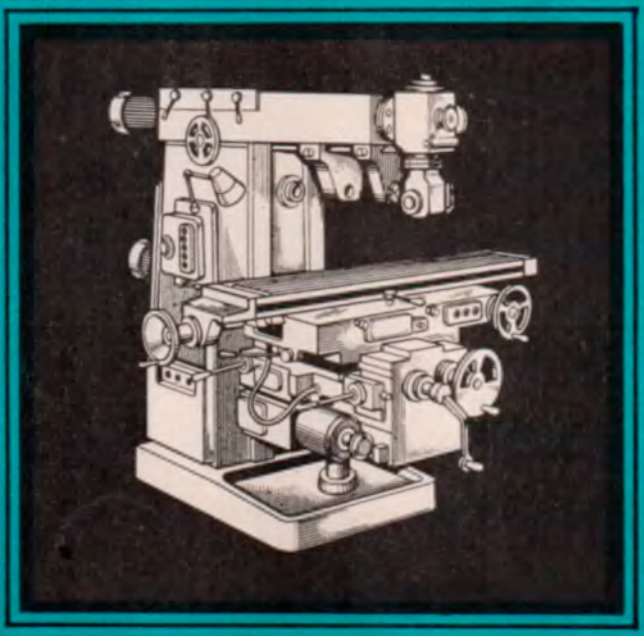
БИБЛИОТЕКА СТАНОЧНИКА

А.Г. Ничков

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ



БИБЛИОТЕКА СТАНОЧНИКА

А. Г. Ничков

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

67929

Москва * Машиностроение * 1977

6П4.6.08
Н60
УДК 621.914.3

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук проф. **Б. Н. Бирюков**, инж. **И. С. Вислобокова**, канд. техн. наук **В. И. Климов**, инж. **Г. Н. Кокшаров**, проф. **В. В. Лоскутов** (председатель), инж. **И. В. Маракулин**, Герой Социалистического Труда, токарь **Л. Я. Мехонцев**, лауреат Государственной премии СССР, проф. **С. И. Самойлов**, д-р техн. наук проф. **А. В. Третьяков**, проф. **С. П. Шабашов**, д-р техн. наук проф. **Ю. С. Шарин**

Рецензент инж. О. М. ЛЕОНТЬЕВ

Ничков А. Г.

Н60 Фрезерные станки. М., «Машиностроение», 1977.

184 с. с. ил. (Библиотека станочника).

В книге описаны конструкции современных фрезерных станков, рассмотрена их кинематика. Даны сведения об особенностях эксплуатации этих станков и их наладке. Приведены данные о станках с программным управлением и показана эффективность их применения.

Книга предназначена для рабочих-фрезеровщиков.

Н $\frac{31304\text{-}139}{(038)01\text{-}77}$ 139-77 6П4.6.08

© Издательство «Машиностроение», 1977 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг., принятых XXV съездом КПСС, отмечается, что в промышленности необходимо увеличить производство металлорежущих станков в 1,5—1,6 раза, улучшить качество выпускаемых машин, повысить их технический уровень, производительность и надежность, улучшить структуру выпускаемого металлообрабатывающего оборудования в целях наиболее полного удовлетворения потребностей промышленности. Необходимо обеспечить опережающее развитие выпуска станков с числовым программным управлением, производство тяжелых и уникальных станков, высокоточных станков, значительно увеличить выпуск специальных станков и автоматических линий, организовать серийное производство автоматических манипуляторов с программным управлением, позволяющих механизировать и автоматизировать тяжелые физические и монотонные работы.

Фрезерные станки составляют значительную долю в общем объеме металлорежущего оборудования. На некоторых предприятиях фрезерные станки составляют примерно пятую часть от всего заводского парка станков. На фрезерных станках выполняют весьма широкий круг работ, что обеспечивается разнообразием конструкций и кинематики станков, а также инструмента. Типы и модели фрезерных станков отличаются назначением, конструкцией, кинематикой, размерами, уровнем автоматизации и степенью точности.

Достижение и сохранение в течение длительного времени высокой производительности и точности фрезерных станков является важной экономической задачей, которую можно решить совершенствованием конструкций станков, отдельных его элементов, их правильной эксплуатацией, своевременным и технически грамотным обслуживанием.

Повышение производительности фрезерных станков достигается увеличением мощности и быстроходности привода главного движения, скоростей быстрых перемещений, расширением диапазона регулирования скоростей и подач, автоматизацией цикла обработки, автоматизацией и механизацией вспомогательных

движений в станках, применением приспособлений, расширяющих технологические возможности фрезерных станков.

Точность и долговечность фрезерных станков повышается за счет более точного изготовления деталей и узлов, увеличения жесткости станков, применения устройств для автоматической выборки зазоров в сопрягающихся парах, централизованной смазки при хорошей защите от загрязнения трущихся пар.

При проектировании фрезерных станков широко унифицируют узлы и механизмы, что позволяет на базе основной модели создать гамму станков с единым решением по конструкции и системам управления.

Значительно увеличился выпуск фрезерных станков с ЧПУ, которые позволяют существенно повысить производительность труда, автоматизировать мелкосерийное и даже единичное производство, сократить время производственного цикла, повысить точность изготовления деталей, сократить затраты времени на их контроль. Кроме того, получили дальнейшее развитие многооперационные станки, на которых производят комплексную последовательную обработку деталей различными инструментами с автоматической их сменой в рабочей позиции.

Принципиально новыми средствами, которыми начинают оснащать станки, являются промышленные работы — универсальные быстропереналаживаемые манипуляторы с программным управлением, позволяющие механизировать и автоматизировать ручной труд на основных вспомогательных операциях.

Знание конструктивных особенностей и эксплуатационных возможностей фрезерных станков, своевременное их обслуживание при соответствующей организации рабочего места позволит рабочим-фрезеровщикам добиться высокой производительности и качества обработки.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Фрезерный станок — это станок для обработки металлических и других деталей фрезой при поступательном перемещении заготовки.

На фрезерных станках можно обрабатывать плоские и фасонные поверхности с прямыми и винтовыми образующими. Резание осуществляется фрезой — многолезвийным инструментом, у которого зубья расположены на поверхности тела вращения или на торце.

Ввиду многообразия работ, выполняемых фрезерованием, весьма разнообразные и типы фрез (рис. 1). Наиболее распространенными являются цилиндрические фрезы (рис. 1,*а*), применяемые для обработки поверхностей; дисковые (рис. 1,*б*) для изготовления пазов, уступов; концевые фрезы (рис. 1,*в*), используемые для обработки пазов, уступов, фасонных поверхностей; торцовые фрезы (рис. 1,*г*) для обработки поверхностей, уступов, пазов; фасонные фрезы (рис. 1,*д*) для изготовления фасонных поверхностей. Стрелками на рисунках показаны направления движения, сообщаемые фрезе и заготовке в процессе резания.

Для того чтобы получить фрезерованием на детали требуемую поверхность, необходимо сообщить инструменту и заготовке вполне определенные движения, согласованные друг с другом. Эти движения в станках разделяют на основные и вспомогательные.

К основным движениям относят главное движение, называемое еще движением резания, и движение подачи.

Во фрезерных станках главное движение (вращательное) совершает фреза, а движение подачи может выполнять либо заготовка, либо фреза.

Вспомогательные движения необходимы в станке для подготовки процесса резания. К вспомогательным движениям относятся движения, связанные с настройкой и наладкой станка, его управлением, закреплением и освобождением детали и инструмента, подводом инструмента к обрабатываемым поверхностям и его отводом; движения приборов для автоматического контроля размеров и т. д. Вспомогательные движения можно выполнять

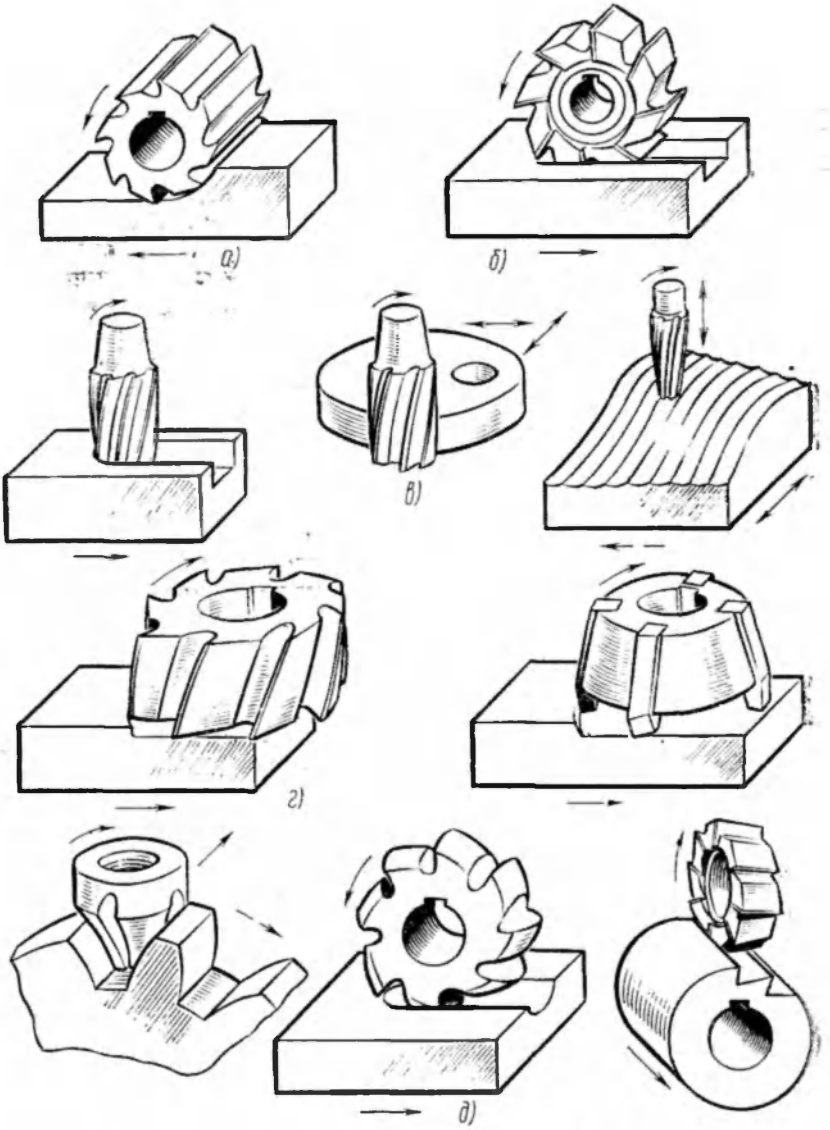


Рис. 1. Основные типы фрез и обрабатываемых ими поверхностей

на станках как автоматически, так и вручную. На станках-автоматах все вспомогательные движения в определенной последовательности выполняются автоматически.

2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ И ИХ КОМПОНОВКА

Фрезерованием обрабатывают различные по форме и размерам детали со сложными поверхностями. Все это обусловливает большое конструктивное разнообразие фрезерных станков. Различают станки консольно-фрезерные (универсальные, горизонтальные, широкоуниверсальные, вертикальные); продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные); фрезерные непрерывного действия (барабанные и карусельные); копировально-фрезерные и гравировально-фрезерные; бесконсольные вертикально-фрезерные и разные (шпоночно-фрезерные, фрезерно-центровальные, торцефрезерные и др.).

На рис. 2—17 изображены основные виды компоновок фрезерных станков, перечисленных выше, (стрелками указаны рабочие движения). Отличительной особенностью консольно-фрезерных станков является наличие консоли, которая несет на себе каретку со столом и перемещается по направляющим станины в вертикальном направлении. На фрезерных станках консольного типа удобно вести наблюдение за обработкой, так как перемещением консоли можно обеспечить необходимое положение фрезеруемой поверхности. Станки имеют удобное ручное управление, универсальны. Универсальность станков расширяется при применении различных приспособлений, позволяющих кроме фрезерования выполнять операции сверления, зенкерования, развертывания и др. Однако наличие консоли снижает жесткость станка, точность обработки и ограничивает массу деталей, обрабатываемых на станке.

Универсально-фрезерный станок (рис. 2) имеет горизонтально расположенный шпиндель и предназначен для обработки фрезерованием разнообразных поверхностей на небольших и нетяжелых деталях в условиях единичного и серийного производства. Обработку ведут цилиндрическими, дисковыми, угловыми, концевыми, фасонными, торцовыми фрезами. На этом станке можно обрабатывать вертикальные и горизонтальные фасонные и винтовые поверхности, пазы и углы. Фрезерование деталей, требующих периодического деления или винтового движения, выполняют с использованием специальных делительных приспособлений.

На станине *2* смонтированы все основные узлы станка. Внутри станины размещены шпиндельный узел и коробка скоростей. Для поддержания оправки с фрезой служит хобот *7* с серьгами *8*. По вертикальным направляющим станины перемещается консоль *3*, несущая коробку подач *1*. По направляющим консоли в поперечном направлении движутся салазки *4* с поворотным уст-

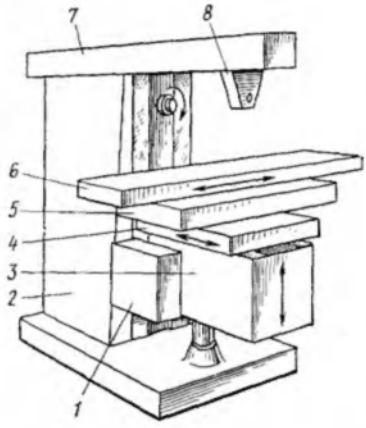


Рис. 2. Универсально-фрезерный станок

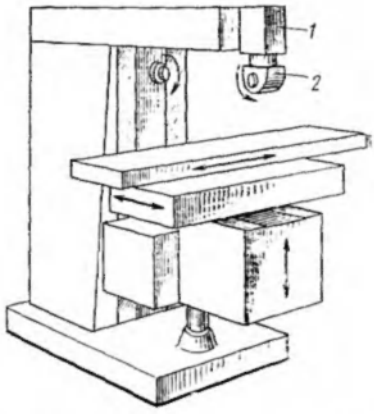


Рис. 3. Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок

ройством *5*, которое несет продольный стол *6* и позволяет поворачивать стол вокруг вертикальной оси на 45° в обе стороны, благодаря чему стол может перемещаться в горизонтальной плоскости под разными углами к оси шпинделя.

Горизонтально-фрезерный станок отличается от универсально-фрезерного станка отсутствием поворотного устройства, т. е. стол станка может перемещаться только перпендикулярно или вместе с салазками параллельно оси шпинделя.

Широкоуниверсальный фрезерный станок (рис. 3) в отличие от горизонтально-фрезерного станка имеет еще одну шпиндельную головку *1*, смонтированную на выдвижном хоботе, которую можно поворачивать под любым углом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Возможна раздельная и одновременная работа обоими шпинделями. Для большей универсальности станка на поворотной головке монтируют накладную фрезерную головку *2*, которая позволяет обработать на станке детали сложной формы не только фрезерованием, но и сверлением, зенкерованием, растачиванием и т. д.

В некоторых станках этого типа (рис. 4) отсутствует консоль, а вместо нее по вертикальным направляющим станины *1* перемещается каретка *2*. Каретка имеет горизонтальные направляющие для салазок *3* с вертикальной рабочей поверхностью и Т-образными пазами, на которых крепят стол *4*, делительные и другие приспособления. Широкая универсальность станка позволяет использовать его в экспериментальных и инструментальных цехах для производства кондукторов, зажимных приспособлений всех типов, инструментов, штампов, пресс-форм и других деталей.

Вертикальный консольно-фрезерный станок (рис. 5) в отличие от горизонтально-фрезерного имеет вертикально расположенный

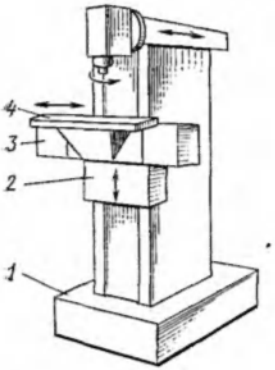


Рис. 4. Широкоуниверсальный бесконсольный фрезерный станок

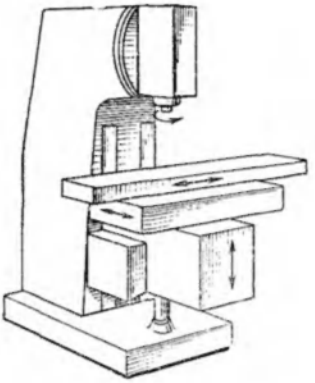


Рис. 5. Вертикальный консольно-фрезерный станок

шпиндель, который в некоторых моделях станков допускает смещение вдоль своей оси и поворот вокруг горизонтальной оси, расширяя тем самым технологические возможности станка.

Вертикально- и горизонтально-фрезерные бесконсольные станки (рис. 6, 7) предназначены для обработки вертикальных, горизонтальных, наклонных поверхностей, пазов в крупногабаритных деталях. В отличие от консольно-фрезерных станков, в этих станках отсутствует консоль, а салазки *2* и стол *3* перемещаются по направляющим станины *1*, установленной на фундамент. Такая конструкция станка обеспечивает более высокую его жесткость и точность обработки по сравнению со станками консольного типа, позволяет обрабатывать детали большой массы и

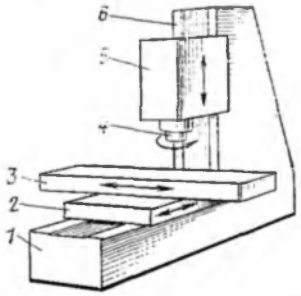


Рис. 6. Вертикально-фрезерный бесконсольный станок

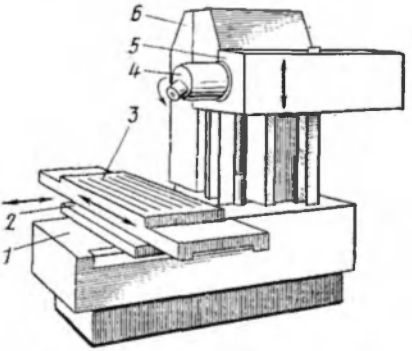


Рис. 7. Горизонтально-фрезерный бесконсольный станок

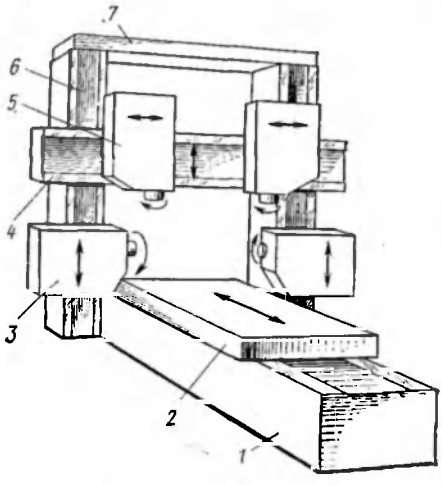


Рис. 8. Продольно-фрезерный станок

размеров. Шпиндельная головка *5*, являющаяся и коробкой скоростей, имеет установочное перемещение по вертикальным направляющим стойки *6*. Кроме того, шпиндель *4* вместе с гильзой можно сдвигать в осевом направлении при точной установке фрезы на требуемый размер.

Другой группой фрезерных станков являются **продольно-фрезерные** станки (рис. 8), которые используют для обработки крупногабаритных деталей, главным образом, торцовыми, а также цилиндрическими, концевыми, дисковыми и фасонными фрезами. Станки делятся на одностоечные и двухстоечные. В четырехшпиндельном двухстоечном продольно-фрезерном станке станина *1* имеет стол *2* и портал, состоящий из двух стоек *6* и балки *7*.

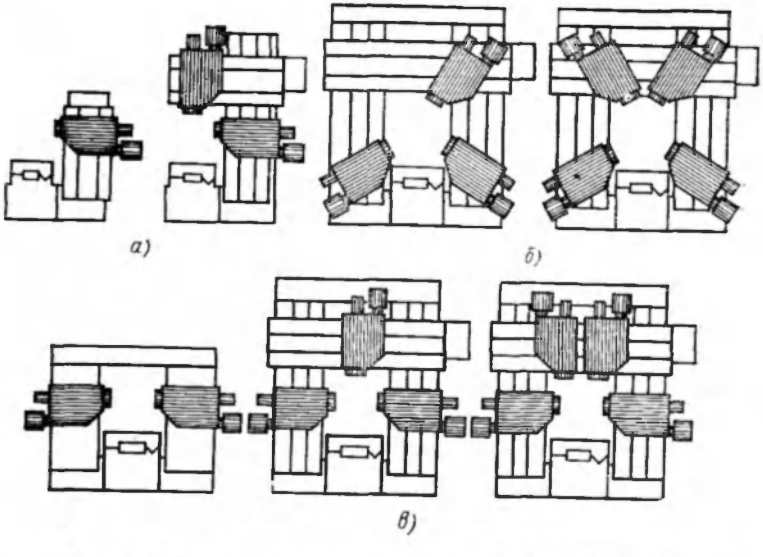


Рис. 9. Схемы компоновок продольно-фрезерных станков:

а—одностоечных; *б*—двухстоечных с поворотными фрезерными головками; *в*—двухстоечных с неповоротными фрезерными головками

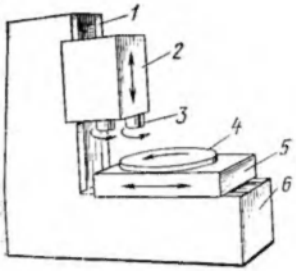


Рис. 10. Карусельно-фрезерный станок

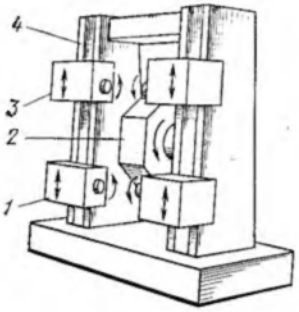


Рис. 11. Барабанно-фрезерный станок

По направляющим стоек перемещается траверса *4* и две горизонтальные поворотные фрезерные головки *3*. Две другие фрезерные головки *5* перемещаются по направляющим траверсы. Обработку деталей можно производить при движущемся столе и неподвижных фрезерных головках, при неподвижном столе и подаче головок или при одновременно движущихся столе и фрезерных головках.

Схемы других компоновок продольно-фрезерных станков с различным числом фрезерных головок приведены на рис. 9. Фрезерные станки непрерывного действия (барабанно-фрезерные и карусельно-фрезерные) позволяют вести установку и съем заготовок без остановки рабочих движений станка.

Карусельно-фрезерные станки (рис. 10) предназначены для обработки поверхностей различных деталей торцовыми фрезами в условиях массового, крупносерийного и единичного производства. Станок может иметь один или несколько шпинделей *3*. В последнем случае в один из шпинделей устанавливают фрезу для чистовой обработки. Шпиндельная головка *2* перемещается по вертикальным направляющим стойки *1*. Конструктивной особенностью станок этого типа является непрерывно вращающийся стол *4*, который сообщает установленным на нем деталям движение подачи. Таким образом, детали последовательно вводят в зону обработки. Стол, кроме того, имеет установочное поперечное перемещение вместе с салазками *5* по направляющим станины *6*.

Барабанно-фрезерные станки (рис. 11) применяют при обработке поверхностей корпусных деталей в условиях массового и крупносерийного производства. Обрабатываемые заготовки закрепляют на вращающемся барабане *2* и получают от него движение подачи, четыре фрезерные головки (две верхних *3* — для черновой обработки, а две нижние *1* — для чистовой) установлены на двух стойках *4* и перемещаются по вертикальным направляющим.

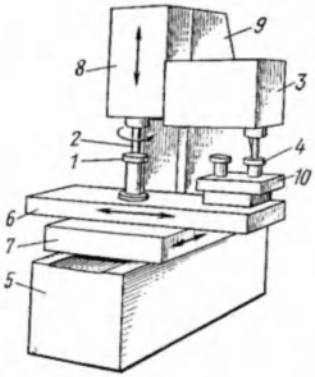


Рис. 12. Вертикальный копировально-фрезерный станок

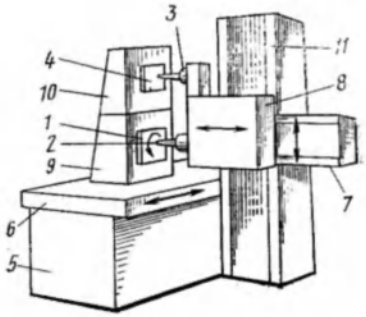


Рис. 13. Горизонтальный копировально-фрезерный станок

Копировально-фрезерные станки (рис. 12 и 13) предназначены для фрезерования поверхностей сложной формы: штампов, пресс-форм, лопаток турбин, кокилей, металлических моделей, копиров, заготовок некруглых колес и т. п. Процесс обработки осуществляют по копиру *4*, действие которого на копировальное устройство *3* вызывает соответствующее перемещение инструмента *2* относительно заготовки *1*. В качестве копира может служить шаблон, эталонная деталь, модель, чертеж и др., а в качестве копировального устройства — щуп, копировальный палец или ролик, фотоэлемент. Копир через копировальное устройство воздействует на исполнительные органы (стол *6*, салазки или траверсу *7*, шпиндельный узел *8*), при этом фреза и заготовка в относительном движении воссоздают поверхность, заданную на копире.

Существует два вида копировального фрезерования — контурное и объемное. При контурном копировании кривая копира

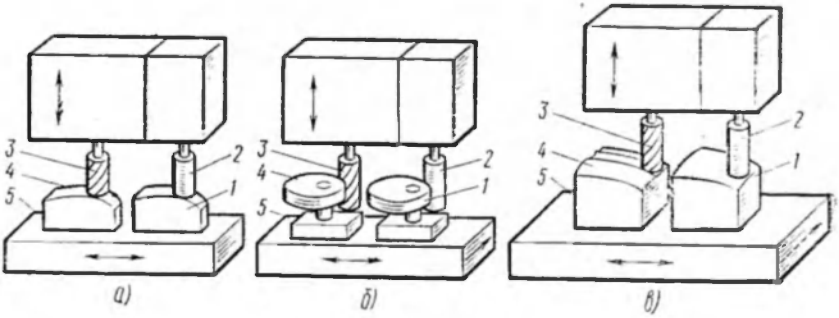


Рис. 14. Виды копировального фрезерования:

а, б—контурное; *в*—объемное

может располагаться в плоскости, параллельной (рис. 14,*а*) или перпендикулярной (рис. 14,*б*) оси фрезы. В первом случае стол *5* с заготовкой *4* и копиром *1* перемещаются в продольном направлении, а слежение за изменением кривой осуществляется за счет вертикального перемещения копирного пальца *2* и фрезы *3* (или стола). Во втором случае стол *5* с заготовкой *4* и копиром *1* перемещается в продольном и поперечном направлениях соответственно форме кривой копира.

При объемном копировании (рис. 14,*в*) пространственно-сложная поверхность заготовки *4* обрабатывается фрезой *3* последовательно, путем нескольких параллельных рабочих ходов (строк) стола *5*, т. е. при каждом рабочем ходе фактически выполняется контурное копирование. В конце прохода происходит смещение фрезы относительно заготовки в направлении, перпендикулярном строке, на величину поперечной подачи и выполняется следующий рабочий ход и т. д.

Копировально-фрезерные станки могут работать по двум схемам слежения: простого действия и с обратной связью. В схеме простого действия фреза и копировальный щуп жестко связаны между собой и перемещение щупа по копиру непосредственно передается фрезе. В схеме с обратной связью отклонение копировального щупа вызывает рассогласование в положении щупа относительно фрезы. Результат этого рассогласования поступает в следящую систему, которая выдает сигнал исполнительному устройству (столу или фрезе) на корректировку траектории движения режущего инструмента.

В этом случае нет не только жесткой связи копира и фрезы, но копир не воспринимает силы резания, а только передает сигнал исполнительным органам о необходимости изменения их относительного положения.

Копировально-фрезерные станки выполняют с вертикальным расположением шпинделя и горизонтальной поверхностью стола, а также с горизонтальным расположением шпинделя и вертикальной поверхностью для крепления заготовок.

На станине *5* копировально-фрезерного станка с вертикальным шпинделем (см. рис. 12) установлены поперечные салазки *7*, по направляющим которых в продольном направлении перемещается стол *6* со столом *10* копиров. Шпиндельная головка *8* с копировальным устройством *3* смонтирована на стойке *9*. Копирующими движениями являются продольное движение стола и поперечное перемещение салазок, а в некоторых моделях станков и вертикальное перемещение шпиндельной головки.

Копировально-фрезерный станок с горизонтальным шпинделем и вертикально расположенной плоскостью для крепления заготовок изображен на рис. 13. По горизонтальным направляющим станины *5* перемещается стол *6* с нижней *9* стойкой для закрепления заготовки *1* и верхней *10* стойкой для установки копира *4*. Шпиндельная бабка с копировальным следящим устрой-

ством *3* перемещается в поперечном направлении по траверсе *7*, которая движется по вертикальным направляющим передней стойки *11*.

Работу на станке можно выполнять методом строк (при этом задающей является горизонтальная подача стола или вертикальная подача шпиндельной бабки, а следящей — поперечное перемещение шпиндельной бабки) и методом контурного копирования (в этом случае обход фрезеруемого контура осуществляется вертикальной подачей шпиндельной бабки и горизонтальной подачей стола).

К числу копировально-фрезерных станков прямого действия относятся станки (рис. 15), в которых копировальный щуп *2* передает движение фрезе через пантограф *6*. Такие станки применяют в основном для легких фрезерных и гравировальных работ. При использовании пантографа производят не только копирование, но и уменьшение масштаба заготовки по отношению к копиру.

Перемещение щупа по копиру *1*, установленному на столе *3* станка, передается фрезерному шпинделю *5*, который при обработке заготовки *4* описывает контур, геометрически подобный копиру. Стол станка с заготовкой может перемещаться вручную в трех взаимно-перпендикулярных направлениях.

К типу разных фрезерных станков относятся шпоночно-фрезерные фрезерно-центровальные, торцефрезерные и др.

Шпоночно-фрезерные станки предназначены для фрезерования врезных шпоночных канавок концевыми фрезами. Существует два способа прорезания шпоночных канавок. При первом способе фреза сначала врезается на полную глубину канавки, а затем перемещается в продольном направлении. При втором способе (маятниковом) фреза совершает возвратно-поступательное движение вдоль шпоночной канавки, врезаясь после каждого хода на некоторую глубину.

Вертикальный шпоночно-фрезерный станок (рис. 16) имеет основание *1*, на котором установлена стойка *2*. По вертикальным направляющим стойки перемещается консоль *3*. Стол *4* станка имеет только установочное поперечное перемещение по направляющим консоли. На верхней части стойки закреплена головка *5* с продольными направляющими для движущейся возвратно-поступательно шпиндельной каретки *6*. Шпиндельный узел *7* каретки перемещается по вертикали в конце каждого рабочего хода на заданную глубину резания.

Фрезерно-центровальные станки предназначены для двустороннего фрезерования и зацентровки торцов валиков, которые затем обрабатывают на токарном станке.

На рис. 17,*а* показан один из фрезерно-центровальных станков. На продольных направляющих станины *1* расположены две каретки *2*, по направляющим которых в поперечном направлении перемещаются фрезерные *4* и сверлильные *5* головки. Заготовку

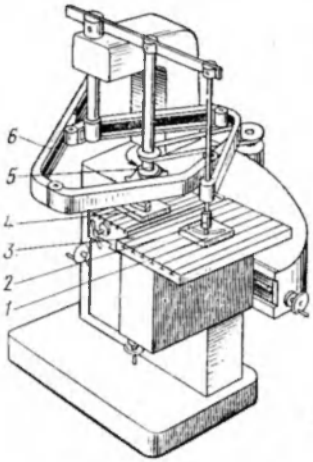


Рис. 15. Копировально-фрезерный станок с пантографом

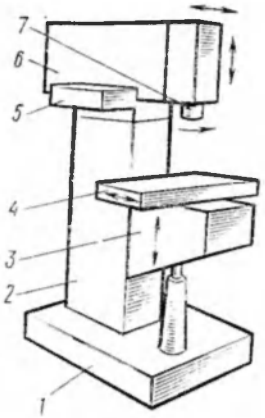


Рис. 16. Шпоночно-фрезерный станок

закрепляют в тисках *3*, установленных неподвижно на станине. Заготовку обрабатывают последовательно — при перемещении кареток с головками сначала фрезеруют торцы заготовки, а затем, когда каретка доходит до упора, включают сверлильные головки и производят зацентровку торцов.

На фрезерно-центровальных станках барабанного типа (рис. 17,*б*) заготовки устанавливают в трехпозиционном барабане *6*, который периодически поворачивается. На станке можно фрезеровать оба торца, сверлить центровые отверстия и одновременно разгружать — загружать заготовки, что значительно повышает производительность станка.

Кроме рассмотренных фрезерных станков промышленность выпускает еще много других специализированных агрегатных станков. Отдельную группу составляют зубо- и резьбофрезерные станки, применяемые для нарезания зубчатых колес и резьб.

За последнее время широкое применение в промышленности находят фрезерные станки с ЧПУ. Основные части этих станков,

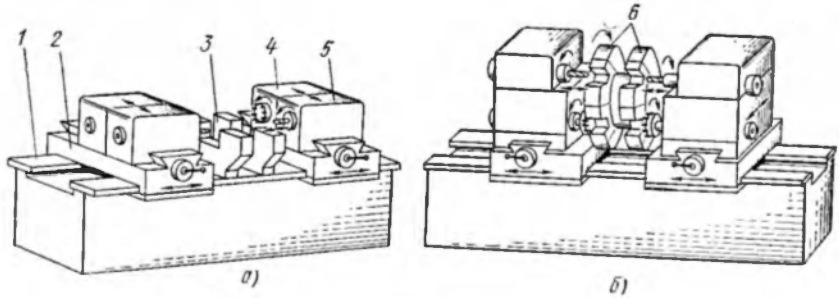


Рис. 17. Фрезерно-центровальные станки

рабочие и вспомогательные движения такие же, как и у станков, рассмотренных выше. Однако имеются отличия в конструкции отдельных узлов и механизмов станков, кинематике и особенно в принципе их работы.

Конструкция, кинематика и принцип работы фрезерных станков с программным управлением будут рассмотрены в гл. V.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ

Каждая модель станка имеет цифровое или буквенно-цифровое обозначение — шифр (например, 6Р12, 6Р82, 6Р82Ш, 6610 и т. д), по которому можно составить подробную характеристику станка. Шифр содержит три или четыре цифры, из которых первая обозначает, к какой группе станков относится станок, вторая — к какому типу, третья или третья и четвертая цифры характеризуют один из важнейших параметров станка или обрабатываемой заготовки. Буква, стоящая после первой цифры, означает, что данная модель станка модернизирована. Буква в конце цифрового шифра показывает, что на базе основной модели станка выполнен станок с небольшими изменениями. Эти станки являются модификациями основной базовой модели.

По принятой в СССР классификации все металлорежущие станки делят на девять групп. Фрезерные станки относятся к шестой группе. В свою очередь, каждая группа станков делится на типы.

Рассмотрим, например, обозначение станка 6Р12. Это фрезерный станок (цифра 6), модернизированный (буква Р), вертикально-фрезерный (цифра 1), типоразмер станка № 2 (цифра 2).

Металлорежущие станки подразделяют по степени универсальности. Универсальные станки предназначены для выполнения различных операций на разнообразных деталях. Станки, на которых диапазон выполняемых работ особенно велик, называют широкоуниверсальными. Универсальные станки используют в единичном и мелкосерийном производстве.

Специализированные станки служат для обработки деталей в серийном производстве, сходных по конфигурации, но различных по размеру. Специальные станки предназначены для обработки деталей одного типоразмера и их используют главным образом в массовом производстве. Модели специальных и специализированных станков обозначают одной — двумя буквами, к которым добавляют порядковый номер модели станка.

В металлорежущих станках различают пять классов точности: Н, П, В, А и С. К классу Н принадлежат станки нормальной точности (например, 6Р12). Класс П — это станки повышенной точности, которую обеспечивают повышением качества изготовления и сборки станков нормальной точности (например, 676П). Класс В — станки высокой точности, которую достигают при специальной конструкции отдельных узлов и высоких требованиях к из-

готовлению, сборке и регулировке станка (например, 6А75В). Класс А — станки особо высокой точности, которую достигают еще более высокими требованиями к качеству изготовления станка, чем в классе В. Класс С — станки особо точные, называемые еще мастер-станками, предназначены для изготовления деталей к станкам класса А и В. Требуемую точность достигают за счет большой степени точности обработки деталей из высококачественного материала.

Станки классов В, А, С эксплуатируют в помещениях с постоянной температурой и влажностью.

По габаритным размерам и массе, которые в значительной степени определяются параметрами тех деталей, для обработки которых предназначен станок, станки делят на легкие (до 1 т), средние (до 10 т) и тяжелые (свыше 10 т). Последние делят на крупные (10—30 т), тяжелые (30—100 т) и особо тяжелые — уникальные (свыше 100 т).

4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПОДАЧ

При обработке деталей на станках необходимо работать с наивыгоднейшей скоростью резания, т. е. скорость, позволяющей получить наибольшую производительность при обеспечении технических требований к качеству поверхности и наилучшего использования инструмента и станка.

На выбор скорости резания влияют следующие факторы: материал обрабатываемой заготовки и режущего инструмента, геометрия его режущих кромок и требуемая стойкость, требования к шероховатости и точности поверхности обрабатываемой детали, глубина резания, подача и др. В каждом конкретном случае наивыгоднейшая скорость резания вполне определенная. Она заключена между наименьшей v_{min} и наибольшей v_{max} скоростями резания. В свою очередь, значения v_{min} и v_{max} получены расчетом при различных, возможных для данного станка сочетаниях параметров, влияющих на выбор скорости резания.

Для случая, когда главное движение вращательное (например, при фрезеровании), требуемая скорость резания обеспечивается вращением шпинделя с частотой

$$n = \frac{1000v}{\pi d},$$

где v — скорость резания, м/мин; d — диаметр фрезы, мм. Так как для каждого станка диаметр d может изменяться от наименьшего d_{min} до наибольшего d_{max}, то соответственно и частота вращения шпинделя должна изменяться от наименьшего n_{min} до наибольшего n_{max}:

$$n_{min} = \frac{1000v_{min}}{\pi d_{max}}; \quad n_{max} = \frac{1000v_{max}}{\pi d_{min}}.$$

Вечерний

Для того чтобы в каждом конкретном случае можно было получить расчетную скорость резания, необходимо иметь в станке механизм для плавного (бесступенчатого, регулирования частот вращения шпинделя от n_{min} до n_{max}. Однако бесступенчатый привод, несмотря на широкое распространение в станках, по ряду причин применяют не так часто в механизме главного движения, когда оно вращательное.

Наибольшее распространение в этом случае нашло ступенчатое изменение частот вращения шпинделя. Правда, при этом приходится сталкиваться со следующим фактом Для вычисленной наивыгоднейшей скорости резания v_i на станке, как правило, нет необходимой частоты вращения n_i шпинделя. В этом случае, чтобы не допустить снижения стойкости инструмента, придется установить ближайшую меньшую, имеющуюся на станке частоту вращения n_{i-1} шпинделя. В результате этого на столько же снизится скорость, а следовательно, и производительность процесса резания. Относительное снижение скорости резания определяют по формуле

$$A=\frac{v_i-v_{i-1}}{v_i}=\frac{\pi d n_i-\pi d n_{i-1}}{\pi d n_i}=1-\frac{n_{i-1}}{n_i}.$$

Очевидно, при произвольной разбивке на ступени диапазона изменения частот вращения шпинделя от n_{min} до n_{max} относительное снижение скорости на разных участках диапазона будет различным, что нерационально в эксплуатационном отношении. Станок будет эксплуатационно равноценен на всем участке изменения n, когда величина A остается постоянной, а это будет при постоянном значении $\frac{n_{i-1}}{n_i}$. Приняв $\frac{n_{i-1}}{n_i}=\frac{1}{\varphi}$,

где φ называется знаменателем ряда, получим $n_i=n_{i-1}\varphi$, т. е. ряд частот вращения должен строиться по геометрической прогрессии со знаменателем φ:

$$n_1=n_{min};$$

$$n_2=n_1\varphi;$$

$$n_3=n_2\varphi=n_1\varphi^2;$$

$$n_4=n_3\varphi=n_1\varphi^3;$$

$$n_z=n_{z-1}\varphi=n_1\varphi^{z-1}.$$

Приняв $n_z=n_{max}$, получим $n_{max}=n_{min}\varphi^{z-1}$, откуда $\varphi=\sqrt[z-1]{\frac{n_{max}}{n_{min}}}$

где z — число ступеней ряда.

Значения φ в станкостроении нормализованы и имеют следующие величины: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2. Соответственно максимальная относительная потеря скорости резания A_{max} равна 5, 10, 20, 30, 40, 45, 50.

В случае если ступенчатое регулирование принято и для подач, их располагают тоже по геометрическому ряду со знаменателем φ в диапазоне изменения подач от наименьшей s_{min} до наибольшей s_{max}. Следует только отметить, что в коробках подач фрезерных станков нередко применяют и бесступенчатое регулирование.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И УЗЛЫ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

В механизмах станка для передачи движения от одного звена к другому служат ременные, цепные, зубчатые, червячные, винтовые, реечные передачи, муфты и др.

Условные обозначения механических передач и других элементов в приводах станков даны в табл. 1.

Ременная передача состоит из двух шкивов, которые установлены на двух валах и соединены между собой гибким ремнем. Один шкив называется ведущим; второй, получающий вращательное движение от первого в результате сил трения между ремнем и шкивами, — ведомым. В зависимости от формы сечения ремня передачи бывают клино-, плоско- и круглоременные. Во фрезерных станках, как правило, используют клиноременную передачу (рис. 18), обеспечивающую плавность, бесшумность работы и выдерживающую значительные перегрузки, являясь в то же время предохранительным звеном за счет возможности проскальзывания ремня при значительной перегрузке.

В клиноременной передаче (рис. 18,*а*) прорезиненный ремень имеет трапецеидальный профиль, а шкив — соответствующие кольцевые канавки. Для большей гибкости, особенно необходимой при работе с большими скоростями и малыми диаметрами шкивов, применяют клиновые ремни (рис. 18,*б*) с зубьями, расположенными поперек ремня на внутренней, а иногда и на наружной его частях. Поликлиновые ремни (рис. 18,*в*) имеют несколько продольных клиновых выступов на внутренней стороне. Нагрузка в таких передачах распределяется равномерно по ширине шкива. Поликлиновые ремни обеспечивают по сравнению с клиновыми ремнями большее постоянство передаточного числа, меньшие вибрации и допускают применение шкивов меньших диаметров.

В зубчатой ременной передаче, показанной на рис. 18,*г*, где и ремень, и шкив зубчатые, отсутствует проскальзывание, ремень

Таблица 1

Условные обозначения для кинематических схем (ГОСТ 2. 770—68)

Наименование	Обозначение
Вал	
Подшипник скольжения радиальный	
Подшипники качения:	
радиальный (общее обозначение)	
радиальный роликовый	
упорный, шариковый одинарный	
Соединение двух валов:	
глухое	
эластичное	
шарнирное	
плавающая муфта	
зубчатая муфта	
Муфта сцепления фрикционная:	
общее обозначение	
конусная односторонняя	
конусная двусторонняя	
дисковая односторонняя	
дисковая двусторонняя	
обгонная односторонняя	
Тормоз:	
конусный	
колодочный	
ленточный	
дисковый	

Соединение деталей с валом:

свободное при вращении

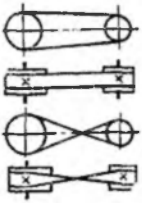
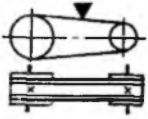
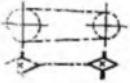
передвижное без вращения при помощи вытяжной шпонки

глухое

Муфта сцепления кулачковая:

односторонняя

двусторонняя

Передача плоским ремнем: открытая перекрестная	
Передача клиновым ремнем	
Передача цепью	

Наименование	Обозначение
Передача зубчатая: цилиндрическая	
коническая	
винтовая	
червячная	
реечная	

Наименование	Обозначение
Винт, передающий движение	
Гайка на винте, передающем движение	
Маховичок	
Конец шпинделя фрезерного станка	

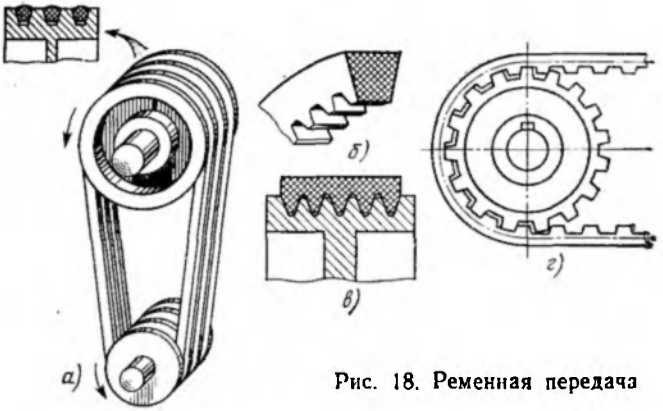


Рис. 18. Ременная передача

не вытягивается и имеет высокую прочность за счет основного несущего элемента (металлического или синтетического троса).

В станках ременную передачу применяют чаще всего при передаче движения непосредственно от электродвигателя.

Передаточное отношение i ременной передачи, определяемое как отношение частоты вращения n_2 ведомого вала к частоте вращения n_1 ведущего вала, находят по формуле

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2},$$

где d_1 — диаметр ведущего шкива; d_2 — диаметр ведомого шкива.

Цепная передача (рис. 19). Движение от одного вала к другому передается через две зубчатые звездочки и связывающую их гибкую многозвенную цепь. Такие передачи в станках чаще всего устанавливают, когда валы расположены друг от друга на значительном расстоянии, и применяют в механизмах главного движения и особенно в приводах подач.

В таких передачах передаточное отношение определяют отношением чисел зубьев звездочек

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2},$$

где z_1 — число зубьев ведущей звездочки; z_2 — число зубьев ведомой звездочки.

Зубчатые передачи (рис. 20). Для передачи вращательного движения между параллельными валами применяют цилиндрические колеса с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями (рис. 20,*а, б, в*). Когда оси валов пересекаются, для передачи движения используют конические колеса (рис. 20,*г*). Для передачи движения между скрещивающимися валами применяют винтовые зубчатые колеса или червячные пары (рис. 20,*д*). Эти передачи используют во всех приводах на любом участке цепи.

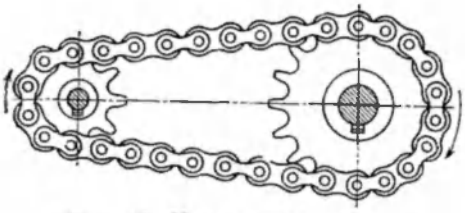


Рис. 19. Цепная передача

Передаточное отношение в зубчатых парах определяют по формуле

$$i=\frac{n_2}{n_1}=\frac{z_1}{z_2} \text{ или } i=\frac{n_2}{n_1}=\frac{k}{z_2},$$

где z_1 — число зубьев ведущего зубчатого колеса; z_2 — число зубьев ведомого зубчатого колеса; k — число заходов червяка в червячной паре.

В металлорежущих станках применяют еще зубчатые передачи, которые позволяют получить прямолинейное движение. Это зубчатое колесо — рейка (рис. 20,*е*) и червяк-рейка (рис. 20,*ж*). Чаще всего их используют как конечные звенья привода, особенно привода механизма подач.

Перемещение s рейки за один оборот колеса в паре колесо — рейка определяется по формуле

$$s=\pi mz,$$

где m — модуль колеса и рейки, мм; z — число зубьев реечной шестерни.

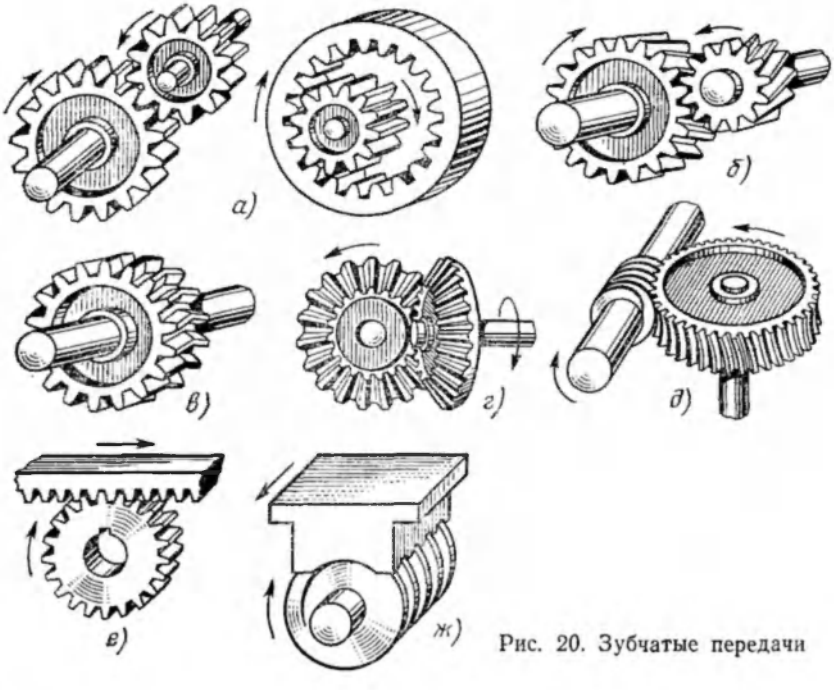


Рис. 20. Зубчатые передачи

Перемещение s рейки за один оборот червяка в паре червяк — рейка находят по формуле

$$s = \pi m k,$$

где m — модуль зубчатой пары; k — число заходов червяка.

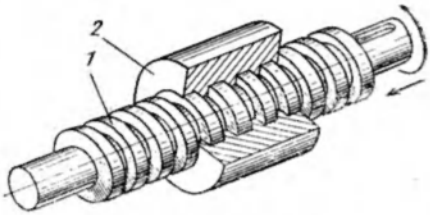


Рис. 21. Винтовая передача

Винтовую передачу (рис. 21), состоящую из винта *1* и гайки *2*, применяют для преобразования вращательного движения в прямолинейное. Вращательное движение можно задавать одному из звеньев пары, а прямолинейное движение получать с любого из них, т. е. может быть несколько сочетаний относительного движения винта и гайки: гайка неподвижна — винт вращается и, ввинчиваясь в гайку, движется прямолинейно (на рисунке показано стрелками); гайка не вращается — винт, закрепленный в осевом направлении, вращается и перемещает по прямой гайку; гайка вращается и навинчивается на неподвижный винт. Перемещение одного звена пары винт — гайка за один оборот любого из них равно шагу t винта.

В станках применяют следующие муфты: постоянные — для постоянного соединения двух соосных или расположенных под углом валов, сцепные — для временного соединения двух валов или вала со свободно посаженным на нем зубчатым колесом, червяком и др., предохранительные — для предохранения деталей привода от поломки при возможной перегрузке; обгонные, позволяющие при необходимости вращать один вал по отношению к другому с иной скоростью, и др. По конструкции муфты весьма разнообразны, поэтому на рис. 22—25 приведены только некоторые из них.

Постоянные муфты. Наиболее проста по конструкции втулочная муфта (рис. 22,*а*), в которой крутящий момент от вала *I* к валу *II* передается с помощью втулки *1* и шпонок *2* (или штифтов). Эта муфта жесткая, и ее применяют там, где передаваемые нагрузки постоянны.

При передаче от одного вала к другому изменяющихся во времени нагрузок применяют упругие муфты, например втулочно-пальцевые (рис. 22,*б*). Амортизация ударной нагрузки, передаваемой от полумуфты *1* к полумуфте *2*, происходит за счет установки резиновых колец *3*, надетых на пальцы *4*. В том случае, когда при монтаже не удается избежать несоосности или перекоса осей валов, применяют компенсирующие муфты. Для компенсации радиального смещения валов применяют плавающую муфту (рис. 22,*в*). Передача движения от одной полумуфты к другой осуществляется с помощью промежуточного диска *3*, который своими выступами на торцах входит в соответствующие пазы полумуфт *1* и *2*.

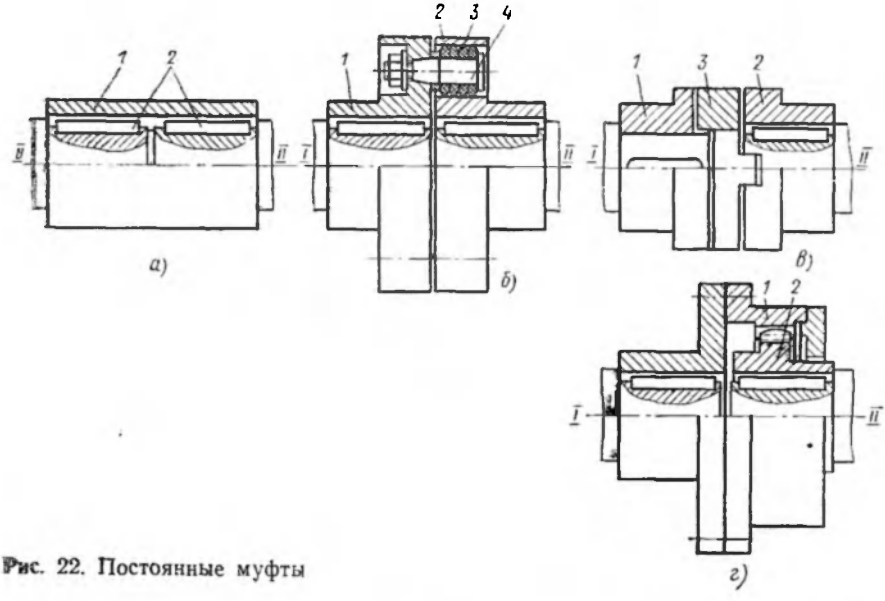


Рис. 22. Постоянные муфты

Зубчатая муфта, показанная на рис. 22,*г*, является универсальной компенсирующей, которая допускает в определенных пределах осевое, радиальное и угловое смещения валов за счет зазора в зацеплении полумуфт *1* и *2* с наружными и внутренними зубьями.

Сцепные муфты. На рис. 23,*а* показана зубчатая муфта, состоящая из двух полумуфт *1* и *2* с внутренними и наружными зубьями. Для передачи движения от вала *I* к зубчатому колесу необходимо переместить полумуфту *1* вправо до зацепления ее с другой полумуфтой. Передача движения от вала *I* к зубчатому колесу *2* (рис. 23,*б*) может осуществляться с помощью кулачковой муфты, состоящей из двух полумуфт *1* и *2* с кулачками на их торцах. Полумуфта *1* может перемещаться вдоль оси вала.

В том случае, когда необходимо часто включать и выключать какую-либо передачу, применяют фрикционную муфту, в которой крутящие моменты передаются силами трения. На рис. 23,*в* показана фрикционная конусная муфта. Крутящий момент в ней передается силами трения, возникающими от действия осевой силы *P*.

Широкое применение в станках находят многодисковые фрикционные муфты (рис. 23,*г*). Диски *3* имеют внутренние зубья и связаны с полумуфтой *1*, а диски *4* своими наружными зубьями зацепляются с внутренними зубьями полумуфты *2*. Крутящий момент от вала *I* к валу *II* передается за счет сил трения между дисками *3* и *4*, сжатыми силой *P*, которая может быть получена

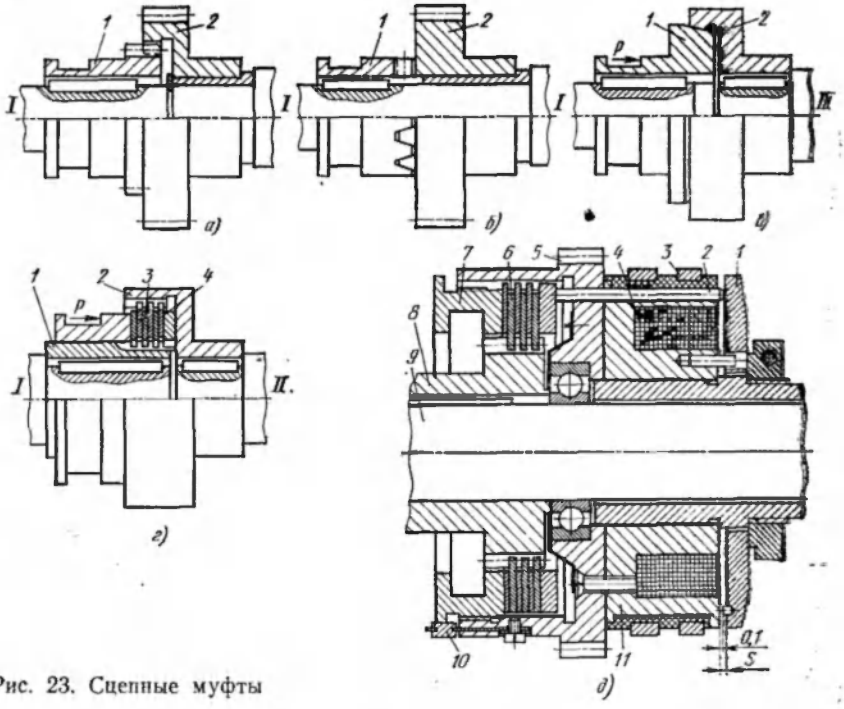


Рис. 23. Сцепные муфты

от механического, гидравлического, пневматического или электрического устройств. Например, на рис. 23,*б* показана электромагнитная муфта, в которой сжатие дисков *6* осуществляется силой притяжения электромагнита, включенного в конструкцию муфты. Регулировка зазора между дисками обеспечивается гайкой *7* и фиксатором *10*. Постоянный ток с помощью двух колец *3* и скользящих по ним щеток подводится к обмотке *4*, расположенной в корпусе *11* электромагнита. В результате якорь *1* притягивается к корпусу *11* и через толкатели *2* сжимает фрикционные диски, которые связывают полумуфту *8* и вал *9* с полумуфтой зубчатым колесом *5*.

Предохранительные муфты. В качестве предохранительной муфты может быть использована многодисковая фрикционная муфта, отрегулированная на передачу определенного крутящего момента. При перегрузке диски пробуксовывают относительно друг друга.

Кулачковая предохранительная муфта изображена на рис. 24. Предельный крутящий момент, передаваемый с вала *1* через кулачковую муфту *1* к зубчатому колесу *2*, регулируют сжатием пружины *3* гайкой *4*. При перегрузке кулачки полумуфт проскакивают относительно друг друга.

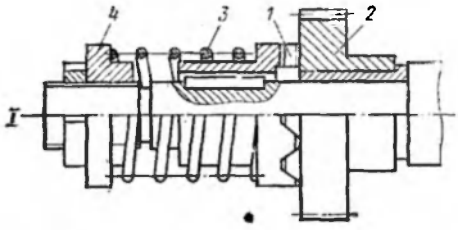


Рис. 24. Предохранительная муфта

Обгонные муфты. На рис. 25 приведена роликовая обгонная муфта, состоящая из наружной *1* и внутренней *2* полумуфт. У внутренней полумуфты выфрезерованы выемки для роликов *3*, отжимаемых подпружиненными штифтами *4*. При вращении полумуфты *1* против часовой стрелки ролики силами трения увлекаются в суженную часть выемки и заклинивают обе полумуфты, поэтому движение от вала *I* передается валу *II*. Валу *II* можно по дополнительной цепи, например, от вала *III* через пару зубчатых колес *5* сообщить большую частоту вращения в ту же сторону. При этом ролики выкатятся в широкую часть выемки и полумуфты расклинятся. В принципе любая из полумуфт может быть или ведущей, или ведомой.

Валы и опоры. Валы в станках служат для передачи крутящих моментов, установленных на них зубчатым колесам, муфтам, шкивам, с помощью шпонок, шлиц, штифтов и др. Опорами для валов служат подшипники качения и скольжения. Валы фрезерных станков обычно установлены на подшипниках качения. Некоторые типы подшипников качения приведены на рис. 26.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Гидравлический привод широко применяют во фрезерных станках, в механизмах подач и вспомогательных механизмах.

Широкое распространение гидравлического привода объясняется рядом его преимуществ: возможностью получения больших сил при небольших габаритных размерах, бесступенчатым регу-

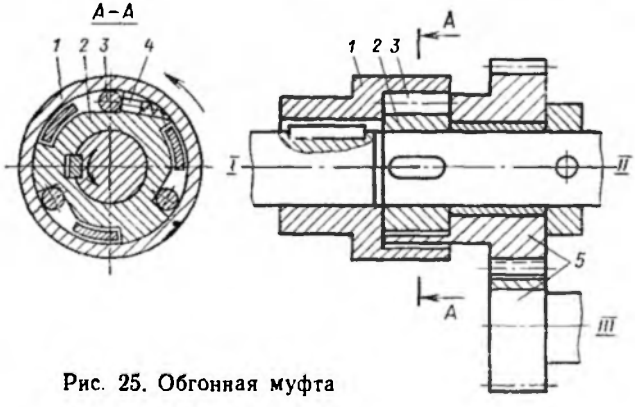


Рис. 25. Обгонная муфта

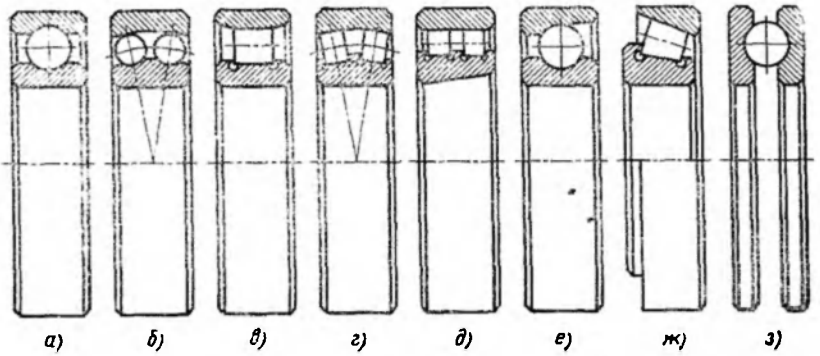


Рис. 26. Типы подшипников качения:

а—шариковый радиальный; *б*—шариковый радиальный сферический двухрядный; *в*—роликовый радиальный; *г*—роликовый радиальный сферический двухрядный; *д*—роликовый радиальный двухрядный; *е*—шариковый радиально-упорный; *ж*—роликовый конический; *з*—шариковый упорный

лированием движений и плавностью их реверсирования, простотой автоматизации работы станка, самопредохранением от перегрузки, возможностью работы по жестким упорам, самосмазываемостью гидравлических механизмов рабочей жидкостью и др. В качестве рабочей жидкости в гидравлическом приводе используют жидкие минеральные масла марок индустриальное 12, 20, 30 и турбинное 22.

Основными узлами гидравлического привода станка являются насос для нагнетания масла в систему, цилиндры и поршни, контрольно-регулирующая аппаратура (клапаны, регуляторы скорости, дроссели, реле давления и гидроклапан выдержки времени), распределительные устройства (золотники, краны), вспомогательная аппаратура.

В технической документации на станок гидравлический привод дается в виде схемы, в которой показаны все узлы гидропривода и их взаимодействие, при этом элементы гидравлического привода на схеме изображены либо в полуконструктивном виде, либо в виде условных обозначений (символов). Первый вид изображения позволяет более наглядно представить конструкцию и взаимодействие элементов. При условном обозначении элементов гидравлического привода уже нет такой наглядности конструктивного исполнения элементов, так как они изображены в виде символов с направлением потоков жидкости. Однако достоинством символического изображения является универсальность схем и простота их вычерчивания.

Для условного обозначения каждого элемента предусмотрен свой символ. В этом случае, когда гидроаппарат включает в себя несколько простых элементов, последние, изображенные в виде символов, объединяют на схеме общей штриховой рамкой, что

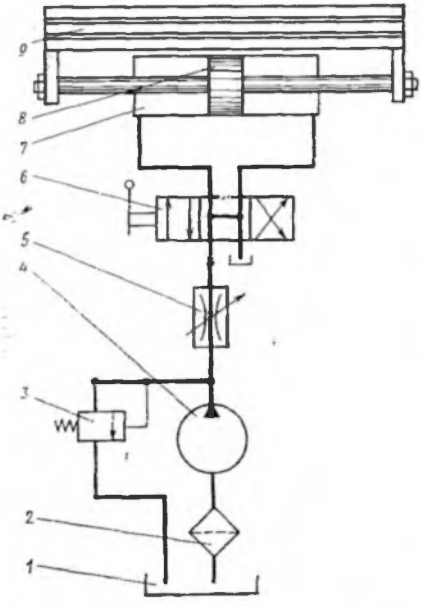


Рис. 27. Принципиальная схема гидравлического привода стола

говорит о их расположении в одном корпусе. Простые элементы, объединенные не внутренними, а внешними связями, в общую рамку не заключают.

Следует отметить, что оправданным является и смешанное изображение элементов в схеме станка, т. е. и полуконструктивное и условное. Обычно это делают в том случае, когда необходимо обратить внимание на конструктивные особенности и схемы действия тех или иных элементов гидравлического привода.

В описываемых гидравлических схемах станков применено полуконструктивное, условное и смешанное изображение элементов.

Условные обозначения элементов гидравлических и пневматических схем, применяемых во фрезерных станках, приведены в табл. 2.

Принципиальная схема гидравлического привода для прямолинейного возвратно-поступательного движения рабочего органа (например, стола фрезерного станка) показана на рис. 27. Масло из резервуара *1* через фильтр *2* засасывается насосом *4* и нагнетается в систему, проходя через дроссель *5*, золотник *6* в цилиндр *7*. Дросселем регулируют скорость потока жидкости в системе, золотником — направление этого потока. В среднем положении золотника обе полости цилиндра сообщены между собой, поэтому поршень *8* и связанный с ним стол *9* неподвижны. При переключении золотника вправо масло направляется в левую полость цилиндра, откуда поступает на слив. В результате поршень и стол движутся вправо. Переключением золотника в правую позицию изменяют направление потока масла, поступающего в цилиндр, и тем самым реверсируют стол. От перегрузки систему предохраняет клапан *3*, через который сливаются в резервуар излишки масла, подаваемого насосом.

Более сложные гидравлические системы фрезерных станков, например для работы по автоматическому циклу, для фрезерования по копиру и т. п., получают, исходя из принципиальной схемы, путем добавления дополнительных гидравлических узлов.

Рассмотрим основные узлы гидропривода.

Насосы. Наибольшее распространение в металлорежущих

Таблица 2

Условные обозначения на гидравлических и пневматических схемах
(ГОСТ 2.780—68—2.782—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Бак		Перекрещивание линий связи	
Фильтр для очистки воздуха		Трубопровод гибкий	
Линия связи (трубопроводы): всасывания, напора, слива		Подвод жидкости под давлением	
управления		Слив жидкости	
дренажные		Подвод воздуха	
перекрытая		Выпуск воздуха	
Соединение линий связи		Насос: постоянной производительности	
		регулируемый	

Продолжение табл. 2

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Кран		Напорный золотник (поддерживающий $p_1 - p_2 = const$)	
Гидроцилиндр: с односторонним штоком с двусторонним штоком с дифференциальным поршнем следящего гидропривода плунжерный		Клапан редукционный (поддерживающий $p_2 = const$)	
Распределитель (золотник): четырехходовой, двухпозиционный четырехходовой, трехпозиционный		Клапан обратный	

Тип управления распределителя: ручное от кулачка пружиной от рукоятки с фиксатором от электромагнита гидравлическое электрогидравлическое	
Регулирующий орган: нормально-открытый нормально-закрытый	
Клапан предохранительный (ограничивающий максимальное давление p_1)	p_1

Дроссель: нерегулируемый регулируемый	
Дроссель: с регулятором давления с регулятором давления в предохранительным клапаном	
Реле давления	

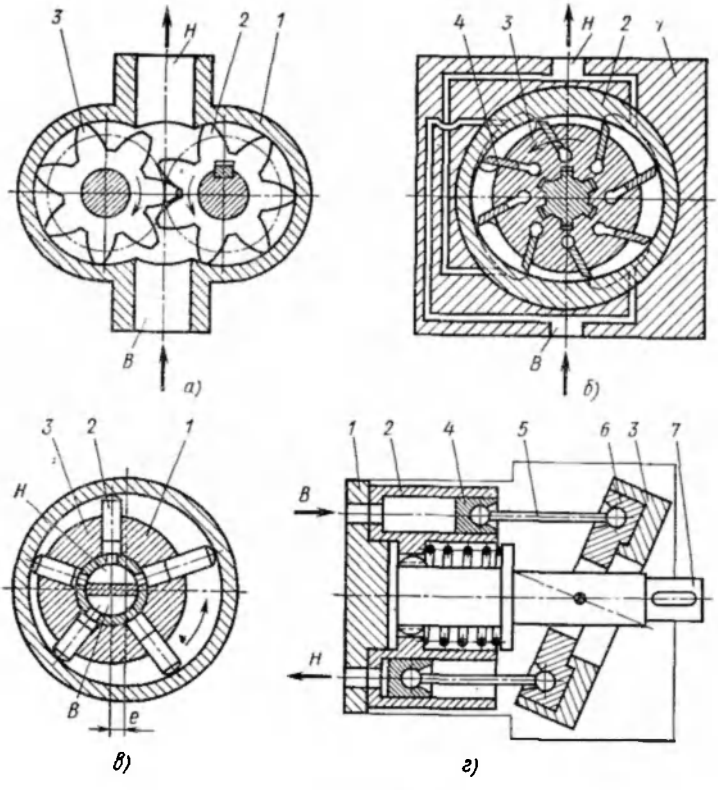


Рис. 28. Насосы

станках получили шестеренные, лопастные и поршневые насосы. Шестеренный насос (рис. 28,*а*) состоит из корпуса *1*, в котором с малыми зазорами вращаются два зубчатые колеса — ведущее *2* и ведомое *3*. Там, где зубья колес выходят из зацепления, создается разряженная зона *В*, масло всасывается и переносится впадинами между зубьями в зону нагнетания *Н*, где зубья входят в зацепление, выталкивают масло из впадин и создают повышенное давление.

При неизменной частоте вращения ведущего колеса насос имеет постоянную производительность, т. е. постоянную подачу масла в единицу времени (л/мин). При использовании шестеренного насоса количество масла, подводимого к рабочему цилиндру, регулируют обычно дросселем.

Лопастной насос выпускают постоянной и переменной производительности. Лопастной насос постоянной производительности (рис. 28,*б*) состоит из корпуса *1*, в котором установлено статорное кольцо *2* с внутренней элипсообразной полостью. Внутри

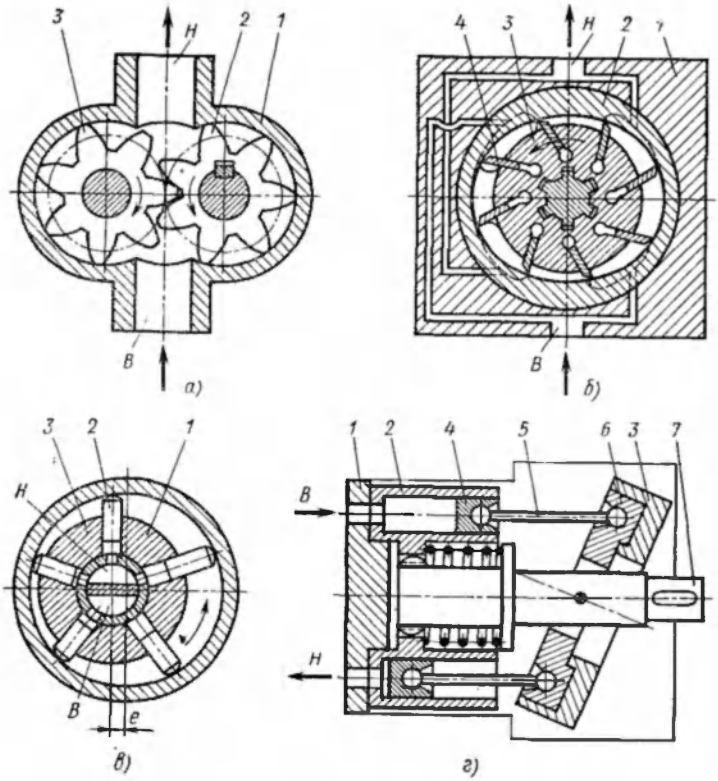


Рис. 28. Насосы

станках получили шестеренные, лопастные и поршневые насосы. Шестеренный насос (рис. 28,*а*) состоит из корпуса *1*, в котором с малыми зазорами вращаются два зубчатые колеса — ведущее *2* и ведомое *3*. Там, где зубья колес выходят из зацепления, создается разряженная зона *В*, масло всасывается и переносится впадинами между зубьями в зону нагнетания *Н*, где зубья входят в зацепление, выталкивают масло из впадин и создают повышенное давление.

При неизменной частоте вращения ведущего колеса насос имеет постоянную производительность, т. е. постоянную подачу масла в единицу времени (*л/мин*). При использовании шестеренного насоса количество масла, подводимого к рабочему цилиндру, регулируют обычно дросселем.

Лопастной насос выпускают постоянной и переменной производительности. Лопастной насос постоянной производительности (рис. 28,*б*) состоит из корпуса *1*, в котором установлено статорное кольцо *2* с внутренней элипсообразной полостью. Внутри

кольца вращается ротор *3* с расположенными в его пазах лопастями *4*. Принятая форма статорного кольца заставляет лопасти дважды за один оборот ротора совершать возвратно-поступательное движение, чем достигается двойная производительность. При выдвижении лопасти из ротора образуются полости, в которые масло всасывается, а при вдвижении — выталкивается в нагнетательную полость. Камеры нагнетания и всасывания расположены симметрично друг против друга, поэтому силы, действующие на ротор в радиальном направлении, уравновешены.

Поршневые насосы, применяемые в станкостроении, изготовляют с радиальным и осевым расположением поршней.

Принципиальная схема радиально-поршневого насоса приведена на рис. 28,*в*. Ротор *1* с радиально расположенными в нем поршнями *2* вращается внутри обоймы *3*. Ось ротора смещена относительно оси обоймы на величину эксцентриситета *е*. При вращении ротора поршни, прижимаясь за счет центробежных сил к обойме, совершают возвратно-поступательное движение. Перемещаясь от центра, они засасывают жидкость из полости *В* (иногда под поршни жидкость подается от вспомогательного насоса низкого давления). При дальнейшем вращении ротора поршни выдвигаются обратно и подают жидкость в полость нагнетания *Н* под большим давлением.

Поршни можно устанавливать вдоль оси насоса в несколько рядов, чем достигается большая равномерность подачи жидкости. Изменением величины эксцентриситета *е* можно регулировать производительность насоса.

Схема поршневого насоса с осевым расположением поршней приведена на рис. 28,*г*. Насос состоит из корпуса *1*, ротора *2* (блока цилиндров), статора *3*, поршней *4*, шатунов *5*, диска *6*, ведущего вала *7*. К торцу корпуса прижат ротор, в котором размещают поршни. Поршни с помощью шатунов связаны с диском, который установлен в статоре под некоторым углом к оси ведущего вала. Ротор и диск соединены с валом соответственно шлицами и шарниром. Таким образом, вместе с ведущим валом вращаются ротор, поршни, шатуны и диск, а так как диск установлен под углом, то при этом вращении поршни совершают еще возвратно-поступательное движение. Масло через соответствующие каналы в корпусе и отверстия в роторе при движении поршней вправо всасывается из резервуара и при движении поршней влево нагнетается в магистраль. Поворотом статора можно изменить положение диска относительно оси ведущего вала, величину осевого хода поршней, а значит, и производительность насоса.

В большинстве случаев насосы обладают свойством обратимости, т. е. если к насосу подвести масло под давлением, то он превращается в гидромотор.

Контрольно-регулирующие устройства. Для контроля и регулирования количества, давления и скорости потока жидкости в

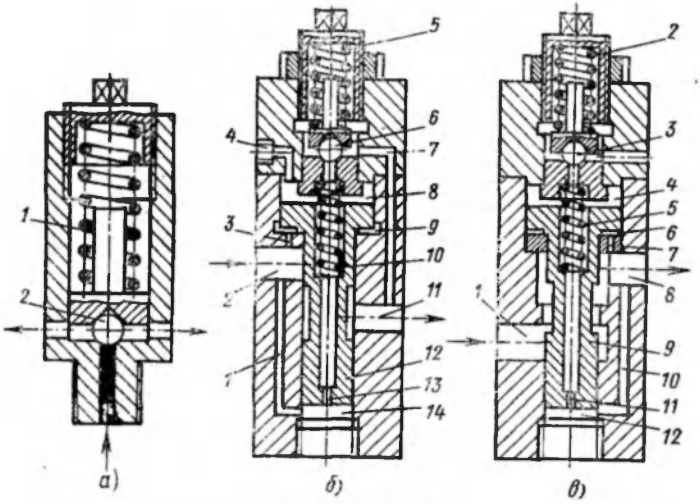


Рис. 29. Клапаны

гидравлической системе применяют клапаны, дроссели, регуляторы скорости и другие устройства.

Предохранительные переливные и редукционные клапаны применяют для получения необходимого давления в гидросистеме. Предохранительный клапан предохраняет систему от чрезмерных давлений. Переливные клапаны позволяют получить в системе постоянное давление путем непрерывного отвода избытка жидкости в резервуар.

Редукционный клапан используют для понижения давления в цепи, параллельной главной, в которой более высокое давление.

На рис. 29 приведены конструкции предохранительного, переливного и редукционного клапанов. В шариковом предохранительном клапане (рис. 29,*а*) при повышении давления в гидросистеме более допустимого, отрегулированного пружиной *1*, шарик *2* приподнимается и жидкость сливается в резервуар. Клапан, изображенный на рис. 29,*б*, может служить как предохранительный для периодического срабатывания и как переливной, поддерживающий в системе постоянное давление за счет непрерывного слива части жидкости в бак. При нормальном давлении масла в гидросистеме переливной золотник *12* под действием пружины *10* и собственной массы находится в нижнем положении, разъединяя полости *2* и *11*. В этом случае давление жидкости на золотник сверху и снизу одинаковое, так как полости *8*, *9* и *14* соединены между собой каналами *1*, *3* и *13*. При повышении давления более допустимого, отрегулированного пружиной *5*, открывается шариковый клапан *6*, жидкость из полости *8* через клапан *7* сливается в бак. Давление жидкости в полости *8* снижается по сравнению с давлением в полостях *9* и *14* вследствие малого раз-

мера отверстия (демпфера), золотник *12* приподнимается, полость *2* и *11* сообщаются между собой, и жидкость переливается в бак. Золотник *12* приподнимается до тех пор, пока силы, действующие на него снизу от давления жидкости, не уравновесятся силами давления жидкости и пружины сверху, после чего постоянное давление в полости 2 поддерживается автоматически.

Редукционный клапан изображен на рис. 29,*в*. Масло, проходя из полости *1* через кольцевую щель в полость *8*, снижает давление до необходимого (редуцированного), которое настраивается пружиной *2* шарикового клапана *3*. При этом силы, действующие на золотник *9* сверху и снизу, уравновешиваются, так как полости *4*, *6* и *12* соединены каналом *10* и демпферами *7*, *11*.

При повышении редуцированного давления шариковый клапан *3* открывается, масло из полости *4* поступает на слив. Давление в полости *4* уменьшается по сравнению с полостями *6* и *12* из-за наличия демпферов *7* и *11*; золотник, сжимая пружину *5*, смещается вверх, сопротивление щели проходу масла возрастает и редуцированное давление снижается.

При понижении редуцированного давления, наоборот, золотник смещается вниз, размеры кольцевой щели увеличиваются, уменьшается сопротивление проходу жидкости высокого давления из полости *1* в полость *8*, и редуцированное давление возрастает. Таким образом, клапан автоматически поддерживает постоянство редуцированного давления.

Кроме рассмотренных клапанов в станках применяют и многие другие. Обратный клапан используют для пропуска жидкости только в одном направлении. Подпорный клапан создает в системе противодавление, чтобы удержать от падения вертикально перемещающиеся узлы станка, обеспечить плавное движение узлов, устранить проникновение воздуха в систему.

В качестве примера обратного и подпорного клапана может служить тот же шариковый клапан (см. рис. 29,*а*), который пропускает жидкость только в одном направлении, а регулировкой сжатия пружины в нем можно создать и требуемое противодавление.

Клапан последовательности действия управляет последовательностью вступления в работу разных механизмов станка. Разгрузочный клапан применяют для того, чтобы отключить гидросистемы, когда жидкость не используется.

В качестве примера для двух последних клапанов можно использовать переливной клапан, изображенный на рис. 29,*б*. Если полость *2* соединить с одним подвижным узлом станка, а полость *11* с другим, то последний будет перемещаться только после того, как первый узел дойдет до упора, в полости *2* увеличится давление и клапан откроется.

Переливной клапан можно использовать и как разгрузочный, для чего достаточно сообщить полость *8* со сливом (вместо пробки *4* установить кран).

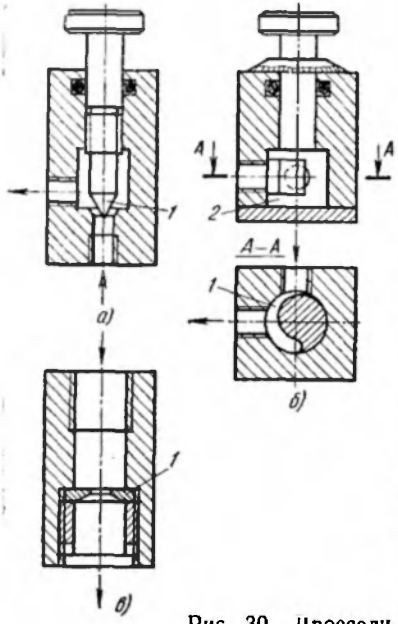


Рис. 30. Дроссели

Дроссели применяют в основном для регулирования количества масла, подаваемого в гидросистему нерегулируемым насосом. Достигается это изменением в дросселе поперечного сечения отверстия, через которое проходит масло. При этом излишки масла сливаются в резервуар через переливной клапан.

По конструкции различают дроссели игольчатые, щелевые, диафрагменные. В игольчатом дросселе (рис. 30, *а*) поток жидкости регулируют перемещением иглы *1* в осевом направлении; в поворотном дросселе (рис. 30, *б*) — поворотом стержня *1*, имеющего канавку *2* переменного сечения; в диафрагменном дросселе (рис. 30, *в*) — размерами круглого отверстия с острыми кромками в тонкой шайбе *1* (диафрагме).

Указанные дроссели не обеспечивают постоянства расхода жидкости при изменении рабочей нагрузки, так как при этом изменяется и перепад давления в дросселе, т. е. разность давлений на входе жидкости в дроссель и на выходе из него. Этого можно избежать, если соединить дроссель с редукционным клапаном, который обеспечит постоянство перепада давления жидкости при изменении рабочей нагрузки. Редукционный клапан подключают к дросселю параллельно, когда дроссель установлен на входе, и последовательно, когда дроссель расположен на выходе гидроцепи.

Реле давления (рис. 31,*а*) применяют в гидросистеме для передачи команды рабочим органам станка. Команда передается путем замыкания поршнем *1* электрических контактов *2* при повышении давления в цепи.

Гидроклапан выдержки времени (рис. 31,*б*) служит для задержки передачи какого-либо сигнала, например, для того, чтобы один узел станка пришел в движение после другого через определенное время.

Время выдержки в реле можно регулировать изменением объема вытесняемой поршнем *1* жидкости, для чего служит винт-ограничитель *3* (рис. 31,*в*), или установкой регулируемого дросселя *4* (рис. 31,*б*), который изменяет сопротивление истечению жидкости из определенного объема.

Распределительные устройства. Для изменения направления потока жидкости в гидросистеме применяют золотники и пово-

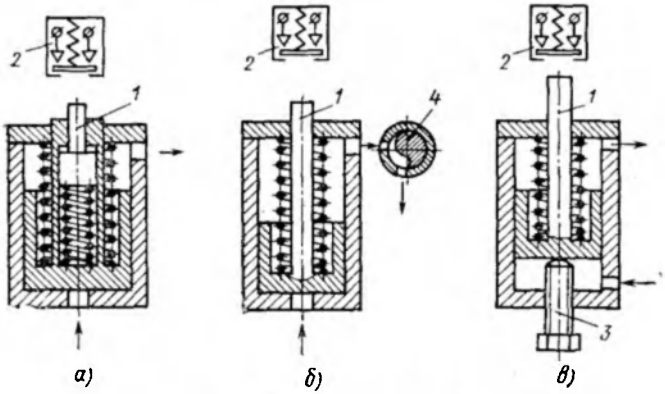


Рис. 31. Гидравлические реле

ротные краны, управлять которыми можно вручную, от упоров станка, гидравлическим или электрическим способом.

Золотники могут быть двух-, трех- и многопозиционными. Схема работы трехпозиционного золотника показана на рис. 32,*а*. Золотник *2* может занимать одно из трех фиксируемых положений: левое, среднее и правое. Стрелками показано направление потока жидкости от насоса *1* к цилиндру *3* и движение поршня *4* в этих положениях.

Схема включения в гидравлическую цепь двухпозиционного поворотного крана приведена на рис. 32,*б*. Масло от насоса *1* подводится к крану *2* и в зависимости от положения крана поступает в левую полость цилиндра *3* или в правую. Соответственно изменяется направление движения поршня *4*.

Цилиндры и поршни. Для получения возвратно-поступательного движения узлов станка (например, стола, шпиндельной головки и др.) применяют гидроцилиндры и расположенные в них поршни с одно- или двусторонним штоком (рис. 33,*а*, *б*).

Масло подается в одну из полостей цилиндра *1*, а из другой вытесняется поршнем *2*. Скорость v перемещения поршня можно определить по расходу масла Q (л/мин) и рабочей площади поршня, равной разности площадей поршня $F_п$ и штока $F_{шт}$:

$$v = \frac{Q}{F_п - F_{шт}}.$$

Очевидно, при постоянном расходе масла скорость движения поршня с двусторонним штоком будет одинаковая в обе стороны, а с односторонним штоком — разная (скорость больше при поступлении масла в штоковую полость). Для того чтобы скорость перемещения поршня с односторонним штоком была тоже оди-

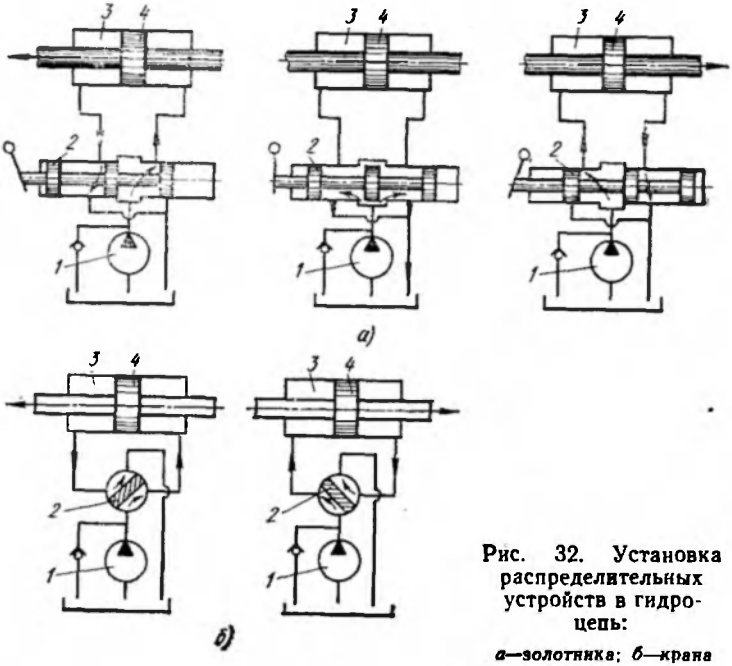


Рис. 32. Установка распределительных устройств в гидроцепь:

а—золотника; б—крана

наковой в обе стороны, применяют дифференциальный цилиндр (рис. 33,*в*). Площадь поршня при этом в 2 раза больше площади штока. Масло подается либо только в штоковую полость цилиндра, а из другой полости идет на слив, либо сразу в обе полости, тогда масло из штоковой полости будет вытесняться и переходить в левую полость цилиндра.

В процессе эксплуатации масло в гидросистеме загрязняется продуктами его окисления, частичками пыли извне и продуктами износа деталей гидроагрегатов, снижается срок службы гидроагрегатов и надежность их работы, поэтому масло очищают с помощью фильтров, устанавливая их в гидросистему.

На рис. 34 приведена конструкция пластинчатого фильтра. Масло в фильтр подается через отверстие *2* в крышке, проходит

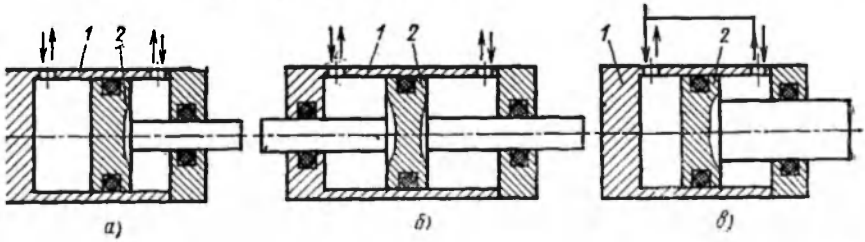


Рис. 33. Цилиндры и поршни

по каналам в пакете пластинок и очищается в узких кольцевых щелях, образованных пластинами. Далее очищенное масло выходит из фильтра по каналу *5* в крышке. Направление потока масла через фильтр указано на рисунке стрелками. По мере работы фильтра щели между пластинками загрязняются. Для очистки пластинок на стержне *4* установлены специальные скребки, которые при повороте рукоятки соскабливают грязь.

Гидравлические панели. Для уменьшения размеров и удобства монтажа некоторые элементы гидравлического привода размещают в одном корпусе. Такой агрегат называется гидравлической панелью и служит для управления станком. Панель позволяет регулировать давление, пускать и останавливать станок, изменять направление и скорость движения узлов станка и т. д.

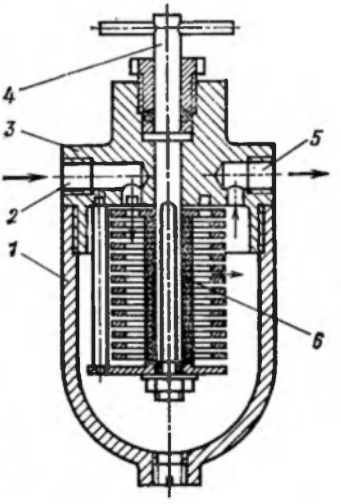


Рис. 34. Пластинчатый фильтр:

1—корпус; *2*—отверстие для подачи масла; *3*—крышка; *4*—стержень; *5*—канал; *6*—фильтрующие пластинки

3. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ И УЗЛЫ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Основными механизмами во фрезерных станках являются механизмы главного движения и подачи, ускоренного перемещения и зажима, узлов, а также механизмы управления.

Механизм главного движения предназначен для сообщения шпинделю фрезерного станка необходимой частоты вращения. Наибольшее применение в механизмах главного движения фрезерных станков нашли шестеренные коробки скоростей. Изменять частоты вращения шпинделя в таких коробках можно различными способами: переключением подвижных зубчатых колес и блоков, с помощью сменных зубчатых колес или шкивов, сочетанием подвижных и сменных зубчатых колес; муфтами, включающими ту или иную пару зубчатых колес. При всех указанных способах регулирования частот вращения шпинделя иногда целесообразно применять многоскоростные электродвигатели.

Схемы передачи движения с одного вала коробки скоростей на другой с использованием указанных выше способов изменения частот вращения валов даны на рис. 35.

На рис. 35,*а* валу *II* может быть сообщено три различных частоты вращения путем переключения одиночного колеса z_1 и двух-

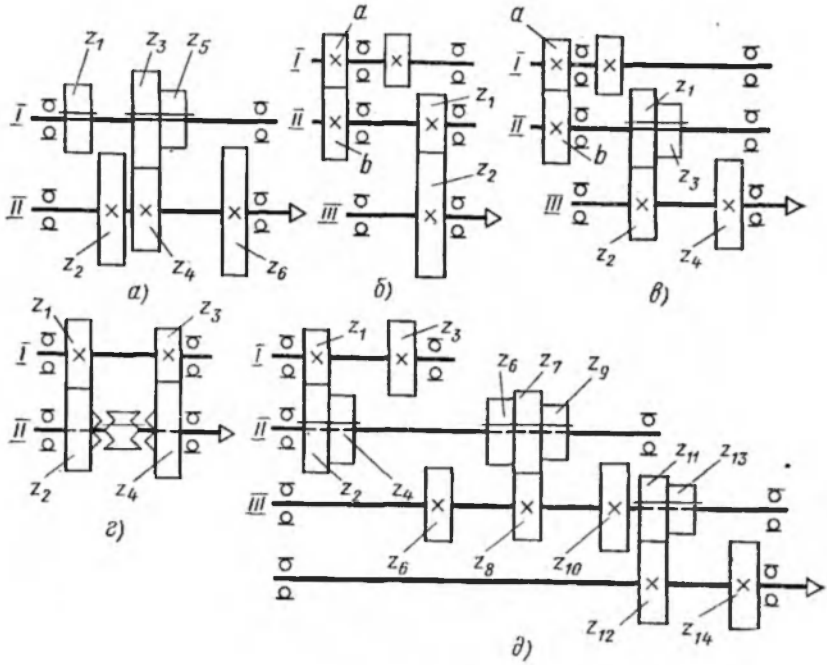


Рис. 35. Шестеренные коробки

блочного колеса, расположенных на валу *I*. При этом в зацеплении может находиться одна из зубчатых пар: $\frac{z_1}{z_2}$, или $\frac{z_3}{z_4}$, или $\frac{z_5}{z_6}$. Зубчатые колеса на валу *II* жестко связаны с валом, а колеса на валу *I* могут смещаться вдоль оси по шпоночному или шлицевому соединению.

Такой вид изменения частот вращения применяют чаще всего в универсальных станках, где требуется частое изменение режимов резания.

В схеме на рис. 35,*б* движение с вала *I* на вал *II* передается сменными зубчатыми колесами $\frac{a}{b}$, консольно посаженными на валах. Сменные зубчатые колеса применяют в том случае, когда частоты вращения шпинделя станка изменяют сравнительно редко и нет необходимости применять сложную коробку скоростей, т. е. в специальных станках. При этом существенно упрощается механизм главного движения. Для увеличения диапазона регулирования коробки скоростей со скользящими блоками она может быть дополнена парой сменных зубчатых колес (рис. 35,*в*). Вал *III* получает с вала *II* две различные частоты вращения с по-

мощью подвижного блока зубчатых колес z_1—z_3. В свою очередь, на вал *II* движение поступает с вала *I* через сменные зубчатые колеса $\frac{a}{b}$.

Зубчатые пары $\frac{z_1}{z_2}$ и $\frac{z_3}{z_4}$ находятся в постоянном зацеплении (рис. 35,*г*). При этом зубчатые колеса z_1 и z_3 жестко связаны с валом *I*, а зубчатые колеса z_2 и z_4 свободно посажены на валу *II*. Движение валу *II* будет сообщено только в том случае, если муфту, связанную с валом *II*, переключить влево или вправо так, чтобы вошли в зацепление кулачки на торцах муфты и колесах. Вместо кулачковой муфты может быть установлена дисковая или конусная фрикционная муфта и др.

Любую, как угодно сложную (многоваловую и многоскоростную) коробку можно представить в виде нескольких простейших элементарных (двухваловых) коробок скоростей. Например, коробка скоростей на 12 частот вращения может состоять из трех элементарных двухваловых коробок (две двухскоростные и одна трехскоростная) или двух элементарных коробок (одна трехскоростная и одна четырехскоростная). При этом порядок расположения их может быть следующим: $12=3\cdot2\cdot2$, $12=2\cdot3\cdot2$, $12=2\cdot2\cdot3$; $12=4\cdot3$, $12=3\cdot4$. Запись $12=2\cdot3\cdot2$ говорит о том, что коробка имеет 12 различных частот вращения и состоит из трех элементарных коробок, первая из которых двухскоростная, вторая — трехскоростная и третья — двухскоростная. Таким образом, количество скоростей сложной коробки определяют произведением количества скоростей элементарных коробок. На рис. 35,*д* дана схема трехваловой 12-скоростной коробки скоростей, состоящей из трех элементарных коробок ($2\cdot3\cdot2=12$).

Рассмотрим несколько коробок скоростей фрезерных станков, различных по кинематике и компоновке.

На рис. 36 представлена коробка скоростей горизонтально-фрезерного станка мод. 6М82, для которой корпусом является станина *6* станка. В стенках станины сделаны расточки под подшипники качения, на которые опираются валы и шпиндель с установленными на них зубчатыми колесами. Частоты вращения шпинделя изменяются с помощью передвижных блоков зубчатых колес. Движение от электродвигателя к шпинделю передается по следующей цепочке: электродвигатель *М* ($N=7$ кВт, $n=1440$ об/мин), муфта *1*, вал *I*, пара зубчатых колес $\frac{27}{53}$, вал *II*, тройной подвижный блок колес, позволяющий вводить в зацепление зубчатые пары $\frac{16}{38}\left(\text{или } \frac{19}{35}, \text{ или } \frac{22}{32}\right)$, вал *III*, пары зубчатых колес $\frac{17}{46}\left(\text{или } \frac{27}{37}, \text{ или } \frac{38}{26}\right)$, вводимые в зацепление с помощью подвижного тройного блока на валу *IV*, вал *IV*, двойной

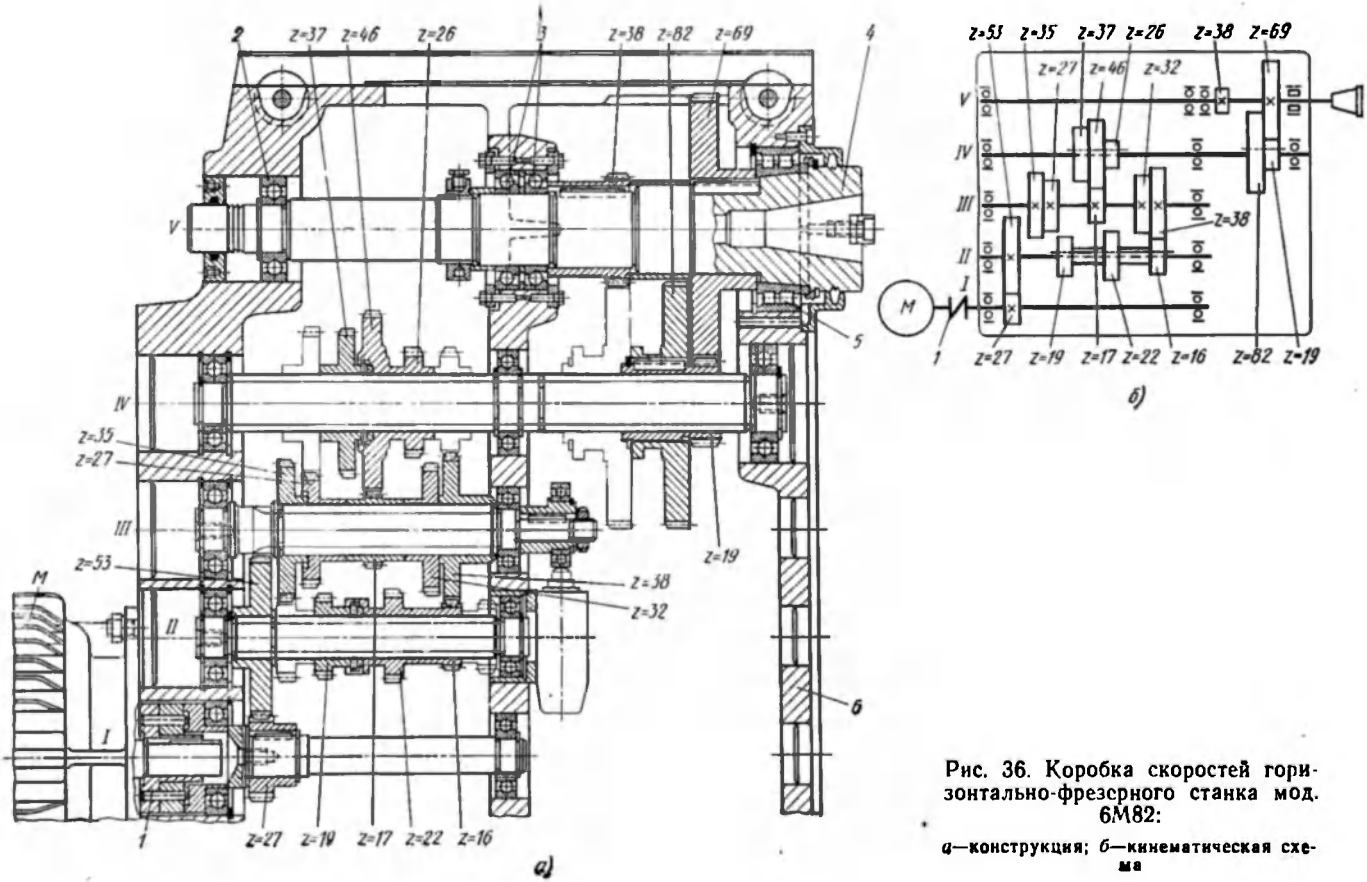


Рис. 36. Коробка скоростей горизонтально-фрезерного станка мод. 6М82:

а—конструкция; *б*—кинематическая схема

блок, при переключении которого зацепляются пары колес $\frac{19}{69}\left(\text{или } \frac{82}{38}\right)$, шпиндель.

Частоту вращения шпинделя $n_{шп}$ определяют путем умножения частоты вращения электродвигателя $n_{дв}$ на передаточное отношение находящихся в зацеплении зубчатых пар по формуле

$$n_{шп}=n_{дв}\,\frac{27}{53}\,\frac{16}{38}\left(\text{или } \frac{19}{35},\ \text{или } \frac{22}{32}\,\frac{17}{46}\left(\text{или } \frac{27}{37},\ \text{или } \frac{38}{26}\,\frac{19}{69}\left(\text{или } \frac{82}{38}\right)\right).$$

За счет переключения подвижных блоков шестерен (двух тройных и одного двойного блока) шпинделю сообщается 18 различных частот вращения. Наименьшая частота вращения шпинделя $n_{шп\,min}$ получается тогда, когда при передаче движения от одного вала к другому вводят в зацепление пары колес с наименьшим передаточным отношением:

$$n_{шп\,min}=1440\,\frac{29}{53}\,\frac{16}{38}\,\frac{17}{46}\,\frac{19}{69}=31{,}5 \text{ об/мин.}$$

Наибольшая частота вращения шпинделя $n_{шп\,max}$ получается тогда, когда в зацепление введены пары зубчатых колес с наибольшим передаточным отношением:

$$n_{шп\,max}=1440\,\frac{27}{53}\,\frac{22}{32}\,\frac{38}{26}\,\frac{82}{38}=1600 \text{ об/мин.}$$

Одним из ответственных узлов механизма главного движения фрезерного станка является шпиндельный узел, к которому предъявляют высокие требования в отношении точности, жесткости и виброустойчивости, так как в шпинделе закрепляют режущий инструмент. Указанные требования удовлетворяются правильным выбором материала, конструкцией шпинделя и его опор.

Шпиндель представляет собой пустотелый вал с внутренним конусом *4* для крепления инструмента (или оправки), тщательно обработанными наружными шейками под подшипники качения *2*, *3*, *5* и зубчатые колеса $z=38$ и $z=69$. Передней опорой шпинделя служит двухрядный роликоподшипник *5*, средней опорой — два радиально-упорных шарикоподшипника *3*, хвостовик поддерживается радиальным шарикоподшипником *2*. Все подшипники шпинделя воспринимают радиальную нагрузку, а подшипники *3* еще и осевую.

Механизм главного движения горизонтально-фрезерного станка мод. 6Н81 показан на рис. 37. Расточки в корпусе станины *1* сделаны только под подшипники шпинделя *VI* и вала *V* перебора. Коробка скоростей смонтирована в отдельном корпусе *2*, который введен через специальное окно внутрь станины и прикреплен к ней фланцем. Коробка скоростей связана со шпиндельным узлом клиноременной передачей *3*. Такой раздельный привод шпинделя имеет ряд преимуществ: коробка скоростей как ис-

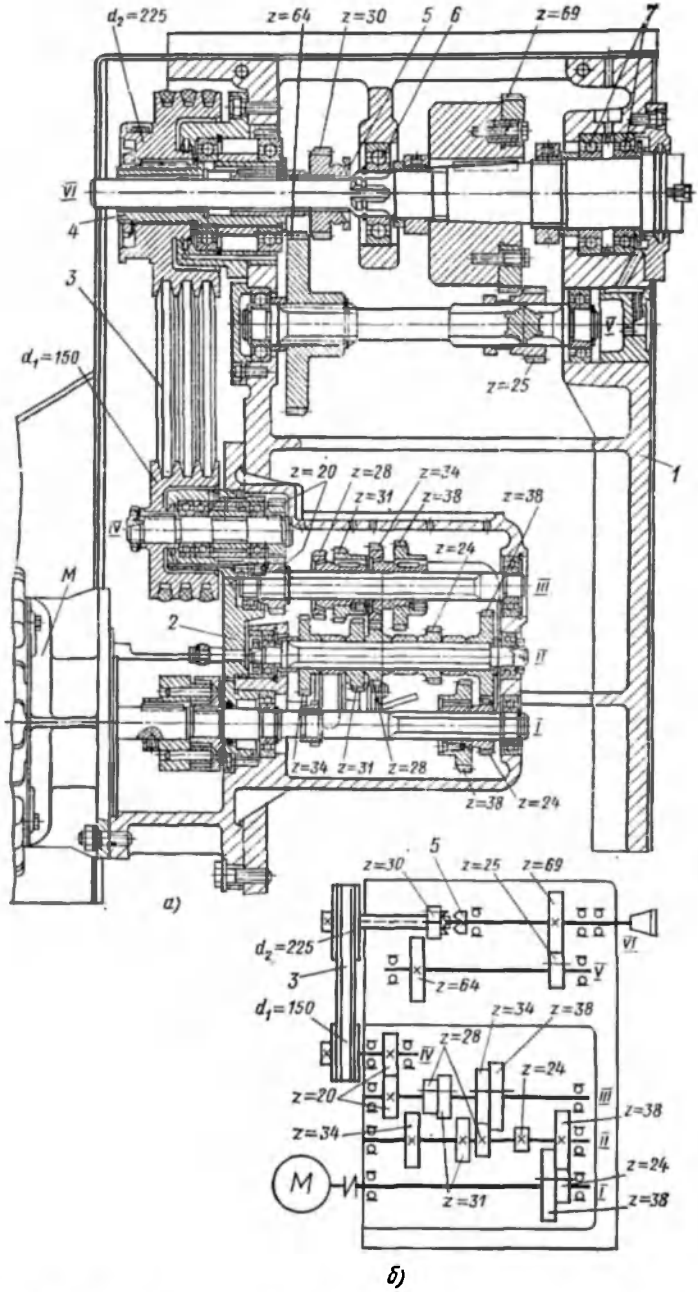


Рис. 37. Коробка скоростей горизонтально-фрезерного станка мод. 6Н81:

а—конструкция; *б*—кинематическая схема

точник вибраций и дополнительных температурных деформаций корпуса удалена от шпинделя; клиноременная передача, связывающая коробку скоростей и шпиндельный узел, обеспечивает большую плавность работы шпинделя; съемная коробка скоростей получается более компактной и удобной в обслуживании. Частоты вращения шпинделя устанавливают переключением трех двойных блоков зубчатых колес в коробке скоростей ($z=24-38$, $z=34-38$ и $z=28-31$) и двух шестерен ($z=30$ и $z=25$) в шпиндельном узле. Всего шпиндель получает 16 различных частот вращения в диапазоне от 65 до 1800 об/мин. Движение от электродвигателя к шпинделю передается по следующей цепи: электродвигатель M ($N=4$ кВт, $n=1450$ об/мин), муфта, вал I, зубчатая пара $\frac{24}{38}\left(\text{или } \frac{38}{24}\right)$, вал II, зубчатая пара $\frac{24}{38}\left(\text{или } \frac{28}{34}, \text{ или } \frac{31}{31}, \text{ или } \frac{34}{28}\right)$, вал III, зубчатая пара $\frac{20}{20}$, клиноременная передача $\frac{d_1}{d_2}=\frac{150}{225}$, зубчатый перебор $\frac{30}{64}\,\frac{25}{69}$, шпиндель. При переключении зубчатого колеса $z=30$ вправо его кулачки *5* на правом торце сцепляются с кулачками шпинделя и движение от шкива непосредственно передается шпинделю, минуя прибор.

Наибольшая и наименьшая частоты вращения шпинделя определяются по формулам

$$n_{\text{шп min}}=1450\,\frac{24}{38}\,\frac{24}{38}\,\frac{20}{20}\,\frac{150}{225}\,\frac{30}{64}\,\frac{25}{69}=65 \text{ об/мин};$$

$$n_{\text{шп max}}=1450\,\frac{38}{24}\,\frac{34}{28}\,\frac{20}{20}\,\frac{150}{225}=1800 \text{ об/мин}.$$

Шпиндель станка разгружен от сил натяжения ремня, так как шкив установлен на втулке *4*, которая смонтирована на собственных подшипниках качения, а хвостовик шпинделя свободно проходит через отверстие во втулке. Передней опорой шпинделя служат два радиально-упорных шарикоподшипника *7*, задней опорой является радиальный шарикоподшипник *6*.

В некоторых станках, например продольно-фрезерных, коробка скоростей смонтирована вместе со шпинделем в виде отдельного агрегата с индивидуальным электродвигателем. В таком виде этот узел, называемый фрезерной головкой, устанавливают на станине, стойке или траверсе станка. Таких головок на станке может быть установлено несколько. Их использование существенно упрощает кинематику и конструкцию станка.

Коробка скоростей и шпиндельный узел (рис. 38) смонтированы в отдельном корпусе. Движение от электродвигателя к шпинделю передается по следующей цепи: электродвигатель M ($N=13$ кВт, $n=1460$ об/мин), муфта *6*, зубчатая пара $\frac{23}{68}$, вал II,

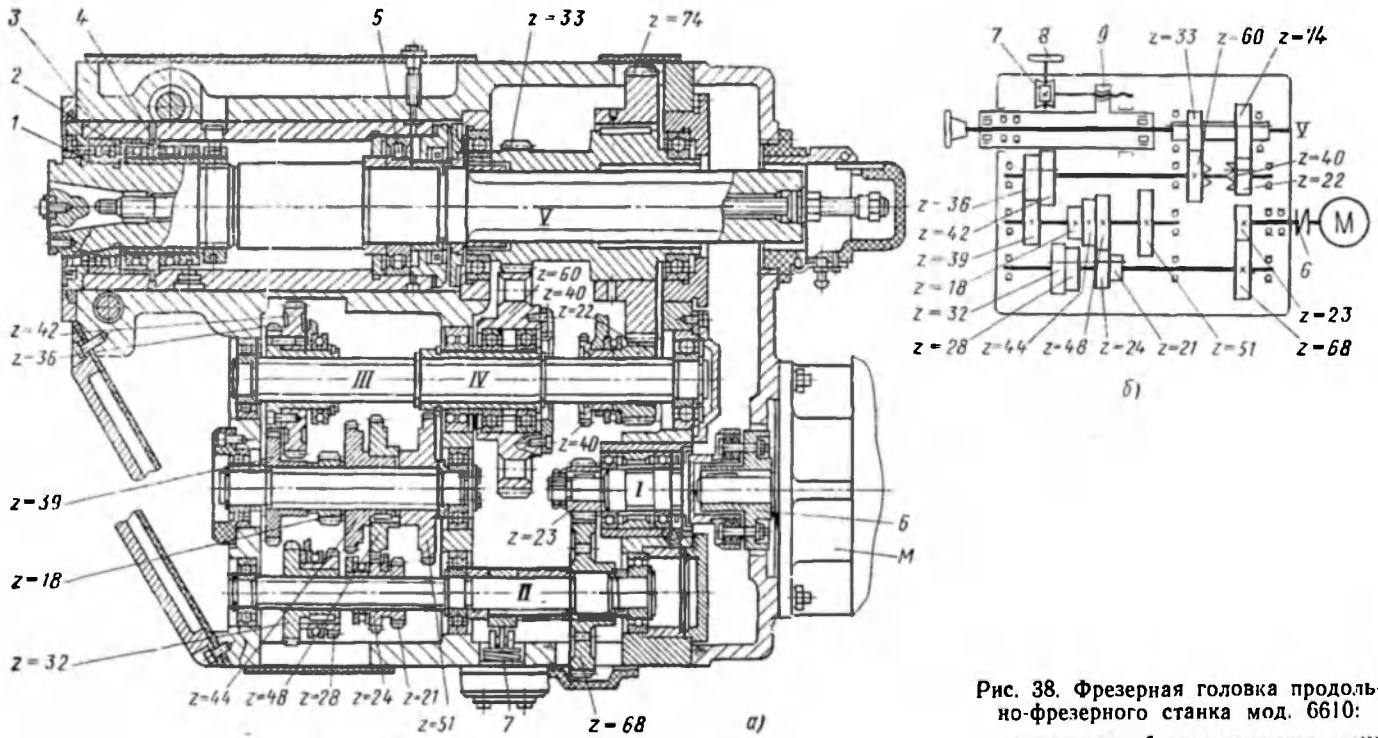


Рис. 38. Фрезерная головка продольно-фрезерного станка мод. 6610:

а—конструкция; *б*—кинематическая схема

зубчатая пара $\frac{21}{51}\left(\text{или } \frac{24}{48}, \text{ или } \frac{28}{44}, \text{ или } \frac{32}{39}\right)$, вал *II*, зубчатая пара $\frac{18}{24}\left(\text{или } \frac{39}{36}\right)$, вал *IV*, зубчатая пара $\frac{22}{74}\left(\text{или } \frac{60}{33}\right)$, когда полумуфта $z=40$ сдвинута влево и ее наружные зубья войдут в зацепление с внутренними зубьями полумуфты $z=40$, жестко связанной с зубчатым колесом $z=60$), шпиндель. За счет переключения двух двойных блоков зубчатых колес на валу *III*, одного двойного блока и зубчатого колеса $z=22$ с полумуфтой $z=40$ на валу *IV* шпиндель получает 16 различных частот вращений. Наименьшую и наибольшую частоты вращения шпинделя находят по формулам

$$n_{\text{шт min}}=1460\,\frac{23}{68}\,\frac{21}{51}\,\frac{18}{42}\,\frac{22}{74}=25 \text{ об/мин};$$

$$n_{\text{шт max}}=1460\,\frac{23}{68}\,\frac{32}{39}\,\frac{39}{36}\,\frac{60}{33}=800 \text{ об/мин}.$$

Опорами валов коробки скоростей служат радиальные шарикоподшипники. Шпиндель смонтирован в гильзе *3* на двухрядном *1* и однорядном *5* роликоподшипниках, воспринимающих радиальную нагрузку. Осевую нагрузку, действующую на шпиндель, воспринимают два упорных шарикоподшипника *2* и *4*. Шпиндель вместе с гильзой может перемещаться вдоль оси рукояткой *8* через червячную *7* и винтовую *9* пары. При осевом перемещении шпинделя его шлицевый хвостовик скользит в шлицевом отверстии зубчатого колеса $z=33$.

Механизм подачи. Движение подачи во фрезерных станках сообщается заготовке или инструменту и может быть прямолинейным или круговым в зависимости от типа станка. Изменять величину подачи можно теми же способами, что и частоту вращения шпинделя — с помощью коробок скоростей, но нередко для прямолинейного движения подачи применяют гидравлическое или электрическое регулирование скорости.

На рис. 39 дана кинематическая схема механизма подачи и конструкция коробки подач горизонтально-фрезерного станка мод. 6М82, в котором подачи изменяют с помощью передвижных блоков зубчатых колес и муфт. Движение от электродвигателя *M* ($N=1{,}7$ кВт, $n-1420$ об/мин) через зубчатые пары $\frac{19}{50}$ и $\frac{26}{57}$ передается на вал *III* и далее по цепи: зубчатая пара $\frac{18}{36}\left(\text{или } \frac{27}{27}, \text{ или } \frac{36}{18}\right)$, вал *IV*, зубчатая пара $\frac{18}{40}\left(\text{или } \frac{21}{37}, \text{ или } \frac{24}{34}\right)$, вал *V*. За счет переключения двух тройных блоков зубчатых колес на валах *III* и *V* валу *V* сообщается девять различных частот вращений. С вала *V* движение может передаваться двумя путями. При переключении зубчатого колеса $z=40$ вправо включа-

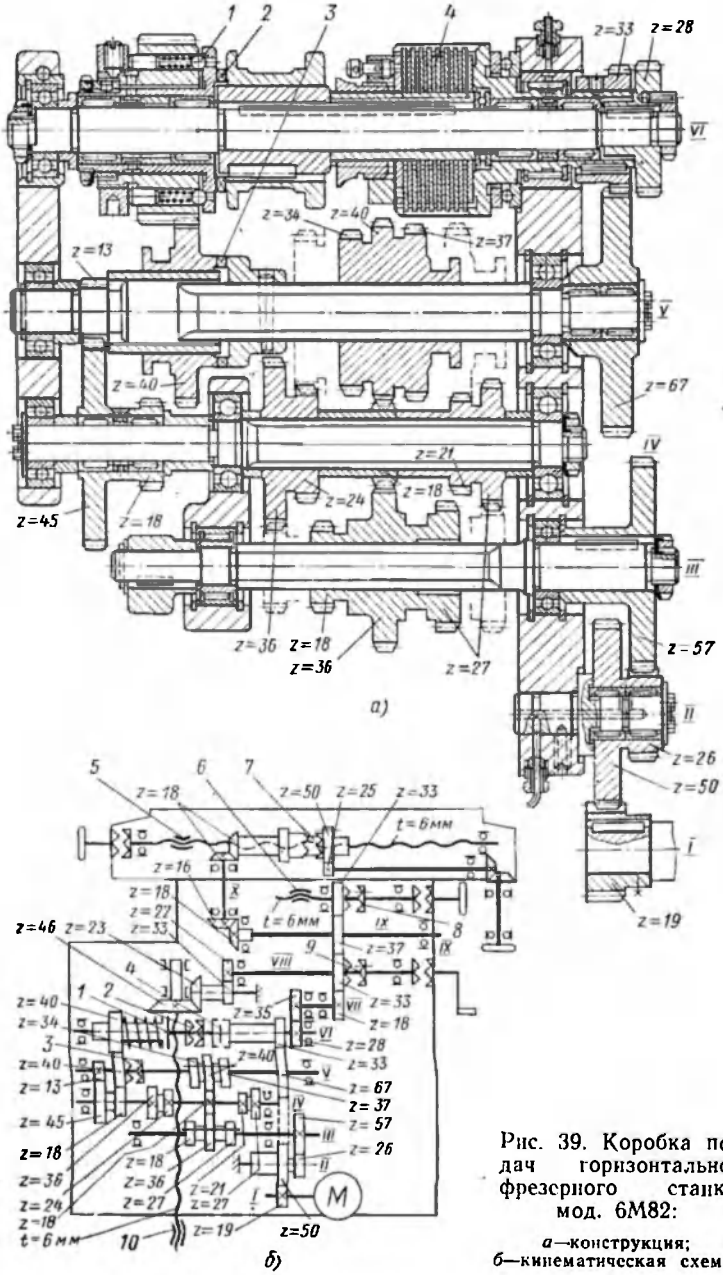


Рис. 39. Коробка подач горизонтально-фрезерного станка мод. 6М82:

а—конструкция;
б—кинематическая схема

ется кулачковая муфта *3* и движение с вала *V* через пару зубчатых колес $\frac{40}{40}$, шариковую предохранительную *1* и кулачковую *2* муфты передается валу *VI*, зубчатой паре $\frac{28}{35}$, и валу *VII*. При переключении зубчатого колеса $z=40$ на валу *V* влево оно войдет в зацепление колесом $z=18$ и движение к валу *VII* пойдет по цепи $\frac{13}{45}\ \frac{18}{40}\ \frac{40}{40}\ \frac{28}{35}$. Таким образом, девять различных частот вращений, полученных на валу *V* и переданных двумя путями, позволяют сообщить валу *VII* 18 различных частот вращений. Теперь при включении муфты *7* столу станка будет сообщаться *18* продольных подач по цепи $\frac{18}{33}\ \frac{33}{37}\ \frac{18}{16}\ \frac{18}{18}$, пара винт — гайка *5*; при включении муфты *8* — 18 поперечных подач по цепи $\frac{18}{33}\ \frac{33}{37}\ \frac{37}{33}$, винтовая пара *6*; при включении муфты *9* — 18 вертикальных подач по цепи $\frac{18}{33}\ \frac{22}{33}\ \frac{23}{46}$, пара винт — гайка *10*.

Наименьшую, например, продольную подачу $s_{\text{прод min}}$ определяют по формуле (муфта *3* выключена)

$$s_{\text{прод min}}=1420\times$$
$$\times\frac{26}{50}\ \frac{26}{57}\ \frac{18}{36}\ \frac{18}{40}\ \frac{13}{45}\ \frac{18}{40}\ \frac{40}{40}\ \frac{28}{35}\ \frac{18}{33}\ \frac{33}{37}\ \frac{18}{16}\ \frac{18}{18}\,6=25\ \text{мм/мин};$$

наибольшую подачу $s_{\text{прод max}}$ определяют по формуле (муфта *3* включена)

$$s_{\text{прод max}}=1420\ \frac{26}{50}\ \frac{26}{57}\ \frac{36}{18}\ \frac{24}{34}\ \frac{40}{40}\ \frac{28}{35}\ \frac{18}{33}\ \frac{33}{37}\ \frac{18}{16}\ \frac{18}{18}\,6=1250\ \text{мм/мин}.$$

Рассмотренная конструкция коробки подач позволяет получить ускоренные перемещения стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Это достигается включением дисковой фрикционной муфты *4*. В этом случае движение от электродвигателя *M* передается конечным звеньям, минуя коробку подач, по цепи: $\frac{26}{50}\ \frac{50}{67}\ \frac{67}{33}$, вал *VI*, зубчатая пара $\frac{28}{35}$, вал *VII* и далее так же, как было показано выше при передаче рабочих подач.

Величину ускоренного, например, продольного перемещения стола можно определить по формуле

$$s_{\text{прод.ускор}}=1420\,\frac{26}{50}\ \frac{50}{67}\ \frac{67}{33}\ \frac{28}{35}\ \frac{18}{33}\ \frac{33}{37}\ \frac{18}{16}\ \frac{18}{18}\,6=3000\ \text{мм/мин}.$$

Валы в коробке подач смонтированы на подшипниках качения. Шариковая предохранительная муфта и фрикционная дисковая муфта регулируют на передачу необходимого крутящего момента соответствующими гайками. Коробка подач заключена

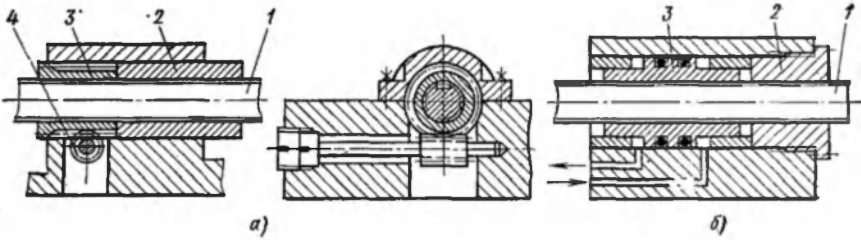


Рис. 40. Пара винт — гайка в приводе подачи стола

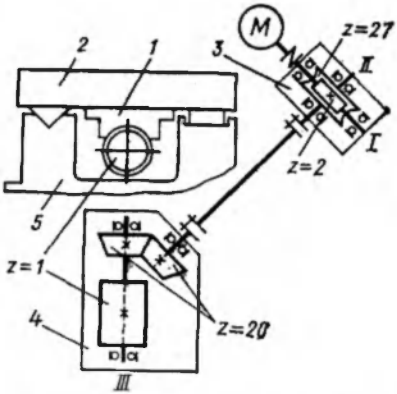


Рис. 41. Привод подачи стола продольно-фрезерного станка мод. 6610

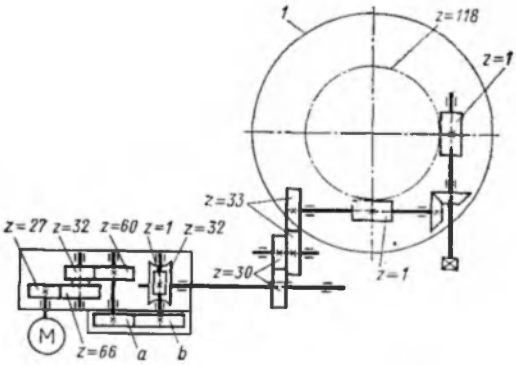


Рис. 42. Механизм круговой подачи стола

в отдельный корпус, который вставляют в полость консоли и закрепляют.

В рассмотренной конструкции механизма подачи конечным звеном в цепи продольных подач стола является пара винт — гайка. Для нормальной работы станка, особенно при фрезеровании с попутной подачей, в конструкции узла винтовой пары предусматривают возможность устранения осевого зазора (рис. 40,*а*). Гайка, связанная с винтом *1*, выполнена из двух частей *2* и *3*. Гайка *2* зафиксирована в корпусе штифтами, а гайку *3* можно вращать червяком *4*, и она, упираясь в торец гайки *2*, выбирает люфт в винтовой паре.

Примером устранения зазора в паре винт — гайка в одном из фрезерных станков с помощью гидравлики служит схема, показанная на рис. 40,*б*. Гайка состоит из двух частей *2* и *3*, но только часть *3* гайки является одновременно и поршнем. Под действием давления масла, поступающего в полость цилиндра, гайка *3* смещается в осевом направлении и выбирает зазор в винтовой паре. При ручном или ускоренном перемещении стола для уменьшения нагрузок на гайках обе полости цилиндра соединены золотником.

Примером бесступенчатого регулирования величин подач может служить привод подачи стола продольно-фрезерного станка мод. 6610 (рис. 41). Регулирование скорости перемещения стола производят при помощи двигателя *М* постоянного тока по системе генератор — двигатель с использованием в качестве генератора электромашинного усилителя (ЭМУ). От электродвигателя к столу *2* движение передается через червячную пару $\frac{2}{27}$, вал *II*, конические зубчатые колеса $\frac{20}{20}$ и червячно-реечную передачу, которая состоит из червяка $z=1$, смонтированного на одном валу с коническим колесом $z=20$, и червячной рейки *1*, закрепленной на столе станка. Червячная пара $\frac{2}{27}$ заключена в корпус редуктора *3*, который установлен на отдельном фундаменте у станины станка. Коническая пара $\frac{20}{20}$ и червяк $z=1$ смонтированы в коробке *4*, которую прикрепляют к станине *5* между направляющими.

Кроме механизмов подачи с прямолинейным движением стола во фрезерных станках применяют механизмы подачи с круговым движением стола. Кинематическая схема такого механизма подачи, примененного в карусельно-фрезерном станке мод. 621М, приведена на рис. 42. Движение от электродвигателя *М* до стола *1* передается по цепи: $\frac{27}{66}\cdot\frac{32}{60}$, сменные зубчатые колеса $\frac{a}{b}$, $\frac{1}{32}\,\frac{30}{30}\,\frac{33}{33}\,\frac{1}{118}$. Круговые подачи стола регулируют с по-

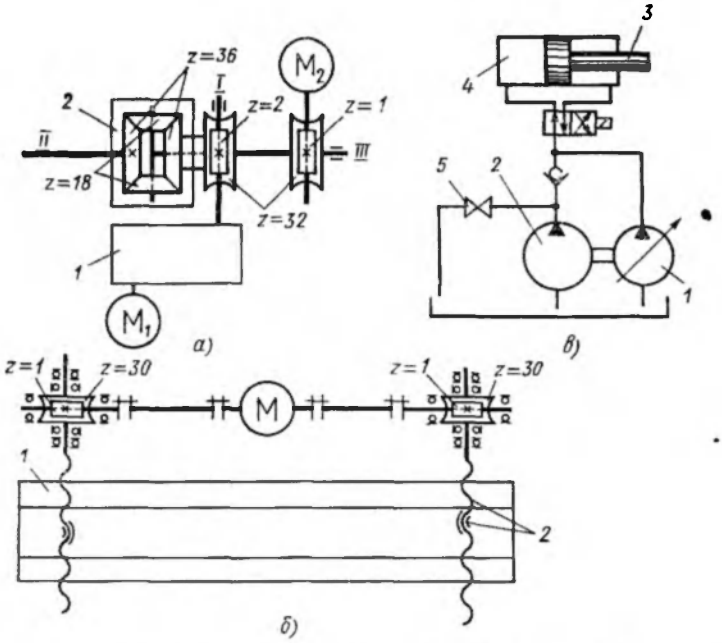


Рис. 43. Механизмы ускоренных перемещений

мощью набора сменных зубчатых колес. Конечным звеном в цепи подачи является червячная пара, причем количество червяков равно двум, для того чтобы путем осевого смещения одного из них можно было регулировать зазор в червячной передаче. Примером механизма подачи фрезерного станка с гидравлическим приводом может служить схема, приведенная на рис. 26.

Механизмы ускоренных перемещений узлов станка. Для сокращения вспомогательного времени фрезерные станки имеют механизмы ускоренных перемещений рабочих органов: столов, траверс, шпиндельных бабок. Цепь ускоренных перемещений может быть составлена весьма различно в зависимости от типа станка. В механических приводах для этой цели может быть использован, например, электродвигатель подачи и ускоренная часть кинематической цепи подачи, как это сделано в механизме подачи горизонтально-фрезерного станка мод. 6М82 (см. рис. 39); электродвигатель постоянного тока с регулируемой частотой вращения, как в продольно-фрезерном станке мод. 6610 (см. рис. 41); многоскоростной электродвигатель трехфазного тока; установлен отдельный электродвигатель и использована часть кинематической цепи подачи; применен отдельный привод.

Примерами двух последних случаев могут служить приведенные на рис. 43 кинематические схемы механизмов ускоренных перемещений узлов фрезерных станков. На рис. 43,*а* дана кине-

матическая схема коробки подач и привода ускоренных перемещений узлов бесконсольного вертикально-фрезерного станка мод. 6А54, в которой привод медленных рабочих и быстрых холостых подач осуществляется от двух отдельных двигателей. При включении электродвигателя M_1 рабочих подач движение передается по цепи: коробка подач *I*, вал *I*, зубчатые пары $\frac{2}{32}$ $\frac{36}{18}$ $\frac{18}{36}$ и далее от вала *II* к исполнительным механизмам станка. Передаточное отношение дифференциала *2* при этом равно единице, так как Т-образный вал *III* (водило) неподвижен. Ускоренное перемещение узлам станка сообщается при включении электродвигателя M_2, от которого движение передается по цепи; червячная пара $\frac{1}{32}$, водило *III* дифференциала, дифференциал, вал *II* и далее к исполнительным механизмам станка. Передаточное отношение дифференциала при этом равно двум (шестерни-сателлиты $z=18$, увлекаемые водилом, обкатываются вокруг правого конического колеса $z=36$ и передают движение левому коническому колесу $z=36$ дифференциала). Таким образом, ускоренное движение передается более коротким путем, минуя коробку подач.

Примером осуществления ускоренного перемещения узла станка от отдельного привода служит кинематическая схема (рис. 43,*б*) цепи подъема и опускания траверсы *1* продольно-фрезерного станка мод. 6610. Механизм ускоренного перемещения траверсы, состоящий из двух пар червячных и двух винтовых пар *2*, приводится в действие от электродвигателя *M* ($N=7{,}5$ кВт, $n=1300$ об/мин).

В гидравлических приводах ускоренные перемещения узлов станка обеспечиваются либо только регулятором скорости, либо с помощью регулируемого насоса, либо подключением в основную цепь дополнительного насоса. Для последнего случая дана упрощенная схема на рис. 43,*в*. Ускоренное перемещение поршню *3* сообщается подачей масла сразу от двух спаренных насосов — высокого *1* и низкого *2* давлений. По окончании ускоренного перемещения подача масла в цилиндр *4* от насоса *2* прекращается (вручную или автоматически), например, открытием крана *5*, после чего рабочая подача обеспечивается насосом *1*.

Механизмы зажима узлов фрезерных станков. Некоторые узлы фрезерных станков (траверсы, салазки, шпиндельные бабки и т. п.) необходимо надежно фиксировать в рабочем положении. Для этой цели применяют различные зажимные механизмы, приводимые в действие от руки, гидравлически или электрически.

На рис. 44,*а*, *б*, *в*, показаны ручные зажимы хобота, салазок и консоли горизонтально-фрезерного станка. При завертывании гайки *1* (рис. 44,*а*) шпилька *2* тянет стакан *4*, который своим скосом зажимает хобот *3*. Зажим салазок *2* (рис. 44,*б*) на кон-

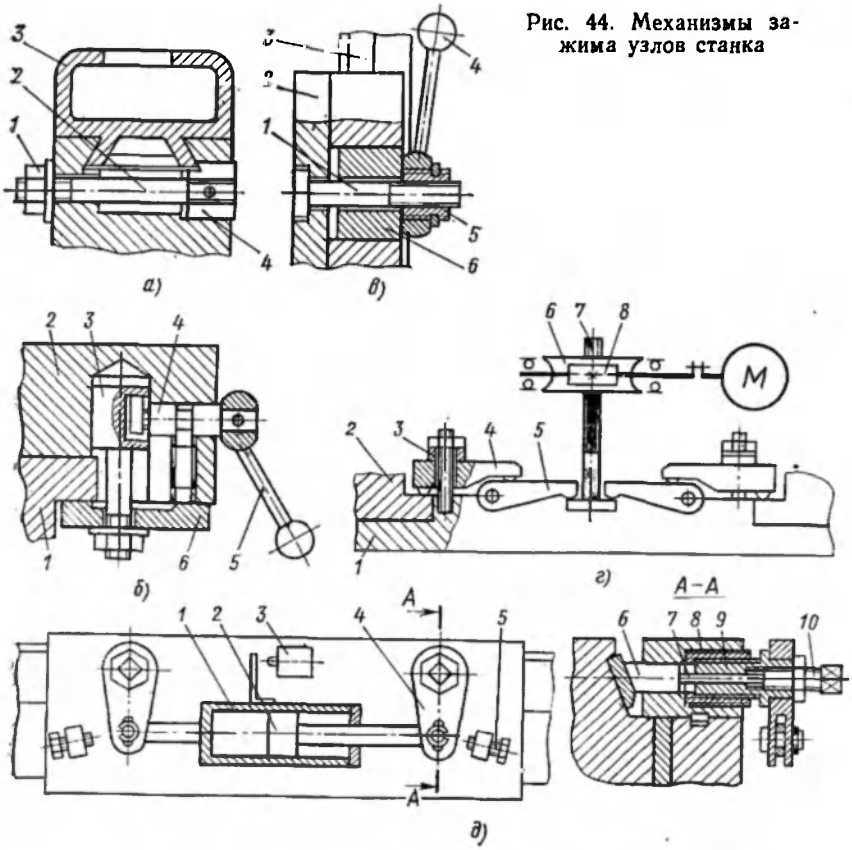


Рис. 44. Механизмы зажима узлов станка

соли *1* производится эксцентриком *4*, который, поворачиваясь (рукояткой *5*), тянет вверх палец *3* и прижимную планку *6*. Механизм зажима консоли *2* на станине *3* показан на рис. 44,*в*. Рукоятка *4* с помощью шлиц связана со втулкой *5*, которая имеет внутреннюю резьбу и навинчена на резьбовой конец оси *1*, которая закреплена в консоли. При повороте рукоятки втулка, завертываясь по резьбе, давит на стакан *6*, который своим скосом зажимает консоль на направляющих станины. На рис. 44,*г* дана схема механизма зажима траверсы *1* на стойках *2* продольно-фрезерного станка мод. 6610. Зажим траверсы осуществляется от электродвигателя *М*, который приводит во вращение червячную пару *6, 8*. Червячное колесо 6 одновременно является гайкой для резьбового конца тяги *7*. При вращении червячного колеса тяга перемещается в осевом направлении и выступами поворачивает рычаги *5*. Последние действуют на планки *4*, которые как рычаги поворачиваются относительно сферических шайб *3* и закрепляют траверсу на стойках станка. Механизм зажима работает автоматически и сблокирован с механизмом перемеще-

ния траверсы: при нажатии на пульте на одну из кнопок, управляющую перемещением траверсы, происходит автоматический отжим траверсы и только по окончании отжима включается механизм перемещения траверсы. После опускания кнопки траверса останавливается и автоматически зажимается.

Гидравлический механизм зажима каретки фрезерной головки на траверсе продольно-фрезерного станка изображен на рис. 44,*д*. Состоит он из гидроцилиндра *1* и поршня *2*, которые связаны с двумя зажимными устройствами. В каждое зажимное устройство входит рычаг *4*, винт *9*, резьбовой стакан *8*, упорный винт *10*, толкатель *7* и сухарь *6*. При подаче масла в штоковую полость цилиндра поршень и цилиндр, перемещаясь относительно друг друга, поворачивают рычаги *4* и связанные с ними винты *9*. Винты *9* завинчиваются в резьбовые стаканы и через упорные винты воздействуют на толкатели, которые давят на сухари и зажимают каретку на траверсе. Ход рычагов *4* при отжиме каретки ограничен винтами *5*. В конце отжима срабатывает конечный выключатель *3* и дает команду на перемещение каретки.

При подаче масла в бесштоковую часть цилиндра происходит отжим каретки. Механизм зажима каретки сблокирован с механизмом подачи, аналогично тому, как это сделано для траверсы.

Механизмы управления. При работе на фрезерном станке необходимо выполнять различные по его управлению действия, изменять по величине и направлению скорости главного движения и движения подачи, пускать и останавливать электродвигатели главного движения, подачи и вспомогательных механизмов, включать и выключать главное движение и движение подачи, осуществлять установочные перемещения узлов станка и фиксацию их в определенной позиции, настраивать станок на автоматический цикл работы и т. д.

Во фрезерных станках для этого имеются соответствующие цепи управления. Одни из них независимы, т. е. могут быть включены без связи с иными цепями, другие, напротив, взаимосвязаны (сблокированы), как, например, движение подачи и главное движение — подача невозможна без включения вращения шпинделя во избежание повреждения инструмента или заготовки.

Функции системы управления станками довольно сложны и для их выполнения в станках используют механические, гидравлические, электрические и другие устройства, при этом управление можно осуществлять вручную и автоматически.

Любая из цепей управления состоит из устройства, принимающего сигнал (кнопка, рукоятка и т. д.), исполнительного механизма (вилка, рычаг, винтовая и реечная пары и т. п.), осуществляющего необходимые движения в станке, передающего звена (механического, гидравлического или электрического устройства), являющихся промежуточными между принимающим и исполнительным органами.

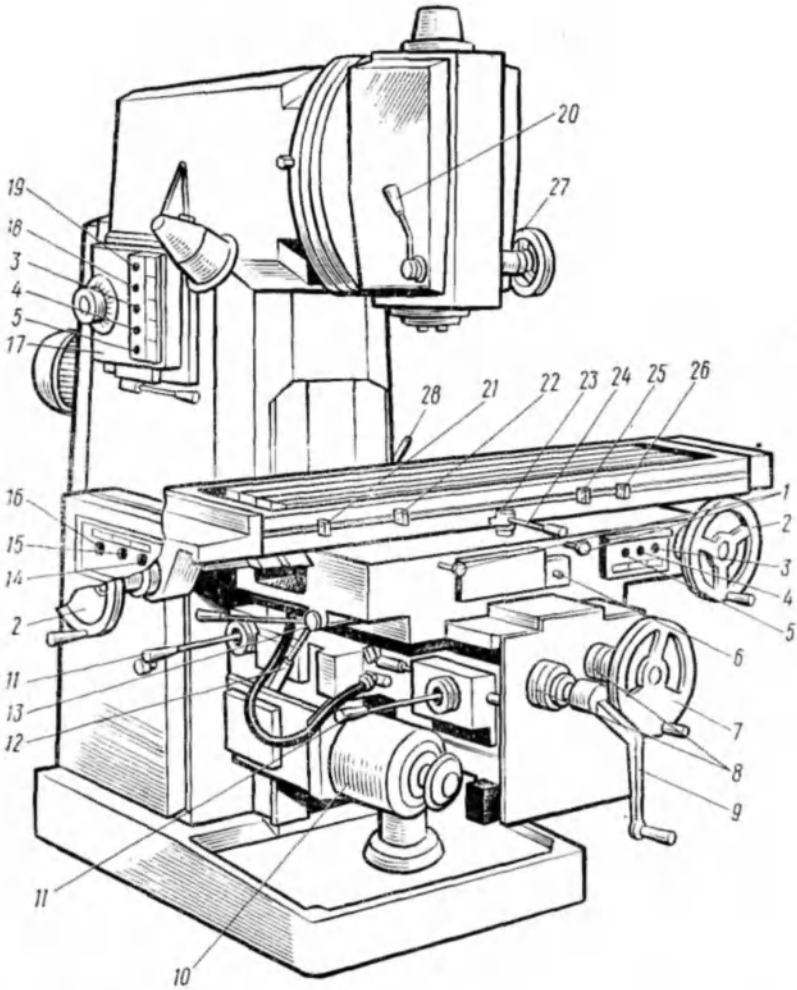


Рис. 45. Расположение органов управления вертикально-фрезерного станка мод. 6Р12

На рис. 45 приведен вертикально-фрезерный станок и указаны его органы управления, рассмотрение которых позволяет представить себе комплексно всю систему кнопочно-рукояточного управления станком.

Изменение частоты вращения шпинделя и подач производятся с помощью механизма *17* переключения зубчатых колес коробки скоростей и механизма *10* переключения подач. Направление вращения шпинделя устанавливают переключателем *14*. Движением стола в продольном направлении управляют с помощью

рукояток *23* и *24*, а в поперечном и вертикальном рукоятками *11*, которые, включая с помощью муфт то или иное движение стола, одновременно воздействуют на направление вращения двигателя подачи. Движение стола прекращается, когда рукоятки устанавливают в среднее положение.

Пуск, остановку и импульсное (толчковое) движение шпинделя осуществляют соответственно кнопками *4*, *5* и *18* (первые две дублируются кнопками *15* и *16*). Маховики *2* служат для ручного перемещения стола в продольном направлении, маховик *7* — в поперечном, а рукоятка *9* — в вертикальном направлениях. Величины перемещений отсчитывают по соответствующим лимбам *8*. Ускоренный ход стола включают кнопкой *3*. Маховичком *27* выдвигают гильзу шпинделя.

Стол, салазки, консоль и гильзы шпинделя закрепляют вручную соответствующими зажимами *1*, *12*, *13*, *28* и *20*. Для настройки станка на автоматический цикл работы необходимо повернуть пакетный выключатель в электрошкафу, переключатель *6* в положение автоматического управления, закрепить в необходимом месте кулачки *21* и *26*, определяющие (переключением рукоятки *24*) величину хода стола в продольном направлении и его реверс. установить кулачки *22* и *25*, которые, действуя на звездочку *23*, включают и выключают в определенный момент быстрый ход стола. Кнопкой *16* станок подключают к электросети, а кнопкой *19* включают освещение.

Управление крупными фрезерными станками обычно осуществляется дистанционно со специальных пультов управления. На рис. 46 показана схема органов управления продольно-фрезерного станка, расположенных на подвесном пульте управления *6*, на шкафу управления *12* и частично на фрезерных головках. Станок включают в сеть рубильником *11*. Переключение частоты вращения шпинделя производят поворотом рукоятки *3*, при этом блоки зубчатых колес в коробке скоростей перемещаются с помощью гидравлики. Направление вращения шпинделей изменяют переключателями *7*—*10*.

Скорости подачи стола и головок регулируют бесступенчато поворотом рукоятки *15* реостата (наружная шкала — для стола, внутренняя — для головок). Направление подачи стола или фрезерных головок выбирают с помощью переключателя *29*. Пуск и остановку шпинделя производят кнопками *30* и *31*, а включение и выключение подачи стола и головок кнопками *19* и *20*, для ускоренных ходов стола и головок служат кнопки *21*, *22*, *27* и *28*. Установочные перемещения стола и головок осуществляют кнопками *30* и *31*. Какие головки будут участвовать в работе, зависит от положения переключателей *32* (вертикальные или горизонтальные головки), *26* (левая или правая вертикальная головка) и *23* (левая или правая горизонтальная головка). Цикл работы станка устанавливают переключателем *18*. Отключение станка осуществляют нажатием кнопки *24*. Перемещение поперечины

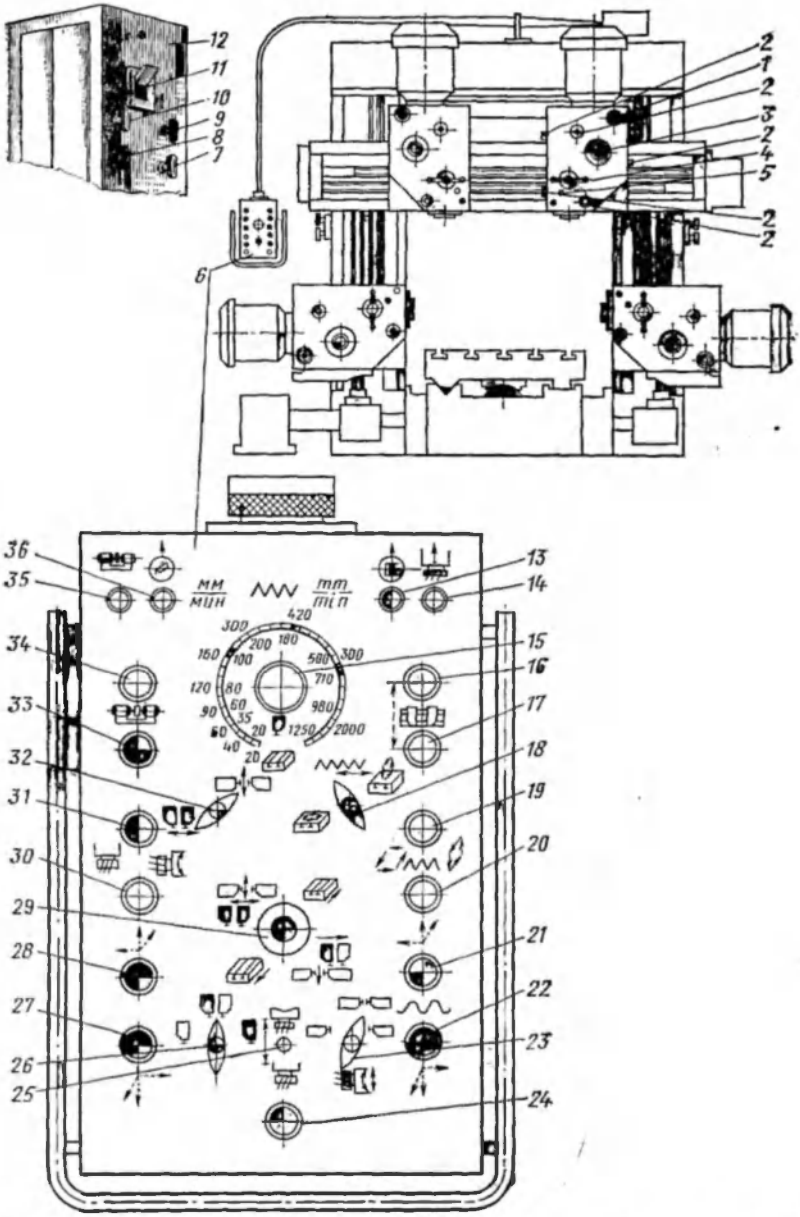


Рис. 46. Расположение органов управления продольно-фрезерного станка мод. 6610

вверх и вниз производят нажатием кнопок *16* и *17*, при этом разжим и зажим поперечины автоматизирован. Автоматизированы также зажим кареток, пиноли, отскок пиноли (кнопка *25*) на обратном ходу стола. Вручную выполняют поворот шпиндельной головки (рукояткой *1*), ее зажим на каретке (винтами *2*), перемещение пиноли (рукояткой *4*) и ее зажим (винтом *5*).

Пуск и выключение преобразовательного агрегата (электромашинного усилителя и возбудителя) и гидронасоса стола производят нажатием кнопок *34* и *33*. Лампочки *13, 14, 35* и *36* сигнализируют соответственно о перегрузке двигателей на головках, об отсутствии давления в гидросистеме, об отсутствии смазки направляющих станины, о работе преобразовательного агрегата.

Рассмотрим теперь некоторые механизмы управления фрезерными станками.

Механизмы управления главным движением и движением подачи. Изменение частот вращения шпинделя и величин подач в коробках скоростей и подач шестеренного типа производят с помощью переключения подвижных колес и муфт различными устройствами. Самым простым из них является многорукояточное устройство, в котором для перемещения каждого блока колес предусмотрена отдельная рукоятка. Такой способ переключения требует значительных затрат времени, особенно если переключения приходится делать часто.

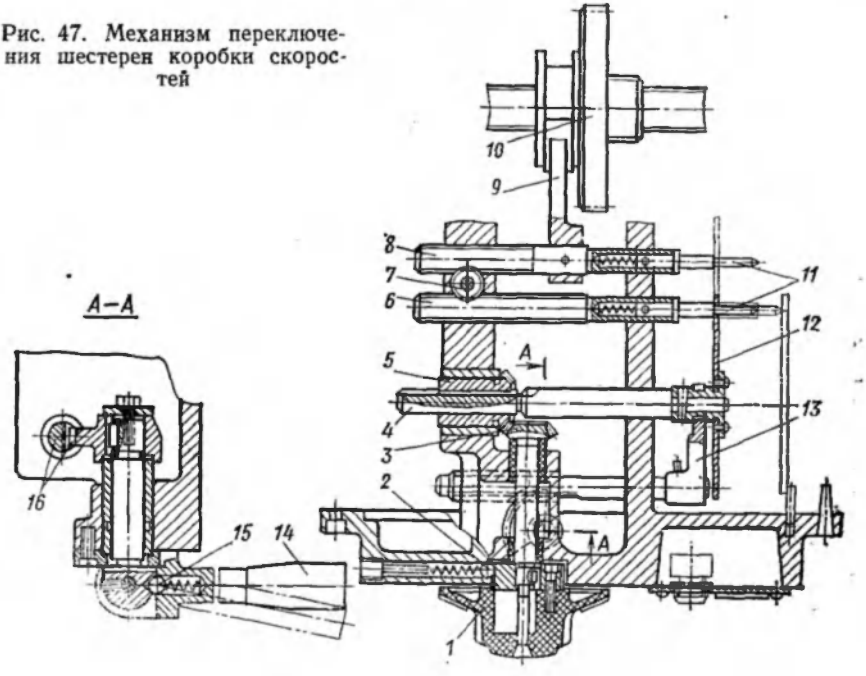


Рис. 47. Механизм переключения шестерен коробки скоростей

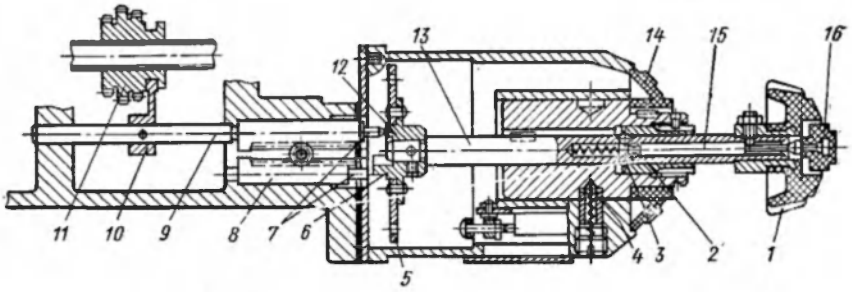


Рис. 48. Механизм переключения подач

Время на переключение значительно сокращается при использовании системы избирательного (селективного) переключения, осуществляемого одной рукояткой.

Механизм переключения зубчатых колес коробки скоростей вертикально-фрезерного станка мод. 6Р12 показан на рис. 47.

Указатель *1* частот вращения шпинделя через коническую пару зубчатых колес *3, 5* и валик *4* поворачивает диск переключения *12*. Диск имеет несколько рядов отверстий определенного размера, расположенных против штифтов реек (на рис. 47 показана одна пара реек *6* и *8*). Пара реек, связанных между собой зубчатым колесом *7*, предназначена для переключения одного блока колес. Для этого на одной из реек крепят вилку *9* переключения блока зубчатых колес *10*. Рукоятка *14* через реечную пару *16* и вилку *13* перемещает в осевом направлении валик *4* с диском переключения *12*.

Для установки требуемой частоты вращения шпинделя поворотом рукоятки *14* сдвигают диск *12* вправо, указателем *1* поворачивают диск *12* в требуемую позицию и возвращают его рукояткой *14* в крайнее левое положение. При перемещении диска переключения влево штифты *11* реек *6* и *8* либо входят в соответствующие отверстия на диске *12*, либо один из штифтов упирается в диск. В результате каждая пара реек, смещаясь вдоль оси, переключает блок зубчатых колес. Возможные положения реек *6* и *8* (а значит, и блока колес) после переключения зависят от того, какие отверстия на диске *12* оказались против штифтов реек.

Для исключения жесткого упора торцов сцепляющихся колес штифты у реек подпружинены. Фиксация указателя *1* и рукоятки *14* в требуемом положении обеспечивается пружинными фиксаторами *2* и *15*. Механизм переключения подач показан на рис. 48. Принцип работы данного механизма аналогичен работе механизма переключения частоты вращения шпинделя. Здесь также имеется диск переключения *5* на валике *13* и попарно связанные между собой рейки *8* и *9* с вилками *10* для переключения блоков

зубчатых колес. Диск *5* перемещается в осевом направлении и поворачивается вокруг оси с помощью грибка *1*. С грибком жестко связан указатель подач *14*. Фиксацию диска от осевого смещения обеспечивают шарики *3* со втулкой *2*, а от проворота — подпружиненный шарик *4*.

При переключении подач нажимом кнопки *16* освобождают диск для осевого перемещения (шарики *3* западают в выточку пальца *15*), смещают с помощью грибка *1* диск вправо и поворачивают его в требуемую позицию. Перемещают грибок и диск в крайнее левое положение, при этом диск сдвигает рейки и тем самым перемещает зубчатые колеса. Диск кроме отверстий для штифтов реек имеет еще выступ *6* и площадку *12* на торце ступицы, которые также, нажимая на штифты *7* (пары реек *8* и *9*), смещают их и переключают зубчатые колеса *11*.

Кроме рассмотренных механизмов селективного переключения зубчатых колес есть системы управления с предварительным набором частот вращения и подач. Такие системы, называемые также преселективными, еще более существенно сокращают время на переключение, так как позволяют установить следующие необходимые частоты вращения или подачу во время работы станка.

Принцип работы такой системы можно понять, если представить, что, например, в механизме переключения частот вращения шпинделя (см. рис. 47) каждая пара реек имеет свою (а не от диска) фиксацию в каждом положении. Тогда при работе станка можно отвести диск вправо и установить его поворотом указателя в следующую необходимую позицию. После остановки шпинделя, чтобы переключить шестерни, достаточно повернуть рукоятку *10*. Остановка шпинделя нужна потому, что при переключении зубчатых колес на ходу станка возможна поломка зубьев. При включении в работу той или иной пары колес фрикционными муфтами переключение возможно и на ходу станка.

В крупных фрезерных станках блоки переключать вручную сложно, поэтому для этой цели используют гидравлические или электрические устройства.

Схема гидравлического переключения блоков зубчатых колес показана на рис. 49. Блоки колес *1—4* переключаются вилками *5, 6, 7* и *8*, которые перемещаются вместе с соответствующими плунжерами *9, 10, 11* и *12*. Плунжеры смонтированы в гидроцилиндрах *13, 14, 15* и *16*. Положение плунжера с вилкой зависит от того, в какую полость гидроцилиндра масло подается от насоса *17* и из какой полости оно идет на слив. Устанавливается это с помощью поворотного золотника *18*, управляющего распределением потока масла к гидроцилиндрам.

В том случае, когда на одном валу расположено несколько блоков зубчатых колес, одновременное включение которых во избежание поломки зубьев недопустимо, в механизме управления

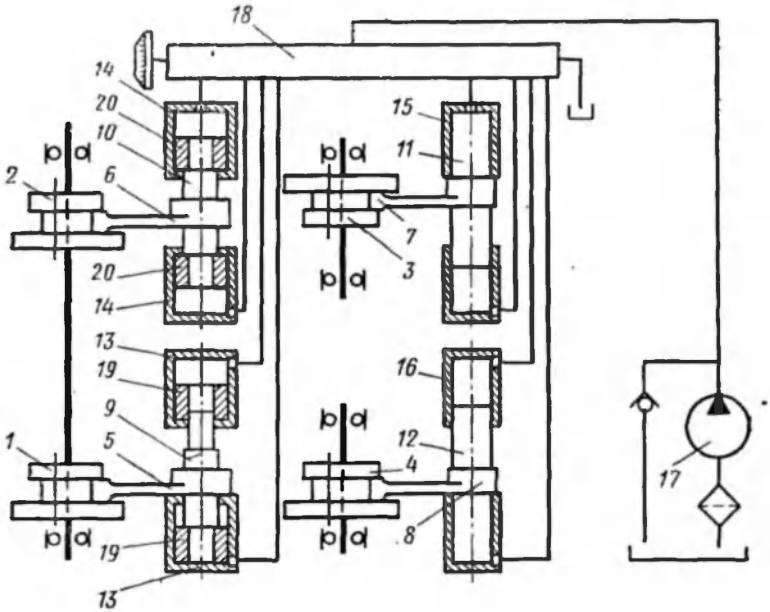


Рис. 49. Схема гидравлического переключения блоков зубчатых колес

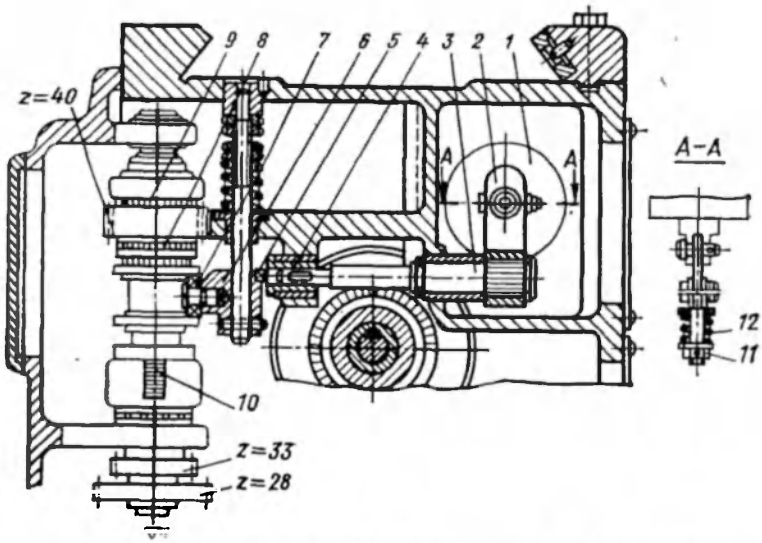


Рис. 50. Механизм включения ускоренного хода стола

положением блоков шестерен должна быть предусмотрена блокировка. В схеме на рис. 49 блокировка предусмотрена для блоков зубчатых колес *1* и *2*. Для этой цели плунжеры *9*, *10* вместе с вилками *5*, *6* в отличие от остальных плунжеров и вилок имеют, кроме двух крайних положений, еще среднее, нейтральное положение, фиксируемое гидравлически. Фиксацию производят подачей масла в обе полости цилиндра, при этом полые поршни *19* или *20* сдвигаются и защемляют плунжер с вилкой в среднем положении. При соединении одной из полостей цилиндра со сливом плунжер под давлением масла в другой полости перемещается вместе с вилкой и блоком колес (см. положение блока *1*).

Конструкции механизмов управления ускоренными перемещениями весьма разнообразны. В них используют механические, гидравлические и электрические устройства.

На рис. 50 показана конструкция механизма включения ускоренного хода стола вертикально-фрезерного станка мод. 6Р12. Установив в требуемое положение рукоятку *24* или *11* (см. рис. 45), нажимают кнопку *3*. При этом срабатывает электромагнит *1* (рис. 50) и через тягу, гайку *11* и пружину *12* поворачивает рычаг *2*, вал *3* и втулку *4*. Втулка *4*, упираясь своим шипом *5* в уступ рычага *6*, смещает рычаг вместе с роликом *7* вправо. Выключается кулачковая муфта *8*, связывающая зубчатое колесо $z=40$ через предохранительную шариковую муфту *9* с валом *VII*, а диски фрикционной муфты *10* сжимаются и соединяют зубчатое колесо $z=33$ с валом *VII*. Теперь движение от электродвигателя (см. рис. 39), минуя коробку подач, передается по укороченной цепи к зубчатым колесам $z=33$, $z=28$ на валу *VII* и далее к конечным звеньям механизма подач.

Механизмы управления автоматическим циклом работы станка. Настройка фрезерного станка на автоматический цикл работы предполагает движение узлов станка в определенной последовательности с определенной скоростью в требуемом направлении на необходимое расстояние. Так, например, стол вертикально-фрезерного станка мод. 6Р12 может быть настроен на следующие циклы работ: полуавтоматический — быстро вперед — рабочая подача — быстро назад или вперед — стоп; автоматический маятниковый — быстро вправо — подача вправо — быстро влево — подача влево — быстро вправо и т. д.

Тот или иной цикл работы обеспечивают соответствующей установкой на столе станка (см. рис. 45) кулачков *21*, *22*, *25* и *26*, один из которых, воздействуя на выступы рукоятки *24* переключения продольного хода, реверсируют движение стола, другие, поворачивая звездочку *23*, включают быстрый ход стола. Кулачки в конечном итоге через рукоятку и звездочку воздействуют на конечные электрические выключатели, которые переключают направление вращения двигателя подачи или включают электромагнит в механизме управления быстрым ходом стола (см. рис. 49).

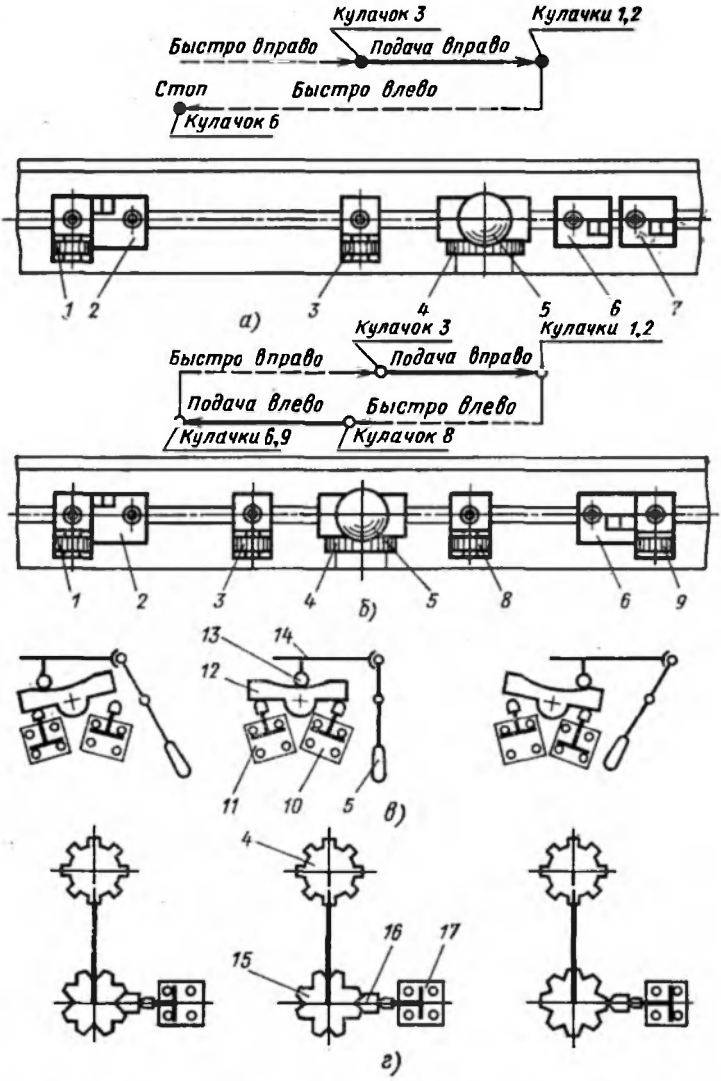


Рис. 51. Схемы установки кулачков для полуавтоматического и автоматического циклов работы фрезерного станка

На рис. 51 даны схемы установки кулачков для различных циклов работ фрезерного станка.

Для полуавтоматического цикла работы расстановка кулачков на столе станка приведена на рис. 51,*а*. При включении станка стол движется быстро вправо до тех пор, пока кулачок *3* не повернет звездочку *4*, в результате чего стол будет продолжать

движение в ту же сторону, но уже с медленной рабочей подачей. В конце хода стола кулачки *1* и *2*, поворачивая одновременно соответственно звездочку *4* и рукоятку *5*, включают быстрое обратное движение стола. В конце обратного хода стола кулачок *6* устанавливает рукоятку в среднее положение, и стол останавливается. Для повторения цикла работы станка необходимо снова нажать кнопку «Пуск». Кулачок *7* играет роль предохранителя.

Автоматический маятниковый цикл работы станка обеспечивают расстановкой кулачков по схеме рис. 51,*б*. При включении станка стол движется быстро вправо до тех пор, пока кулачок *3* не подойдет к звездочке и не повернет ее. После этого устанавливается медленная рабочая подача стола в ту же сторону. В конце хода стола кулачки *1* и *2*, воздействуя одновременно на рукоятку и звездочку, реверсируют направление движения стола и включают ускоренное перемещение. При обратном движении стола сначала кулачок *8* поворотом звездочки устанавливает медленную рабочую подачу стола, а в конце хода кулачки *6* и *9* реверсируют движение стола и включают ускоренное его перемещение. Далее цикл повторяется, прервать его можно нажатием кнопки «Стоп».

Схемы передачи движения от рукоятки *5* и звездочки *4* до соответствующих конечных выключателей приведена на рис. 51, *в, г*.

Рукоятка *5* (рис. 51,*в*), отклоняясь от среднего (нейтрального) положения, через тягу *14* и палец *13* качает рычаг *12*, который нажимает на конечные выключатели *10* или *11*, замыкая одни и размыкая другие их контакты. В результате осуществляется реверс электродвигателя подачи, а значит, и стола.

Звездочка *4* (рис. 51,*г*) связана с дисковым кулачком *15*. Кулачок по окружности имеет четыре глубокие и четыре неглубокие впадины, которые чередуются. Шток *16*, попадая при повороте кулачка в глубокую впадину или на наружную поверхность кулачка, замыкает контакты конечного выключателя *17*, в результате срабатывает электромагнит *1* (см. рис. 50) и стол получает ускоренное перемещение. При моменте нахождения штока в неглубокой впадине контакты конечного выключателя разомкнуты и стол перемещается с рабочей подачей.

На рис. 52 приведена гидравлическая схема привода подач стола фрезерного станка, которая позволяет управлять циклом работы стола. Стол *7* станка, связанный со штоком поршня *5*, совершает возвратно-поступательное движение при подаче масла от регулируемого насоса *18* то в левую, то в правую полости цилиндра *6*. Изменение направления потока масла в гидроцилиндр осуществляется золотником *4*, который имеет три позиции. В средней позиции золотник *4* не пропускает масло в цилиндр, поэтому поршень и стол неподвижны, в левой позиции золотник направляет масло от насоса в правую полость цилиндра, а из другой полости — на слив, в результате поршень и стол движутся влево, при перемещении золотника из левой позиции в правую

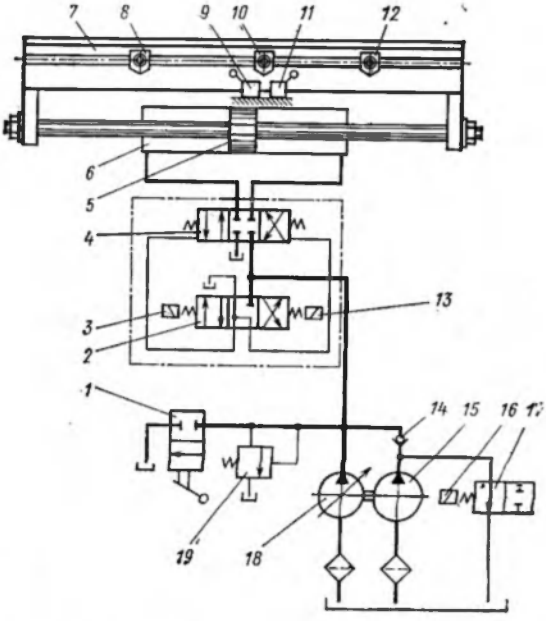


Рис. 52. Схема гидравлического управления циклом работ фрезерного станка

направление потока масла в гидроцилиндре изменяется на обратное, что приводит к реверсированию стола.

Положением золотника *4* управляет вспомогательный трехпозиционный электрозолотник *2*. При обесточенных электромагнитах *3* и *13* вспомогательный золотник устанавливается пружинами в среднюю позицию, соединяет левую и правую полости корпуса золотника *4*, в результате чего он под действием пружин тоже занимает среднее положение, блокируя поступление масла в цилиндр. При включении, например, электромагнита *3* вспомогательный золотник перемещается влево, в результате масло подводится к правому торцу золотника *4*, смещает его в левую позицию, при которой поток масла от гидронасоса направляется в правую полость цилиндра и перемещает поршень и стол влево. Включение электромагнита *13* вызывает смещение золотников в противоположном направлении и реверсирование стола. Электромагниты *3* и *13* получают сигналы от конечного выключателя *9*, на который воздействуют кулачки *8* и *12*, установленные на столе и ограничивающие величину его продольного перемещения.

Нерегулируемый насос *15* большой производительности, но работающий на низком давлении, предназначен для ускоренных движений стола. При рабочей подаче стола поток масла от насо-

са *15* поступает через золотник *17* на слив. Если включить электромагнит *16*, то золотник *17* перекроет слив масла и оно через обратный клапан *14* и золотник *4* поступит в цилиндр, в результате чего стол получит быстрое движение. Включением электромагнита *16* управляет конечный выключатель *11*, на который действует кулачок *10*.

Полуавтоматический и автоматический циклы работы обеспечиваются соответствующим расположением на столе станка кулачков, которые, действуя в определенной последовательности на конечные выключатели, а через них на электрозолотники, управляют скоростью и направлением движения стола.

Двухпозиционным золотником *1* пускают и останавливают стол вручную, перекрывая или открывая слив масла от насосов в бак. Клапан *19* предохраняет гидросистему от перегрузки.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

1. ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Особенностью этой группы станков является горизонтально расположенный шпиндель и возможность перемещения стола в трех взаимно перпендикулярных направлениях. В универсально-фрезерном станке стол, кроме того, поворачивается вокруг вертикальной оси и таким образом может двигаться под разными углами к оси шпинделя, что используют при нарезании винтовых канавок.

Рассмотрим горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р82Г.

Движения в станке. Главное движение — вращательное движение шпинделя с фрезой; движение подачи — перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях; вспомогательное движение — ускоренное перемещение стола в тех же направлениях. Главное движение и движение подачи имеют раздельный привод (рис. 54).

Цепь главного движения. Шпиндель станка получает движение от электродвигателя M_1 ($N=7{,}5$ кВт, $n=1440$ об/мин) через упругую муфту *1* и шестеренную коробку скоростей. С помощью трех передвижных блоков зубчатых колес ($z=19—22—16$; $z=37—46—26$ и $z=19—82$) коробки скоростей шпинделю сообщается 18 различных частот вращений. Наименьшую n_{min} и наибольшую n_{max} частоты вращений шпинделя определяют по уравнениям

$$n_{min}=1440\ \frac{27}{53}\ \frac{16}{38}\ \frac{17}{46}\ \frac{19}{69}=31{,}5 \text{ об/мин}$$

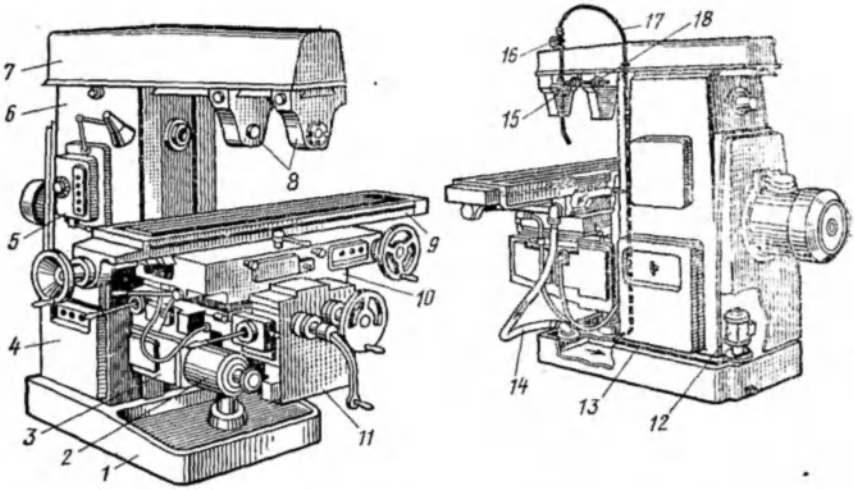


Рис. 53. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р82Г:

а—общий вид: *1*—фундаментная плита; *2*—механизм переключения подач; *3*—коробка подач; *4*—крышка с электроаппаратурой; *5*—механизм управления коробкой скоростей; *6*—станина; *7*—хобот; *8*—кронштейн; *9*—продольный стол; *10*—салазки; *11*—консоль; *б*—схема охлаждения инструмента: *12*—насос; *13*—трубопровод; *14, 17*—гибкий шланг; *15*—сопло; *16*—кран; *18*—кронштейн

(при передаче движения от одного вала к другому вводят в зацепление пары колес с наименьшим передаточным отношением);

$$n_{max} = 1440 \frac{27}{53} \frac{22}{32} \frac{38}{26} \frac{22}{38} = 1600 \text{ об/мин}$$

(в зацепление введены пары колес с наибольшим передаточным отношением).

Изменение направления вращения шпинделя осуществляется реверсированием электродвигателя.

Цепь подач. Движение от электродвигателя M_2 ($N = 2{,}2$ кВт, $n = 1430$ об/мин) через пары зубчатых колес $\frac{26}{50} \frac{26}{37}$, коробку подач, зубчатые колеса $\frac{28}{35} \frac{18}{33}$ передается либо столу (продольная подача) по цепи $\frac{33}{37} \frac{18}{16} \frac{18}{18}$ и винт *XVII*, либо салазкам (поперечная подача) по цепи $\frac{33}{37} \frac{37}{33}$ и винт *XVIII*, либо консоли (вертикальная подача) по цепи $\frac{22}{33} \frac{23}{46}$ и винт *XX*.

Продольная, поперечная и вертикальная подачи включаются соответствующими кулачковыми муфтами *2*, *3* и *4*. Изменение величины подачи осуществляется переключением в коробке подач двух тройных блоков $z = 18—36—27$ и $z = 34—40—37$ и колеса $z = 40$ с кулачковой муфтой *8*, которое может передавать

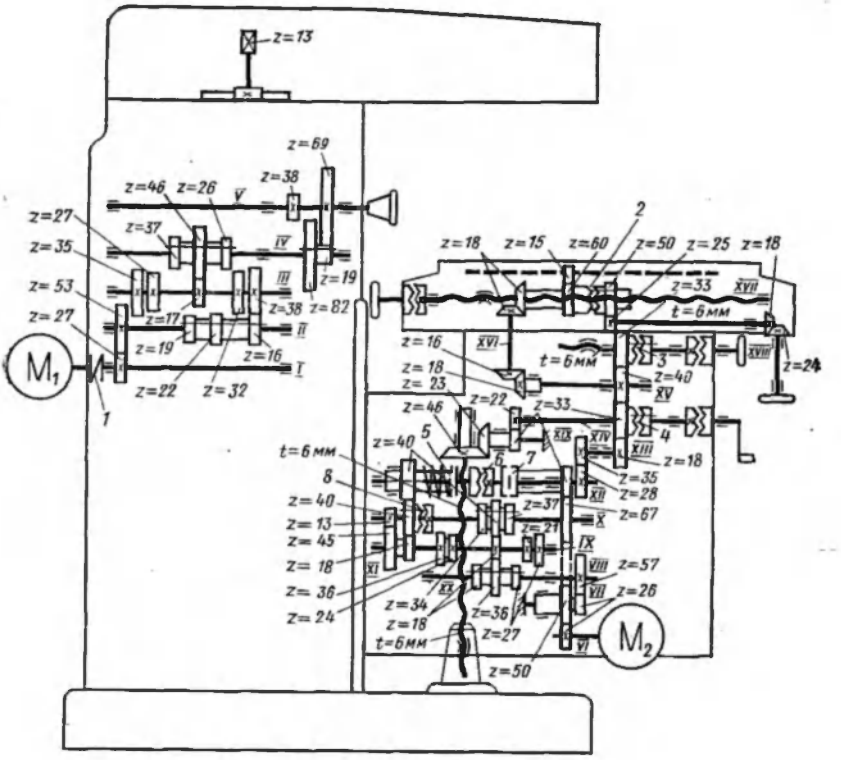


Рис. 54. Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р82Г

движение колесу $z=40$ на валу X либо напрямую (когда муфта *8* включена), либо через колеса $\frac{13}{45}\frac{18}{40}$ (когда муфта *8* выключена). От колеса $z=40$ движение передается через предохранительную шариковую *5* и кулачковую *6* муфты, вал *XII*, пару зубчатых колес $\frac{28}{35}$ и далее к соответствующим винтовым парам.

Коробка подач позволяет получить таким образом 18 различных подач. Уравнения для наименьшей и наибольшей подач, например продольной, имеют вид

$$s_{\text{прод}\,min}=1430\,\frac{26}{50}\,\frac{26}{57}\,\frac{18}{38}\,\frac{18}{40}\,\frac{13}{45}\,\frac{18}{40}\,\frac{40}{40}\,\frac{28}{35}\,\frac{18}{33}\,\frac{33}{37}\,\frac{18}{16}\,\frac{18}{18}\,6=25 \text{ мм/мин},$$

$$s_{\text{прод}\,max}=1430\,\frac{26}{50}\,\frac{26}{57}\,\frac{36}{18}\,\frac{24}{34}\,\frac{40}{40}\,\frac{28}{35}\,\frac{18}{33}\,\frac{33}{37}\,\frac{18}{16}\,\frac{18}{18}\cdot 6=1250 \text{ мм/мин}.$$

Диапазон изменения поперечных подач такой же, как и про-

дольных, а вертикальных подач 8,3—416,6 мм/мин. Направление подачи реверсируется электродвигателем.

Цепь ускоренных перемещений. Для быстрого перемещения стола, салазок или консоли используют более короткий участок цепи подач. Движение от электродвигателя, минуя коробку подач, передается сразу на ее последний вал *XII* через зубчатые колеса $\frac{26}{50}\cdot\frac{50}{67}\cdot\frac{67}{33}$. Для этого включают магнит быстрого хода (см. рис. 50), который расцепляет кулачковую муфту *6* и включает фрикционную муфту *7*, связанную с колесом $z=33$. Далее движение от цепи передается обычным путем соответствующим винтовым парам.

Скорость быстрого перемещения стола и салазок равна 3000 мм/мин консоли 1000 мм/мин.

Конструкция и работа некоторых узлов фрезерного станка данной модели аналогичны рассмотренным ранее узлам, таким, как коробка скоростей и шпиндельный узел (см. рис. 36), механизмы управления коробкой скоростей (см. рис. 47) и подач (см. рис. 48), механизм управления автоматическим циклом (см. рис. 51) и ускоренным ходом стола (см. рис. 50), узел винт — гайка продольной подачи (см. рис. 40), схема расположения органов управления (см. рис. 45).

Система охлаждения режущего инструмента. На фрезерном станке охлаждение инструмента применяют при обработке стали фрезами из быстрорежущего материала. Обработку чугуна фрезами из разных инструментальных материалов и обработку стали твердосплавными фрезами производят без охлаждения режущего инструмента.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), заполняющая резервуар в основании станка (см. рис. 53,*а*) подается насосом *12* по трубопроводу *13*, гибкому шлангу *17* и соплу *15* с краном *16* в зону резания. Сопло, установленное на кронштейне *18*, может быть легко помещено в требуемую позицию. Краном регулируют расход жидкости.

Слив СОЖ со стола станка в резервуар происходит через от-

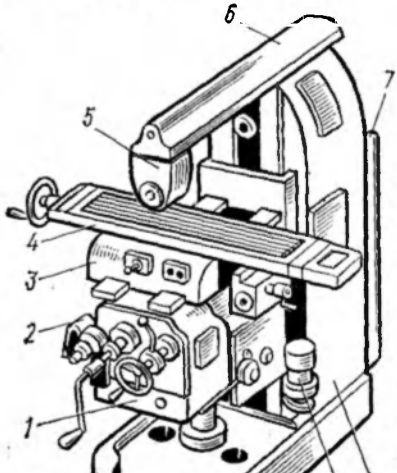


Рис. 55. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81Г:

1—консоль; *2*—коробка подач; *3*—салазки; *4*—продольный стол; *5*—кронштейн; *6*—хобот; *7*—крышка с электроаппаратурой; *8*—станина; *9*—система охлаждения; *10*—фундаментная плита

верстия в столе, в канал салазок и далее по гибкому шлангу *14* в основание станка.

Горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81Г (рис. 55) отличается от предыдущей модели конструктивным оформлением корпусных деталей и узлов, кинематикой механизмов главного движения и подачи, раздельным расположением коробки скоростей и шпиндельного узла, механизмами управления и др.

Движения в станке. Главное движение — вращательное движение шпинделя с фрезой; движение подачи — перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях; вспомогательное движение — быстрое перемещение стола в тех же направлениях. Привод главного движения и подачи осуществляется от отдельных электродвигателей. Кинематическая схема станка показана на рис. 56.

Цепь главного движения. Вращение от электродвигателя M_1 ($N=5{,}5$ кВт, $n=1450$ об/мин) через коробку скоростей *13* и клиноременную передачу *10* сообщается шпинделю *XXVIII* либо сразу путем включения муфты *9*, либо через зубчатый перебор $\frac{66}{30}\frac{25}{71}$.

Частота вращения шпинделя изменяется переключением трех двойных блоков зубчатых колес в коробке скоростей ($z=21—35$ на валу *XXII*, $z=27—31$ и $z=34—38$ на валу *XXIV*) и сблокированных колес $z=25$ и $z=30$ в шпиндельной бабке. Всего шпиндель получает 16 различных частот вращений шпинделя.

Наименьшую и наибольшую частоты вращения шпинделя находят из уравнений

$$n_{min}=1450\,\frac{21}{41}\,\frac{24}{38}\,\frac{24}{24}\,\frac{140}{210}\,\frac{30}{66}\,\frac{25}{71}=50 \text{ об/мин};$$

$$n_{max}=1450\,\frac{35}{27}\,\frac{34}{27}\,\frac{24}{24}\,\frac{140}{210}=1600 \text{ об/мин}.$$

Переключение блоков зубчатых колес коробки скоростей производят поворотом от рукоятки *11* специального кулачка *12* с криволинейным пазом на торце, по которому скользят пальцы, связанные системой рычагов с блоками шестерен.

Реверсирование шпинделя осуществляется электродвигателем. Для торможения шпинделя предназначена электромагнитная муфта *14*, расположенная на входном валу коробки скоростей.

Цепь подач. Движение от электродвигателя M_2 ($N=1{,}5$ кВт, $n=1460$ об/мин) через пару конических колес $\frac{15}{30}$ передается на вал *II* коробки подач. Коробка подач *16* позволяет получить на станке *16* различных подач путем переключения четырех подвижных двойных блоков зубчатых колес: один $z=21—35$ на валу *II*, два блока $z=28—35$ и $z=31—38$ на валу *IV*, один блок

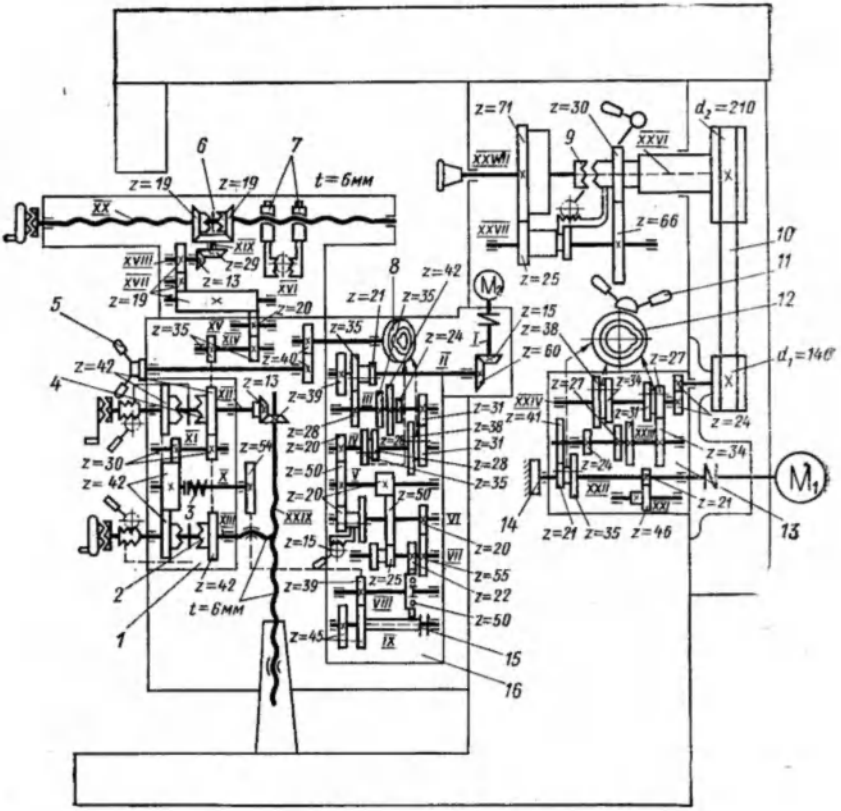


Рис. 56. Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р81Г

$z=20—50$ на валу *VI*. С вала *VI* движение передается по цепи: $\frac{20}{55}\frac{22}{50}$, роликовая обгонная муфта, вал *VIII*, колеса $\frac{39}{54}$, вал *X* коробки реверса *1*. На валу *X* установлена шариковая предохранительная муфта *3* механизма подачи, отрегулированная на предельный крутящий момент. Коробка реверса предназначена для преобразования крутящих моментов, снимаемых с выходного вала коробки подач, и передачи рабочих движений (продольного, поперечного и вертикального) столу, салазкам и консоли в двух взаимно противоположных направлениях.

Движение с вала *X* коробки реверса к продольному столу передается по цепи: пара зубчатых колес $\frac{42}{30}$, вал *XI*, зубчатые пары $\frac{30}{42}\frac{42}{35}$, вал *XIV* и далее $\frac{35}{27}\frac{27}{19}\frac{19}{19}\frac{13}{29}\frac{19}{19}$, винт *XX*, связанный со столом, и гайка *7*. Изменение направления движения стола

осуществляется переключением кулачковой муфты *6*, которая соединяет с винтом левое или правое конические зубчатые колеса $z=19$, свободно посаженные на винт. Эти конические колеса вращаются в противоположных направлениях, поэтому при их поочередном соединении с винтом с помощью муфты, направление вращения винта, а значит, и направление перемещения стола изменяются.

Поперечная подача салазок осуществляется сцеплением кулачковой муфты *2* с зубчатыми колесами $z=42$, свободно посаженными на винт *XIII*. При сцеплении муфты с левым колесом $z=42$ винт получает вращение от вала *X* через пару зубчатых колес $\frac{42}{42}$, а при переключении муфты вправо винт от вала *X* получает вращение противоположного направления по цепи: зубчатые колеса $\frac{42}{30}$, вал *XI*, колеса $\frac{30}{42}$.

Вертикальная подача салазок производится сцеплением кулачковой муфты *4* с зубчатыми колесами $z=42$, свободно посаженными на валу *XII*. При включении муфты влево движение на вертикальный винт *XXIX* передается с вала *X* по цепи: зубчатые колеса $\frac{42}{42}\frac{13}{39}$. Переключение муфты вправо приводит к изменению направления вращения вертикального винта, а значит, и перемещения консоли. Кинематическая цепь при этом следующая: вал *X*, зубчатые передачи $\frac{42}{30}\frac{30}{42}\frac{13}{39}$, винт *XXIX*.

Для примера приведем уравнения для определения наименьшей и наибольшей продольной подачи

$$s_{\text{пр ох min}}=1460\,\frac{15}{30}\,\frac{21}{42}\,\frac{24}{38}\,\frac{20}{50}\,\frac{20}{50}\,\frac{20}{55}\,\frac{22}{50}\,\frac{45}{54}\,\frac{42}{30}\,\frac{30}{42}\,\frac{42}{35}\,\frac{35}{27}\,\frac{27}{19}\times$$

$$\times\frac{19}{19}\,\frac{19}{19}\,\frac{13}{29}\,\frac{19}{19}\,6=25\ \text{мм/мин};$$

$$s_{\text{прод max}}=1460\,\frac{15}{30}\,\frac{35}{28}\,\frac{35}{28}\,\frac{20}{50}\,\frac{50}{20}\,\frac{20}{55}\,\frac{22}{50}\,\frac{45}{54}\,\frac{42}{30}\,\frac{30}{42}\,\frac{42}{35}\,\frac{35}{27}\,\frac{27}{19}\,\frac{19}{19}\,\frac{19}{19}\times$$

$$\times\frac{13}{29}\,\frac{19}{19}\,6=800\ \text{мм/мин}.$$

Переключение блоков зубчатых колес в коробке подач производят поворотом специального кулачка *8* при помощи рукоятки *5* через пару зубчатых колес $\frac{40}{40}$.

Цепь ускоренных перемещений. Для быстрого перемещения стола, салазок и консоли рукояткой сжимают диски фрикционной муфты *15*. Движение с вала *II* коробки подач и через зубчатую пару $\frac{39}{45}$ передается сразу на вал *IX*, а затем с помощью

зубчатой передачи $\frac{45}{45}$ на вал *VIII* и далее в коробку реверса, а от нее по цепи рабочих подач к исполнительным механизмам соответствующих узлов. Ускоренное вращение вала *VIII* допустимо, так как на нем установлена обгонная роликовая муфта. Скорость быстрого перемещения стола и салазок составляет 3150 мм/мин, а консоли 1050 мм/мин.

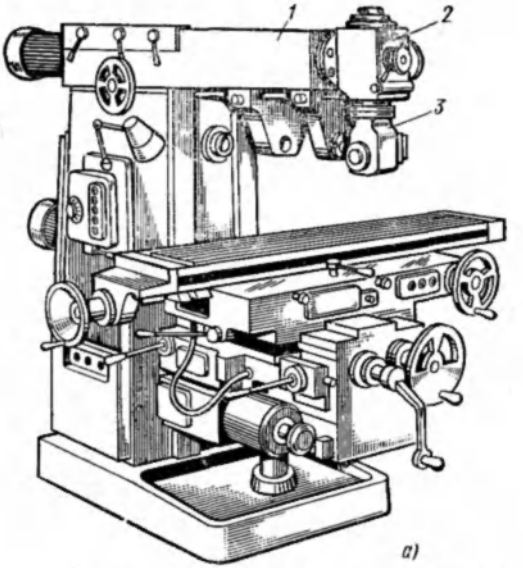
Рассмотренный фрезерный станок, подобно предыдущему, может работать в автоматическом цикле, имеет устройство для устранения зазора в паре винт — гайка механизма продольного перемещения стола, снабжен блокировкой механической и ручной подачи, включение которых одновременно невозможно и т. д.

2. ШИРОКОУНИВЕРСАЛЬНЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

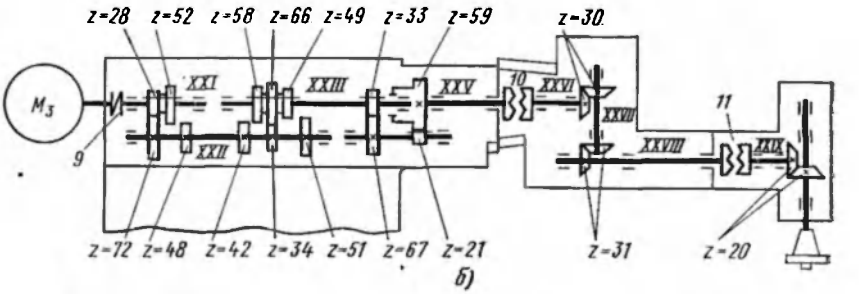
Широкоуниверсальный фрезерный станок консольного типа, например, мод. 6Р82Ш (рис. 57,*а*) отличается от рассмотренного горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р82Г тем, что на хоботе *1* станка устанавливают дополнительные поворотную *2* и накладную *3* фрезерные головки, а в хоботе монтируют коробку скоростей привода еще одного горизонтального шпинделя и шпинделей поворотной и накладной головок. Фрезерные головки поворотом вокруг двух взаимно перпендикулярных осей могут быть установлены под любым углом к обрабатываемой заготовке, за счет чего существенно расширяется универсальность станка. При снятых головках возможна одновременная работа обоими горизонтальными шпинделями.

Кинематическая схема привода дополнительных шпинделей изображена на рис. 57,*б*. Частота вращения шпинделей изменяется переключением двойного блока $z=28—52$, тройного блока $z=49—58—66$ и колес $z=33$ и $z=21$. Всего шпиндели получают 12 различных частот вращения.

Движение от электродвигателя M_3 ($N=2{,}2$ кВт, $n=1430$ об/мин) к шпинделям передается по следующей цепи: эластичная муфта *9*, вал *XXI*, зубчатая пара $\frac{28}{72}\left(\text{или } \frac{52}{48}\right)$, вал *XXII*, колеса $\frac{34}{66}\left(\text{или } \frac{42}{58}, \text{ или } \frac{51}{49}\right)$, вал *XXIII*, зубчатые пары $\frac{33}{67}\,\frac{21}{59}$ (или колесо $z=33$ сдвигается вправо, соединяясь с полумуфтой колеса $z=59$), горизонтальный шпиндель *XXV*. При установке поворотной фрезерной головки движение на ее шпиндель *XXVIII* передается через кулачковую муфту *10* и две пары конических зубчатых колес $\frac{30}{30}\,\frac{31}{31}$, а шпиндель *XXX* накладной головки получает движение от шпинделя *XXVIII* через кулачковую муфту *11* и коническую пару $\frac{20}{20}$.



а)



б)

Рис. 57. Широкоуниверсальный фрезерный станок мод. 6Р82Ш:

а—общий вид станка; *б*—кинематическая схема привода дополнительных шпинделей

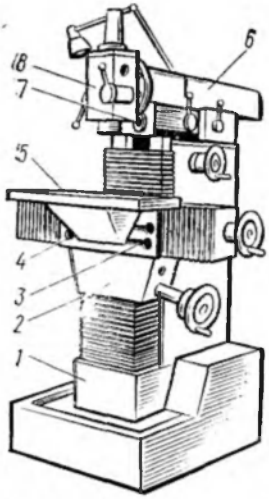


Рис. 58. Прецизионный широкоуниверсальный бесконсольный фрезерный станок

За последнее время станкостроительной промышленностью значительно увеличен выпуск прецизионных (высокоточных) широкоуниверсальных фрезерных станков для изготовления точных деталей сложной конфигурации: штампов, пресс-форм, сложных инструментов и т. п.

Конструктивные особенности этих станков по сравнению с консольными широкоуниверсальными фрезерными станками следующие. По вертикальным направляющим станины *1* (рис. 58) перемещается не консоль, а каретка *2*, по горизонтальным направляющим которой движутся салазки *3* с вертикальной рабочей поверхностью. На этой поверхности имеются Т-образные пазы *4* для крепления различных приспособлений (стола *5*, делительной головки, зажимных и других приспособлений). Поперечная подача обеспечивается перемещением шпиндельной бабки *6*, которая имеет горизонтальный шпиндель *7* и поворотную фрезерную головку *8*. Последняя в одних моделях станков получает движение непосредственно от горизонтального шпинделя, а в других, как на рис. 58, через промежуточный валик. В этом случае при работе горизонтальным шпинделем фрезерную головку можно не снимать со станка, а отводить (поворачивать) в сторону, что сокращает вспомогательное время.

3. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Вертикально-фрезерные станки консольного типа (рис. 59,*а*) строят обычно на базе горизонтально-фрезерных станков. Отличие их состоит только в том, что в вертикально-фрезерном станке отсутствует хобот, несколько изменена конструкция станины для установки поворотной шпиндельной головки и в коробку скоростей добавлены коническая $\frac{30}{30}$ и цилиндрическая $\frac{54}{54}$ зубчатые пары (рис. 59,*б*) привода шпинделя.

В некоторых моделях вертикально-фрезерных станков шпиндельный узел не поворотный, а размещается прямо в корпусе станины. Остальные узлы и механизмы такие же, как в горизонтально-фрезерном станке.

Кроме вертикально-фрезерных станков консольного типа промышленность выпускает бесконсольные станки. На рис. 60 дан общий вид бесконсольного вертикально-фрезерного станка мод. 6А54.

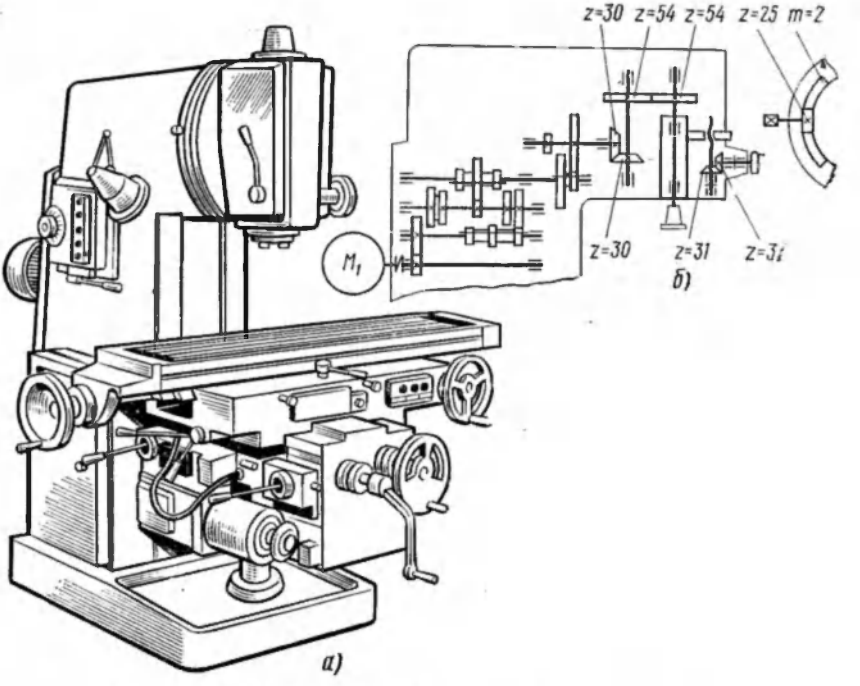


Рис. 59. Вертикально-фрезерный станок мод. 6Р12:

а—общий вид станка; *б*—кинематическая схема поворотной шпиндельной головки

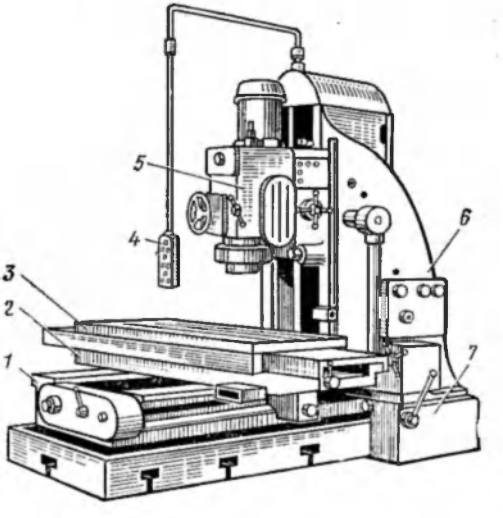


Рис. 60. Вертикально-фрезерный бесконсольный станок мод. 6А54:

1—станина; *2*—салазки; *3*—стол; *4*—подвесная кнопочная станция; *5*—шпиндельная бабка; *6*—стойка; *7*—коробка подач

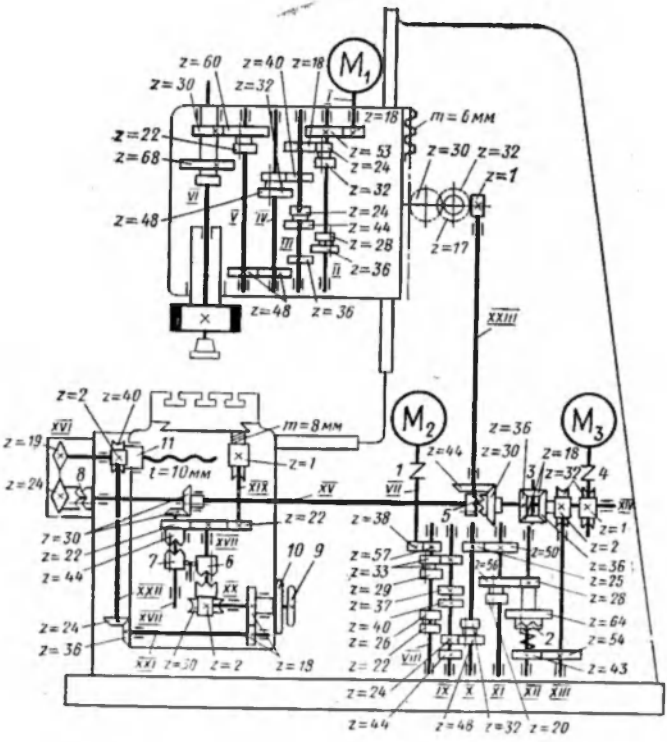


Рис. 61. Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка мод. 6А54

Особенностями конструкции станка являются отсутствие консоли, наличие массивных станины и стойки, повышенная мощность и быстроходность, червячно-реечный привод стола. Все это создает жесткость конструкции станка и позволяет обрабатывать детали на повышенных режимах.

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя; движение подачи — перемещение стола в продольном и поперечном направлениях; вспомогательные движения — быстрые перемещения стола и шпиндельной бабки; установочные — ручные перемещения стола и гильзы шпинделя. Кинематическая схема станка представлена на рис. 61.

Цепь главного движения. Шпиндель *VI* станка получает вращение от электродвигателя M_1 ($N=37$ кВт, $n=1460$ об/мин) через зубчатую пару $\frac{18}{53}$ и четыре переключаемых двойных блока (два блока $z=24—32$ и $z=28—36$ на валу *II* и по одному блоку $z=32—48$ и $z=22—60$ на валах *IV* и *V*). Всего шпиндель имеет 12 различных частот вращений от 40 до 1250 об/мин.

Наименьшую и наибольшую частоты вращения шпинделя можно определить по цепи главного движения:

$$n_{min}=1460\,\frac{18}{53}\,\frac{24}{48}\,\frac{24}{48}\,\frac{48}{48}\,\frac{22}{68}=40 \text{ об/мин};$$

$$n_{max}=1460\,\frac{18}{53}\,\frac{36}{36}\,\frac{40}{32}\,\frac{48}{48}\,\frac{60}{30}=1250 \text{ об/мин}.$$

Цепь подач. Электродвигатель M_2 ($N=4{,}2$ кВт, $n=1470$ об/мин) через упругую муфту *1* передает движение в коробку подач, где с помощью четырех передвижных двойных блоков ($z=33—29$, $z=26—22$, $z=32—48$, $z=56—20$), установленных на валах *VIII*, *IX* и *XI*, можно получить 16 различных подач. С вала *XII* коробки подач движение передается через предохранительную муфту *2* и зубчатую пару $\frac{43}{54}$ на червячную пару $\frac{2}{32}$ дифференциального механизма *3*. При отключенном двигателе M_3 ускоренных ходов вал *XIV* неподвижен и вращение передается коническими колесами $\frac{36}{18}$ дифференциала на вал *XV* и далее или до червячно-реечной передачи по цепи продольного перемещения стола $\frac{30}{30}\,\frac{22}{44}\,\frac{44}{22}$, или до винта *XVI* поперечного перемещения по цепи: муфта *8*, цепная передача $\frac{24}{19}$, винт $t=10$ мм.

Наименьшие продольную и поперечную подачи стола определяют из выражений

$$s_{прод\,min}=1470\,\frac{38}{57}\,\frac{22}{44}\,\frac{24}{48}\,\frac{25}{50}\,\frac{20}{64}\,\frac{43}{54}\,\frac{2}{32}\,\frac{36}{18}\,\frac{18}{36}\,\frac{30}{30}\,\frac{22}{44}\,\frac{44}{22}\,1\cdot 3{,}14\cdot 8=$$
$$=47 \text{ мм/мин};$$

$$s_{прод\,max}=1470\,\frac{38}{57}\,\frac{22}{44}\,\frac{24}{48}\,\frac{25}{50}\,\frac{20}{64}\,\frac{43}{54}\,\frac{2}{32}\,\frac{36}{18}\,\frac{18}{36}\,\frac{24}{19}\,10=24 \text{ мм/мин}.$$

Соответственно наибольшие подачи будут 1600 и 770 мм/мин.

Цепи вспомогательных движений. Для перемещения шпиндельной бабки по вертикали надо включить муфту *5* на валу *XV*, тогда движение будет передаваться по цепи $\frac{35}{44}\,\frac{1}{32}\,\frac{17}{30}$ на реечную пару.

Быстрые перемещения стола в продольном и поперечном направлениях, а также шпиндельной бабки по вертикали производятся от отдельного электродвигателя M_3 ($N=6$ кВт, $n=1470$ об/мин). Вращение от электродвигателя передается через упругую муфту *4* и червячную пару $\frac{1}{32}$ на вал *XIV* дифференциала.

На левом Т-образном конце вала *XIV* расположены два конических зубчатых колеса $z=18$, которые, обкатываясь вокруг правого конического колеса $z=36$, сообщают левому коническому колесу $z=36$ и валу *XV* вдвое большую частоту вращения, чем имеет вал *XIV*.

Быстрое перемещение стола осуществляется со скоростями, которые определяются из уравнений

$$s_{\text{прод.ускор}}=1470\frac{1}{32}\cdot 2\frac{30}{30}\frac{22}{44}\frac{44}{22}1\cdot 3{,}14\cdot 8=2300 \text{ мм/мин};$$

$$s_{\text{поперек.ускор}}=1470\frac{1}{32}2\frac{24}{19}10=1160 \text{ мм/мин}.$$

Скорость быстрого перемещения шпиндельной бабки находят из уравнения

$$S_{\text{о.ускор}}=1470\frac{1}{32}2\frac{35}{44}\frac{1}{32}\frac{17}{30}3{,}14\cdot 6\cdot 30=730 \text{ мм/мин}.$$

Изменение направлений движений узлов станка производят реверсированием электродвигателей.

Продольное перемещение стола с помощью кулачков может быть настроено на полуавтоматический цикл работы. Ручное продольное перемещение стола производят маховичком *9* и далее по цепи через червячную пару $\frac{2}{30}$, муфту *8*, зубчатые колеса $\frac{44}{22}$ на червячно-реечную пару. Поперечное перемещение стола от руки осуществляют маховичком *10*, вращение которого по цепи $\frac{28}{28}\frac{36}{24}\frac{2}{40}$ передается гайке *11* при неподвижном винте *XVI*.

Гидравлическую систему станка используют для изменения частоты вращений шпинделя и подач; зажима и отжима шпиндельной бабки на стойке, салазок на станине и гильзы шпинделя в шпиндельной бабке; автоматического подъема гильзы шпинделя при обратном ускоренном ходе стола; блокировки различных узлов (например, сблокировано включение электродвигателей с механизмами зажима; электродвигателя главного движения с электродвигателем подачи).

На рис. 62 приведена гидросхема управления станком 6А54. Масло из банка *22* через фильтр *21* засасывается шестеренным насосом *20* и нагнетается в систему под давлением 10—12 кгс/см², которое регулируется продохранительным клапаном *19*. Это давление используется для переключения зубчатых колес в коробках скоростей и подач, а также для зажима шпиндельной бабки, гильзы шпинделя и салазок. Для переключения скоростей и подач масло с помощью золотников *23* и *24* подводят в соответствующую полость цилиндров *1—8*, в которых перемещаются плунжеры *П1—П8* и связанные с ними вилки *В1—В8*, сдвигающие блоки колес. Вилки *В1* и *В2* перемещают два блока шестерен $z=24—32$ и $z=28—36$ на валу *II* (см. рис. 61), а вилки *В3* и *В4* — блоки колес $z=32—48$ и $z=22—60$ на валах *IV* и *V* коробки ско-

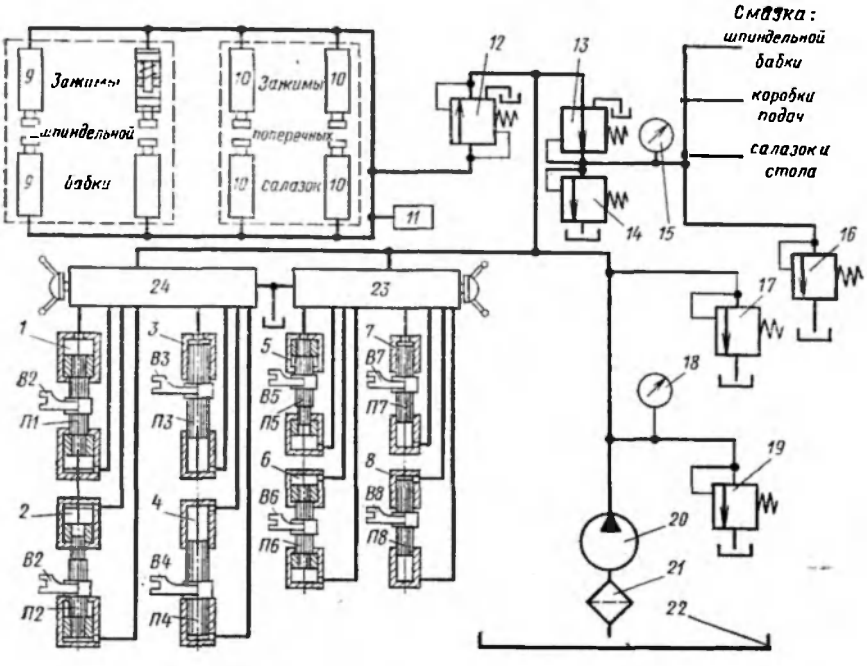


Рис. 62. Гидросхема управления вертикально-фрезерным станком мод. 6А54

ростей. Вилки *В5* и *В6* перемещают блоки $z=33—29$ и $z=26—22$ на валу *VIII*, а вилки *В7* и *В8* — блоки $z=32—48$ и $z=56—20$ на валах *X* и *XI* коробки подач. Так как одновременное включение блоков колес, посаженных на одном валу, недопустимо, то вилка *В1* сблокирована с вилкой *В2*, а вилка *В5* с вилкой *В6*. Механизм блокировки был рассмотрен ранее в гл. II.

Зажимные устройства *9* и *11* шпиндельной бабки, поперечных салазок и гильзы шпинделя срабатывают при переключении золотника *12*. От основной гидросистемы ответвляется цепь более низкого давления для смазки узлов станка. Для понижения давления поставлен редукционный клапан *13*. Излишки масла в цепи смазки сливаются через клапан *14*.

Давление в соответствующих цепях контролируется реле делений *16*, *17* и манометрами *15* и *18*. Пуск шпинделя при недостаточном давлении в главной цепи невозможен, так как реле *17* не замкнет контакты в цепи электродвигателя главного движения.

4. ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Станки данного типа универсальные и предназначены для широкого круга работ с использованием фрез. Отличительными осо-

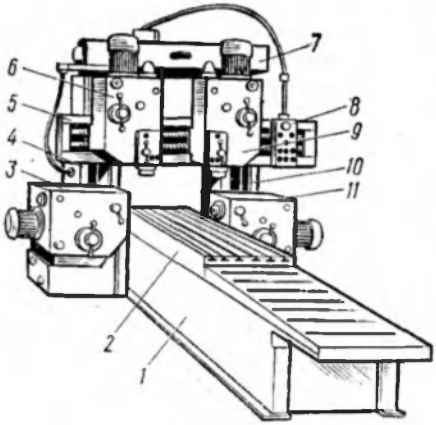


Рис. 63. Продольно-фрезерный станок мод. 6610:

1—станина; *2*—стол; *3, 6, 9, 11*—фрезерные головки; *4, 10*—стойки; *5*—траверса; *7*—балка; *8*—подвесная кнопочная станция

бенностями продольно-фрезерных станков являются наличие стола, движущегося на станине только в продольном направлении, и фрезерных головок, установленных на стойках или на стойках и траверсе. Количество фрезерных головок на станке в зависимости от его конструкции колеблется от одной до четырех.

Ниже рассмотрена конструкция и кинематика продольно-фрезерного станка мод. 6610 (рис. 63).

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделей фрезерных головок; движение подачи — перемещение стола в продольном направлении, вертикальных фрезерных головок в поперечном и боковых фрезерных головок по вертикали; вспомогательное движение — установочное перемещение траверсы.

Привод во всех случаях раздельный. Детали на станке обрабатывают либо при движущемся столе и неподвижных фрезерных головках, либо при неподвижном столе и движущихся фрезерных головках.

Цепь главного движения (рис. 64). Электродвигатель M_1 ($N=13$ кВт, $n=1460$ об/мин) через муфту *2*, зубчатые колеса $\frac{23}{68}$, два двойных блока ($z=21—24$, $z=28—32$) на валу *II*, зубчатые колеса на валу *III* и двойной блок $z=36—42$ вращает вал *IV*. С вала *IV* движение на шпиндель передается или зубчатой парой $\frac{22}{74}$, или при переключении зубчатой муфты $z=40$ вправо колесами $\frac{60}{33}$. Всего шпиндель фрезерной головки получает 16 различных частот вращений.

Наименьшую и наибольшую частоты вращений шпинделя определяют по формулам

$$n_{min}=1460\,\frac{23}{68}\,\frac{21}{51}\,\frac{18}{42}\,\frac{22}{74}=25 \text{ об/мин};$$

$$n_{max}=1460\,\frac{23}{68}\,\frac{32}{39}\,\frac{39}{36}\,\frac{60}{33}=800 \text{ об/мин}.$$

Шпиндель реверсируется электродвигателем.

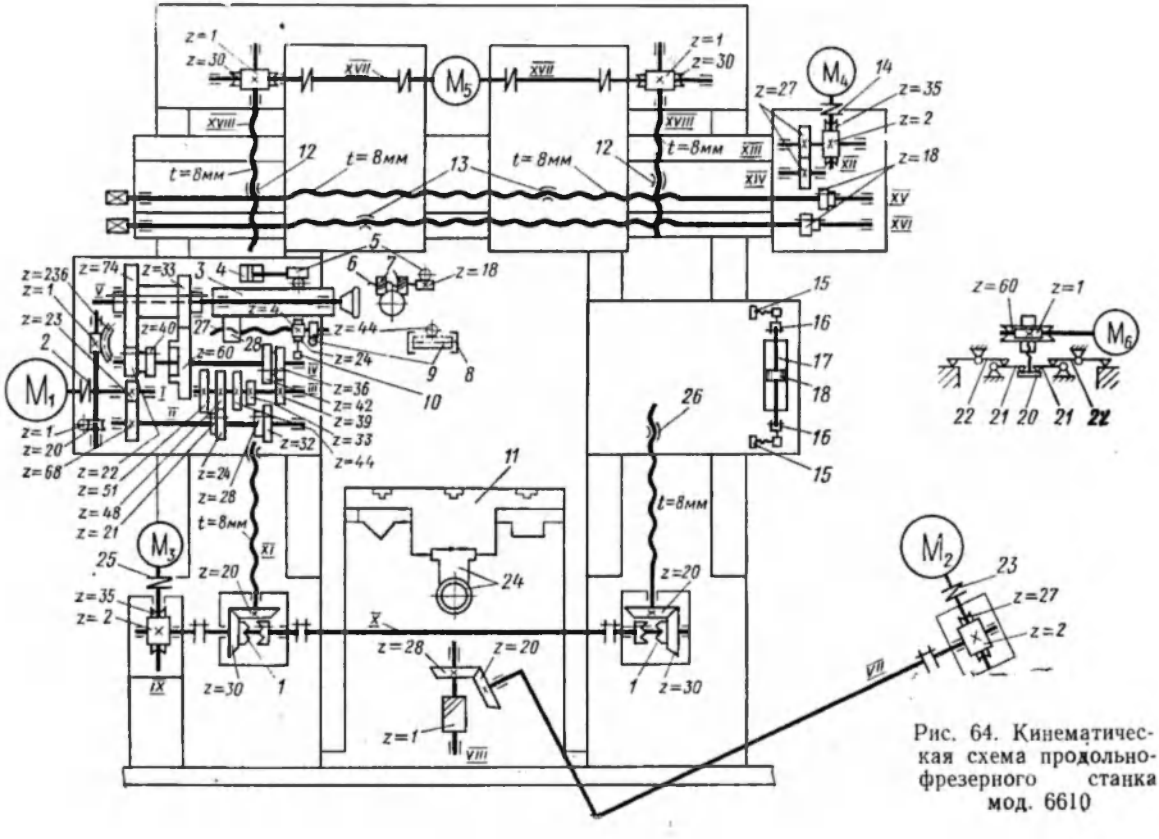


Рис. 64. Кинематическая схема продольно-фрезерного станка мод. 6610

Цепи подач. Продольную подачу стол *11* станка получает от регулируемого электродвигателя M_2 ($N_2=11$ кВт, $n=15\div1500$ об/мин) по цепи: муфта *23*, червячная пара $\frac{2}{27}$, конические колеса $\frac{20}{25}$ и, наконец, червячно-реечная передача *24*.

Цепь вертикальной подачи боковых фрезерных головок: регулируемый электродвигатель M_3 ($N=6$ кВт, $n=28{,}8\div1800$ об/мин), муфта *25*, червячная пара $\frac{2}{35}$, зубчатая муфта *1*, конические шестерни $\frac{30}{20}$, винтовая пара *26*. Для разгрузки винтовой пары *26* от действия массы боковой фрезерной головки используют противовес, который размещается в стойке станка и связан с фрезерной головкой тросом, перекинутым через два блока.

Цепь горизонтальной подачи вертикальных фрезерных головок: регулируемый электродвигатель M_4 ($N=4{,}5$ кВт, $n=28{,}8\div1800$ об/мин), муфта *14*, червячная передача $\frac{2}{35}$, зубчатые пары $\frac{27}{27}\,\frac{27}{18}$, винтовая пара *13*.

Диапазон изменения продольных подач стола равен 20—2000 мм/мин, фрезерных головок 20—1250 мм/мин.

Цепи вспомогательных движений. Ускоренные перемещения столу и фрезерным головкам сообщаются по тем же кинематическим цепям, что и подачи, только электродвигатели переключаются на большую частоту вращения.

Установочные перемещения траверсы происходят от отдельного электродвигателя M_5 ($N=5{,}2$ кВт, $n=1300$ об/мин) через две червячные $\frac{1}{30}$ и две винтовые передачи *12*.

Поворот фрезерных головок производят рукояткой через червячные пары $\frac{4}{20}$ и $\frac{1}{236}$. Перемещение пиноли *3* производят рукояткой *10* через червячную пару $\frac{4}{24}$, винт *27* и гайку *28*, закрепленную в корпусе пиноли.

Отвод фрезы (и пиноли) от заготовки осуществляется подачей масла в гидроцилиндр *8*, при этом перемещается поршень — рейка *9*, поворачивается шестерня-гайка $z=44$ и винт *27* вместе с гайкой *28* и пинолью смещается вдоль оси. При подаче масла в другую полость гидроцилиндра *8* пиноль движется в обратную сторону.

Работа механизма зажима пиноли. Масло подается в гидроцилиндр *4*, поршень и связанная с ним рейка *5* перемещаются, вращают зубчатое колесо $z=18$ и винт *6*, в результате разности

шагов резьбы винта гайки *7* сближаются или расходятся, зажимая или разжимая пиноль.

Механизм зажима траверсы. Электродвигатель M_6 передает движение паре $\frac{1}{60}$. Червячное колесо, являющееся одновременно и гайкой, вращаясь, перемещает винт *19*, который через шайбу *20* передает усилие на рычаги *21*, а через них на рычаги *22*, зажимающие траверсу. Механизм зажима сблокирован с механизмом перемещения траверсы: при нажатии на пульте управления кнопки на перемещение траверсы сначала идет разжим, затем перемещение траверсы и после остановки автоматический зажим.

Механизм зажима фрезерной головки работает от гидросистемы. Масло поступает в цилиндр *17* и перемещает поршень *18*, который, поворачивая рычаги *16* и связанные с ними винты *15*, производит зажим или разжим фрезерной головки. Механизм зажима головки сблокирован с электродвигателем подачи головки: при нажатии кнопки на перемещение фрезерной головки сначала срабатывает разжим, а в конце перемещения — автоматический зажим головки.

Система охлаждения режущего инструмента на продольно-фрезерном станке состоит из резервуара для смазочно-охлаждающей жидкости (эмульсии) и пневмораспылителя. Пневмораспылитель позволяет охлаждать фрезы воздухом в смеси с распыленной эмульсией. Сопло пневмораспылителя закрепляют в кронштейне на фрезерной головке, а резервуар с эмульсией и гибкие подводящие шланги фрезеровщик размещает по своему усмотрению. Расход эмульсии равен 0,05—0,3 л/ч.

Управление станком производят рукоятками и с подвесной кнопочной станции (см. рис. 46).

В станке гидрофицированы следующие процессы: переключение блоков зубчатых колес во фрезерных головках, включение перемещения фрезерных головок, зажим и разжим фрезерных головок на траверсе и пинолей во фрезерных головках, отвод фрезы от обработанной поверхности при обратном ускоренном ходе стола и подвод фрезы к заготовке при рабочей подаче.

Управление гидравлическими механизмами дистанционное, за исключением переключения блоков зубчатых колес во фрезерных головках, которое производят рукояткой *3* (см. рис. 46).

Гидросхема станка мод. 6610 приведена на рис. 65. Мало из резервуара засасывается лопастным насосом *15* ($Q=12$ л/мин) и через фильтр *16* нагнетается в систему. Давление масла в системе (25 кгс/см^2) регулируют напорным золотником *14* и контролируют по манометру *18*. В системе установлено реле давления *17*, настроенное на давление 15 кгс/см^2.

Масло под давлением подводится к распределительному крану *6* переключения скоростей и золотникам *1, 2, 3, 11* и *13*. Поворотом распределительного крана *6* направляют поток масла в ту или иную полость цилиндров *4* и *7*, в результате чего переме-

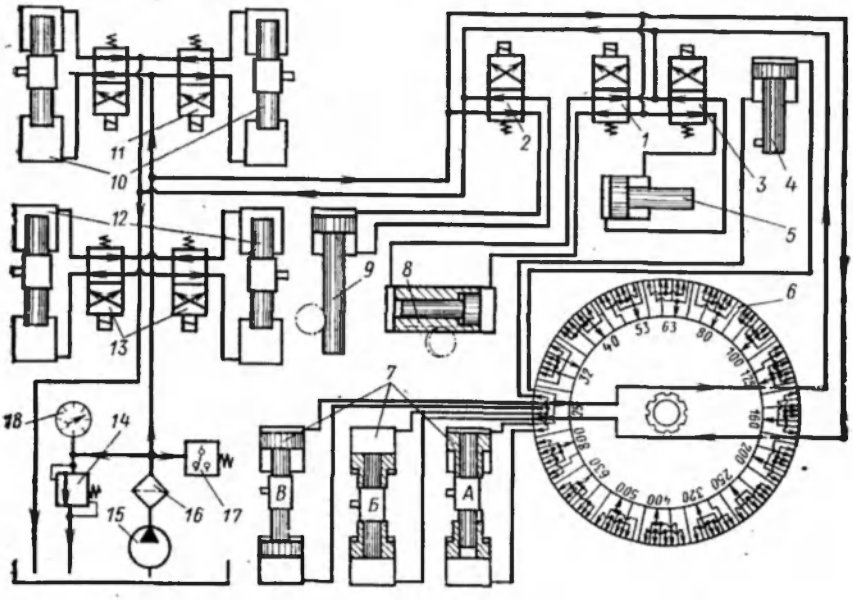


Рис. 65. Гидросхема продольно-фрезерного станка мод. 6610

щаются поршни с вилками *А*, *Б*, *В*, поршень в цилиндре *4*, и переключают блоки колес в коробке скоростей. Вилки *А* и *Б*, переключающие блоки колес на валу *II* (см. рис. 64), имеют блокировку (три положения). Все золотники — четырехходовые с управлением от электромагнитов. Включение электромагнитов производят с кнопочной станции. Золотник *1* управляет механизмом *8* отвода фрезы от заготовки. Золотник *2* служит для управления механизмом *9* зажима каретки фрезерной головки на траверсе.

Механизм *5* зажима пиноли срабатывает при переключении золотника *3*.

Вертикальная подача боковых фрезерных головок включается перемещением кулачковых муфт *1* (см. рис. 64), а горизонтальная подача вертикальных головок — перемещением двух зубчатых колес $z=18$. В гидросхеме (см. рис. 65) для этого предусмотрены золотники *13*, управляющие потоком масла в гидроцилиндры *12* переключения муфт *1* (см. рис. 64), и золотники *11*, направляющие поток масла к гидроцилиндрам *10* включения колес $z=18$ (см. рис. 64).

Рассмотренный продольно-фрезерный станок имеет раздельный привод перемещения стола, вертикальных и боковых фрезерных головок. Однако есть продольно-фрезерные станки, у которых перемещение указанных выше узлов производят от одного привода. Примером может служить продольно-фрезерный станок мод. 6652 (рис. 66).

Основные движения в данном станке те же, что и в предыдущем станке. Главное движение — вращательное движение шпинделей фрезерных головок; движение подачи — продольное перемещение стола, поперечное перемещение двух вертикальных фрезерных головок и вертикальное перемещение двух боковых фрезерных головок; вспомогательные движения — быстрые перемещения стола и фрезерных головок, установочное перемещение и зажим траверсы, ручные перемещения фрезерных головок.

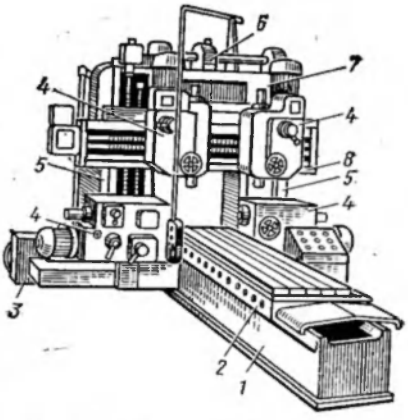


Рис. 66. Продольно-фрезерный станок мод. 6652:

1—станина; 2—стол; 3—механизм подачи стола; 4—фрезерная головка; 5—стойка; 6—механизм перемещения траверсы; 7—портал; 8—траверса

На станке возможна работа при следующих наладках: стол перемещается, фрезерные головки зажаты; стол зажат, фрезерные головки перемещаются; стол и одна из фрезерных головок перемещаются; фрезерование с переходом от подачи стола к подаче фрезерных головок.

Рассмотрим кинематическую схему станка мод. 6652 (рис. 67).

Цепь главного движения у всех четырех фрезерных головок одинакова. Шпиндель получает вращение от электродвигателя M_1 ($N=20$ кВт, $n=1450$ об/мин) через зубчатую пару $\frac{40}{78}$ и коробку скоростей. Коробка скоростей позволяет сообщить шпинделю двенадцать различных частот вращений путем переключения одного двойного блока колес $z=22—33$ на валу *I*, двойного блока $z=28—52$ и тройного блока $z=28—32—24$ на валу *III*.

Наименьшая и наибольшая частоты вращения шпинделя определяют из уравнений

$$n_{min}=1450\,\frac{40}{78}\,\frac{22}{44}\,\frac{20}{52}\,\frac{24}{48}\,\frac{31}{61}=37{,}5 \text{ об/мин};$$

$$n_{max}=1450\,\frac{40}{78}\,\frac{33}{33}\,\frac{44}{28}\,\frac{32}{40}\,\frac{31}{61}=475 \text{ об/мин}.$$

Гильза *12* вместе со шпинделем может перемещаться вручную от штурвала *11* в осевом направлении через зубчатую цилиндрическую $\frac{14}{16}$, червячную $\frac{1}{35}$ и реечную пары.

Цепь подач. Рабочее движение подачи стол и фрезерные головки станка получают от отдельного регулируемого электродвигателя M_2 ($N=10$ кВт, $n=97\div1800$ об/мин) постоянного тока, через специальную коробку *1* привода подачи и ряд зубчатых

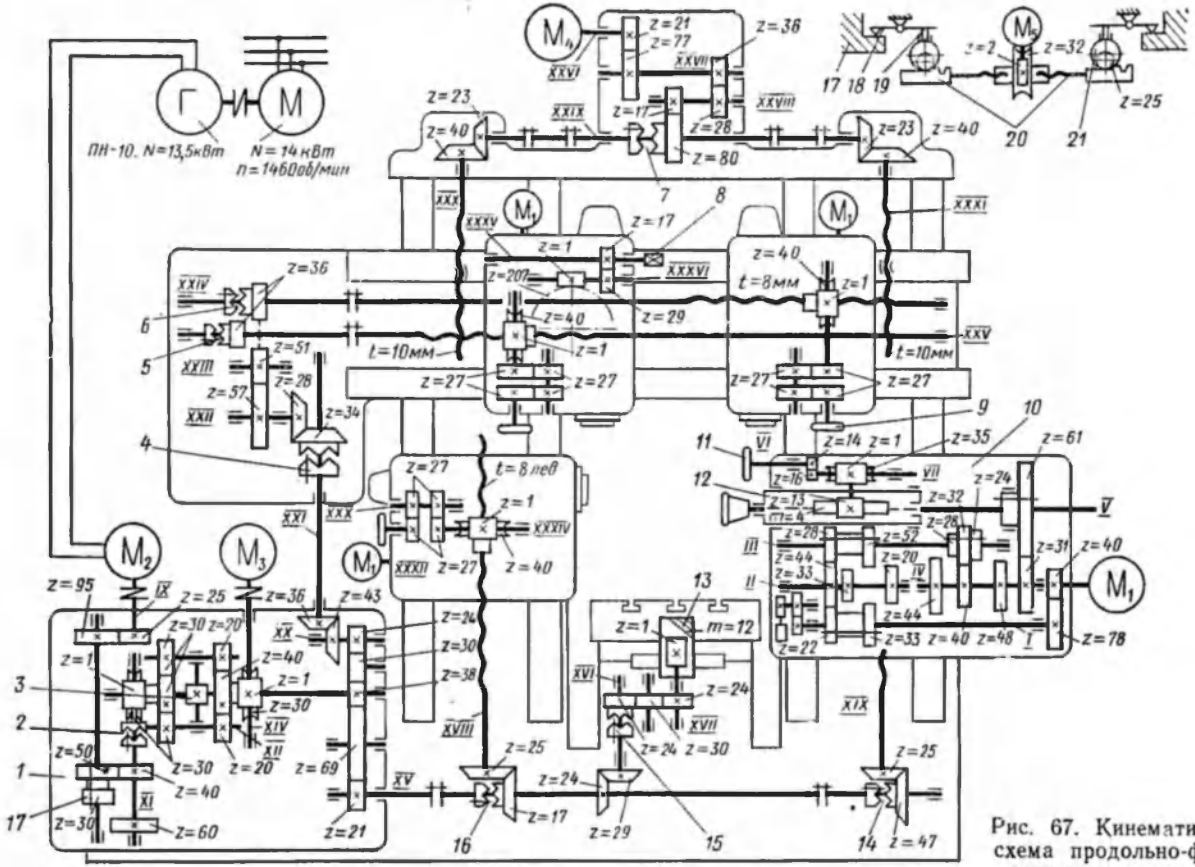


Рис. 67. Кинематическая схема продольно-фрезерного станка мод. 6652

и винтовых передач. Движение в коробке *1* передается по следующей цепи: вал *IX*, зубчатое колесо $\frac{25}{95}$, вал *X*, зубчатая пара $\frac{50}{40}\left(\text{или } \frac{30}{60}\right)$, вал *XI*, муфта *2*, червячная пара $\frac{1}{30}$, центральное колесо $z=30$ планетарного механизма, сателлиты $z=30$ и $z=20$. Последние, обкатываясь вокруг центральной шестерни $z=40$ планетарного механизма, вращают водило *3* и связанный с ним вал *XIII*. С вала *XIII* движение разветвляется: по одной ветви оно передается столу и боковым фрезерным головкам, по другой — вертикальным фрезерным головкам. Стол получает движение от вала *XIII* по цепи: $\frac{38}{69}\,\frac{69}{21}\,\frac{24}{29}\,\frac{24}{30}\,\frac{30}{24}$, однозаходный червяк $z=1$ и рейка *13*, соединенная со столом. Движение к боковым фрезерным головкам с вала *XIII* подводится по цепи: $\frac{38}{69}\,\frac{69}{21}\,\frac{47}{25}$, винт *XVIII* и гайка, соединенная с червячным колесом $z=40$. Вертикальные фрезерные головки перемещаются по направляющим траверсы с помощью ходовых винтов *XXIV* и *XXV*, которые получают движение с вала *XIII* через зубчатые передачи $\frac{38}{30}\,\frac{30}{24}\,\frac{43}{36}\,\frac{34}{28}\,\frac{57}{51}\,\frac{51}{36}$. Ход стола и боковые фрезерные головки включают с помощью соответствующих муфт *15*, *14* и *16*, а включение вертикальных фрезерных головок — муфтой *4* и введением в зацепление с зубчатым колесом $z=51$ колес $z=36$ с муфтами *5* и *6*. Муфты *6*, *5*, *14* и *16* выполнены с шариковыми предохранительными устройствами.

Величины подач стола и фрезерных головок регулируют двигателем M_2 постоянного тока и переключением двойного блока зубчатых колес $z=30$—50 на валу *X*. Уравнение для вычисления подачи стола

$$s_{\text{стола}}=n_2\,\frac{25}{95}\,\frac{30}{60}\left(\text{или } \frac{50}{40}\right)\frac{1}{30}\,i_{1-0}\,\frac{38}{69}\,\frac{69}{21}\,\frac{24}{29}\,\frac{24}{30}\,\frac{30}{24}\,12,$$

где n_2 — частота вращения электродвигателя M_2, изменяющаяся от 97 до 1800 об/мин; $i_{1-0}=1$ — передаточное отношение в планетарном механизме от центрального колеса $z=30$ к водилу.

Диапазон изменения продольных подач стола равен 23,5—1180 мм/мин, для фрезерных головок подачи изменяются в пределах 11,8—590 мм/мин.

Цепи вспомогательных движений. Быстрые перемещения стола и фрезерных головок осуществляются от отдельного электродвигателя M_3 ($N=10$ кВт, $n=900$ об/мин) через червячную пару $\frac{1}{30}$, центральное колесо $z=40$ планетарного механизма, водило, вал *XIII* и далее по тем же кинематическим цепям, что и рабочие подачи. Скорость быстрого перемещения стола равна 4000 мм/мин, а фрезерных головок 2000 мм/мин.

Установочные перемещения траверсы производятся от отдельного электродвигателя M_4 ($N=14$ кВт, $n=1460$ об/мин) через три пары цилиндрических зубчатых колес $\frac{21}{77}\frac{36}{28}\frac{17}{80}$, две пары конических колес $\frac{23}{40}$ и две винтовые пары. Скорость (мм/мин) установочного перемещения траверсы определяют из уравнения

$$v_{тр}=1460\frac{21}{77}\frac{36}{28}\frac{17}{80}\frac{23}{40}10=600 \text{ мм/мин}.$$

Вручную на станке выполняют следующие движения: установочное перемещение фрезерной головки с помощью штурвала *9*, кинематической цепи $\frac{27}{27}\frac{27}{27}\frac{1}{40}$ и пары винт — гайка; перемещение гильзы шпинделя с помощью штурвала *11*, кинематической цепи $\frac{14}{16}\frac{1}{35}$ и реечной передачи; поворот фрезерной головки на угол $\pm 30°$ путем вращения за квадратный конец вала *XXXV*, который через пару зубчатых колес $\frac{17}{29}$ и червяк $z=1$ передает движение червячному сектору $z=207$, связанному с фрезерной головкой (на рис. 67 механизм поворота показан только для левой вертикальной фрезерной головки).

Механизм зажима траверсы. Электродвигатель M_5 передает движение червячной паре $\frac{2}{32}$. Червячное колесо является одновременно гайкой, поэтому при его вращении винты *20* перемещаются вдоль оси и своими реечными концами поворачивают зубчатые колеса $z=25$ и эксцентрики *21*. При повороте эксцентрики через толкатели *19* нажимают на рычаги *18*, которые, поворачиваясь, зажимают траверсу на стойках *17* станка. Вручную на станке зажимают шпиндельные головки на траверсе и стойках, а также гильзы шпинделей.

Управление станком. Все управление, исключая ручные перемещения узлов, зажим шпиндельных бабок и гильз шпинделей, а также переключение частоты вращения шпинделей, производят с подвесного пульта. Некоторые процессы управления станком гидрофицированы; к ним относятся переключение блока *17* зубчатых колес $z=30$—50 в коробке привода подачи, включение колес $z=36$ на валах *XXIV* и *XXV* привода вертикальных фрезерных головок, включение муфт *15*, *14* и *16*, передающих движение столу и боковым фрезерным головкам.

Гидравлическая схема станка мод. 6652 (рис. 68) включает в себя насос *3*, который засасывает масло из бака *1* через фильтр *2* и нагнетает его под высоким давлением в систему управления рабочими органами станка, а под низким давлением — в систему смазки станком; переливной клапан *4* высокого давления, манометр *8*, редукционный клапан *5* для подачи масла в систему

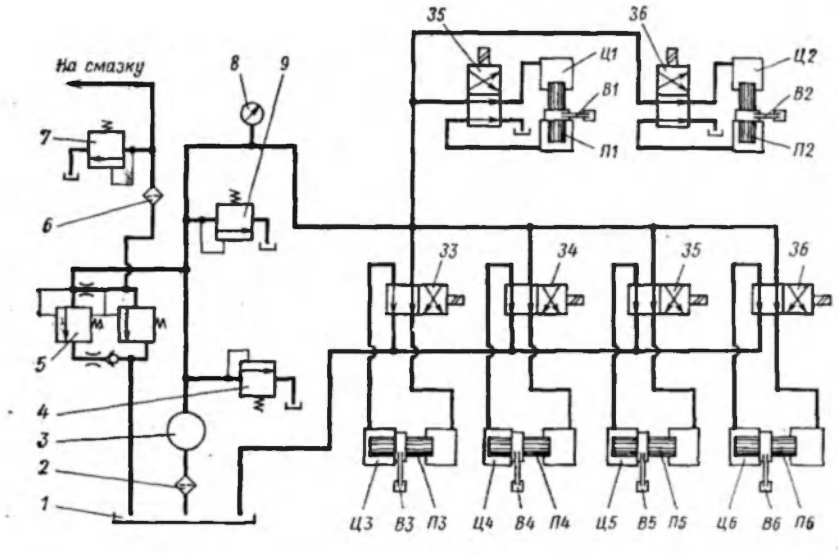


Рис. 68. Гидросхема продольно-фрезерного станка мод. 6652

смазки под низким давлением; фильтр *6* в системе смазки; реле высокого *9* и низкого *7* давлений; электрогидравлические золотники *33—36* и *31, 32,* управляющие перемещением плунжеров *П3—П6, П1, П2* в цилиндрах *Ц5—Ц6, Ц1, Ц6*. В свою очередь, плунжеры имеют вилки *В3—В6, В1, В2,* которые переключают (см. рис. 67): муфту *15* на валу *XVI* привода стола (вилка *В4*), муфты *14* и *16* на валу *XV* привода боковых фрезерных головок (вилки *В3* и *В5*), блок *17* шестерен $z=30—50$ на валу *X* (вилка *В6*), шестерни $z=36$ на валах *XXIV* и *XXV* привода вертикальных фрезерных головок (вилки *В1* и *В2*).

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

1. ШПОНОЧНО-ФРЕЗЕРНЫЕ И ФРЕЗЕРНО-ЦЕНТРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Специализированные фрезерные станки применяют в серийном производстве для обработки деталей, сходных по конфигурации, но различных по размеру. Шпоночно-фрезерные станки одно- и двухшпиндельные предназначены для обработки шпоночных пазов концевыми фрезами. Рассмотрим **одношпиндельный шпоночно-фрезерный станок мод. 692М** (рис. 69).

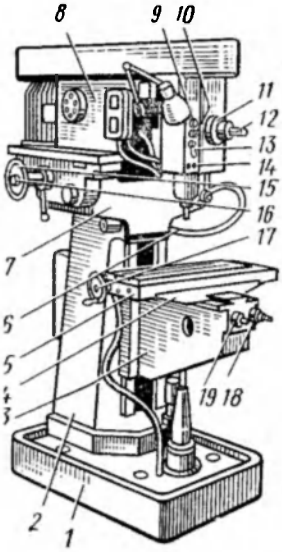


Рис. 69. Шпоночно-фрезерный станок мод. 692М:

1—основание; *2*—колонка; *3*—консоль; *4*—салазки; *5*—стол; *6*—система охлаждения инструмента; *7*—головка; *8*—шпиндельная каретка; *9*—дроссель настройки скорости горизонтальной подачи; *10*—лимб настройки вертикальной подачи; *11*—лимб настройки глубины шпоночного паза; *12, 17, 18, 19*—соответственно рукоятки перемещения гильзы шпинделя, стола, салазок и консоли; *13*—рукоятка управления гидросистемой; *14*—кнопочная станция; *15*—маховик установки длины фрезерования; *16*—винт остановки каретки

Движение в станке. Главное движение — вращательное движение шпинделя. Движение подачи — продольное возвратно-поступательное перемещение каретки и периодическое, на каждый ход каретки, вертикальное перемещение гильзы со шпинделем. Вспомогательные движения— ручные установочные перемещения консоли по вертикали, салазок в поперечном, стола в продольном и гильзы шпинделя в вертикальном направлениях.

Рассмотрим гидрокинематическую схему станка (рис. 70).

Цепь главного движения. Шпиндель станка приводится от двухскоростного электродвигателя *М* (N=1,6/1,1 кВт, n=1440/950 об/мин) через ступенчато-шкивную клиноременную передачу. Шкивы *25* и *23* на двигателе и шпинделе *32* имеют по три ручья разного диаметра. Шкивы связаны одним клиновым ремнем *24* и можно поменять местами. Шпиндель станка, таким образом, получит 12 различных частот вращений за счет переключения ступеней скорости электродвигателя, перебрасывания ремня с одной пары ручьев на другую и взаимной перестановки шкивов.

Диапазон изменения частот вращения шпинделя равен 375—3750 об/мин. С вала электродвигателя с помощью еще одной клиноременной передачи *27* передается движение насосу *29* гидравлического привода.

Цепь подач и вспомогательных движений (гидравлическая схема). Для возвратно-поступательного продольного движения каретки и периодической подачи шпинделя используют гидравлический привод. Масло из бака *31* нагнетается лопастным насосом *29* через пластинчатый фильтр *28* и электрозолотник *33* в гидравлическую систему. Давление масла в системе регулируется напорным золотником *30*. Движение каретки осуществляется от цилиндра *2* с дифференциальным поршнем *1*. Скорость этого движения регулируется дросселем *11*.

Возвратно-поступательным движением каретки управляет реверсивный золотник *37*, расположенный в корпусе *39*, который, как и цилиндр *2*, закреплен на каретке. При нахождении ревер-

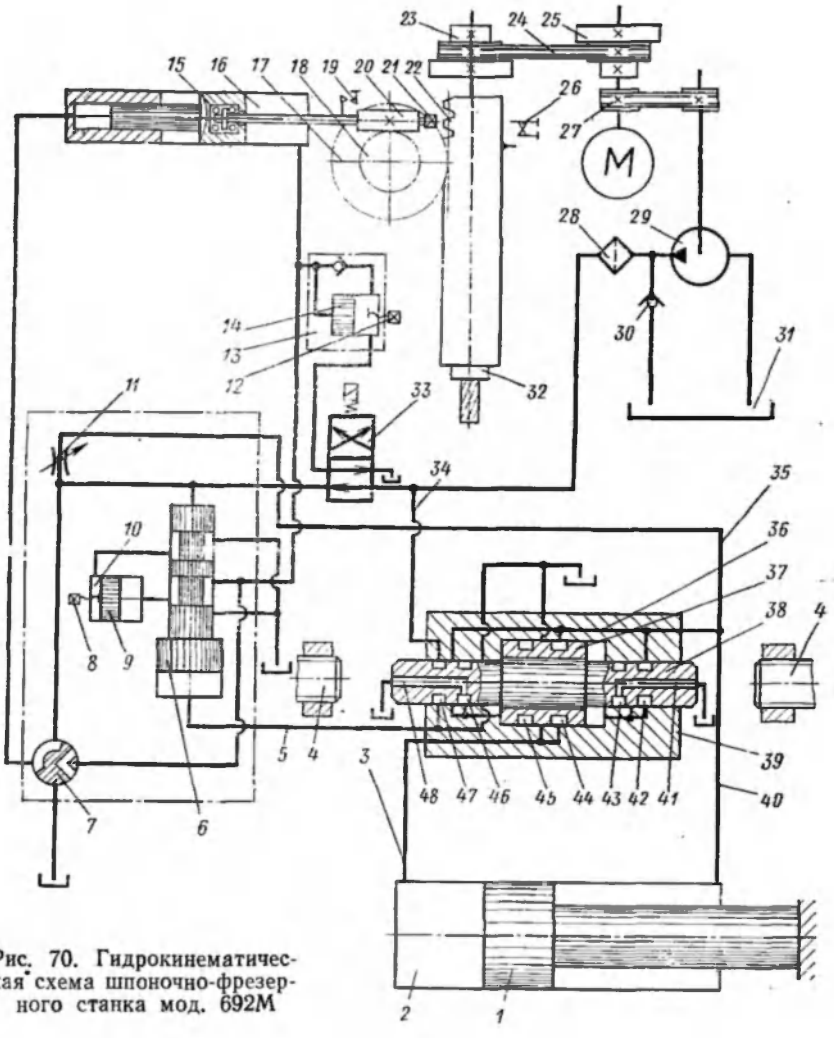


Рис. 70. Гидрокинематическая схема шпоночно-фрезерного станка мод. 692М

сивного золотника в левой позиции масло по трубопроводам *35*, *36*, *40* и кольцевую выточку *44* золотника поступает в обе полости дифференциального цилиндра, который начинает движение влево. Когда реверсивный золотник смещается вправо, масло продолжает поступать в штоковую полость цилиндра, а из другой полости идет по трубопроводу *3* и выточке *45* на слив — цилиндр движется вправо.

Перемещением реверсивного золотника, в свою очередь, управляет вспомогательный золотник *38*. Когда вспомогательный золотник находится в левой позиции, масло по трубопрово-

ду *36*, выточке *42* золотника поступает в правую полость корпуса, а излевой полости по выточке *46* и каналу *48* поступает на слив, поэтому реверсивный золотник смещается влево. При смещении вспомогательного золотника вправо масло по трубопроводу *36* и выточке *47* поступает в левую полость корпуса, а из правой полости по выточке *43* и каналу *41* — на слив, в результате этого реверсивный золотник перемещается вправо.

Таким образом, в каком направлении смещается вспомогательный золотник, в таком же направлении перемещается реверсивный золотник и в ту же сторону движется каретка станка.

Вспомогательный золотник в конце каждого хода каретки перемещается упорами *4*. При подходе каретки к крайнему положению вспомогательный золотник останавливается упором, но так как каретка продолжает движение, то вспомогательный золотник перемещается относительно корпуса *39* в противоположную позицию, что вызывает перемещение реверсивного золотника и изменение направления движения каретки. Это будет происходить до тех пор, пока не будет выключен насос или вывернут какой-либо упор. В последнем случае каретка остановится в одном из крайних положений, так как вспомогательный золотник не переключится.

В конце каждого хода каретки необходимо сообщить шпинделю периодическую вертикальную подачу вниз. Для этого необходимо червяк 20 переместить вдоль его оси вправо на определенную величину, тогда червяк повернет червячное колесо *18* и зубчатое колесо *17*, которое через рейку на гильзе *22* сообщит шпинделю перемещение вниз.

Осевое смещение червяку сообщает поршень *15*, левый торец которого находится под давлением масла (рукоятка крана *7* установлена в среднем положении), а из правой полости цилиндра *16* периодически, в конце каждого хода каретки, выпускается порция масла, объем которой определяет величину осевого смещения червяка. Выпуском масла из цилиндра управляет дозирующий золотник *6*, который в верхнем положении пропускает масло в правую полость дозатора *10*, а левую его полость соединяет со сливом. В нижнем положении дозирующий золотник направляет масло в левую полость дозатора, а правую соединяет со сливом. Ход поршня *9* дозатора, регулируемый винтом *8*, определяет порцию масла, выпускаемую из цилиндра дозатора.

В свою очередь, дозирующий золотник управляется вспомогательным золотником *38*. При переключении вспомогательного золотника в правую позицию нижняя полость дозирующего золотника соединяется со сливом через трубопровод *5* и выточку *46*, золотник опускается вниз, так как верхняя его полость находится постоянно под давлением жидкости. Когда вспомогательный золотник переключен в левую позицию, масло под давлением по трубопроводу *34* и выточке *17* подводится в нижнюю полость дозирующего золотника и он занимает верхнее положение,

так как диаметр его нижнего поршня больше диаметра верхнего поршня.

Таким образом, вспомогательный золотник, переключаясь в конце каждого хода каретки, перемещает дозирующий золотник, который пропускает порции масла из цилиндра *16* к дозатору *10*. В результате дискретно перемещается поршень *15* с червяком *20* и гильза со шпинделем до тех пор, пока фреза не опустится на полную глубину шпоночного паза.

Быстрый возврат шпинделя в верхнее исходное положение можно осуществить поворотом рукоятки крана *7* влево. В этом случае поворотный кран соединит правую полость цилиндра *16* с нагнетательным трубопроводом, а левую — со сливом. Поворотом рукоятки крана вправо изменяют направление потока масла в цилиндре *16* и получают быстрое перемещение шпинделя вниз.

В гидравлической схеме предусмотрена возможность быстрого подвода фрезы к заготовке на вполне определенную величину при включении станка. Для этой цели служит дозатор *13* быстрого подвода. При включении станка срабатывает электрозолотник *33* и соединяет правую полость дозатора *13* со сливом, поэтому из правой полости цилиндра *16* масло вытесняется в левую полость дозатора. В результате шпиндель быстро опускается. Величина этого перемещения шпинделя определяется объемом масла, вытесняемого из правой полости цилиндра *16* в дозатор *13*, и регулируется винтом *12*, который ограничивает перемещение поршня *14*.

При выключении электрозолотника масло поступает в штоковую полость цилиндра, а из другой полости идет на слив, поэтому шпиндель быстро перемещается вверх. Ручное перемещение шпинделя по вертикали осуществляют вращением червяка *20* за квадратную головку *21*.

На станке возможна работа не только в ручном режиме, но и полуавтоматическом. В этом случае движения в станке осуществляют в такой последовательности. При включении кнопки «Пуск» станка включается электродвигатель шпинделя, насос и электрозолотник. Шпиндель быстро перемещается вниз на величину, отрегулированную дозатором *13*. Каретка совершает возвратно-поступательные перемещения и на каждый ее ход выполняется периодическая вертикальная подача шпинделя до тех пор, пока не замкнутся контакты *19* и не включат электромагнит золотника *33*. Тогда масло поступит в правую полость цилиндра и произойдет быстрый подъем шпинделя. В конце хода шпинделя вверх разомкнутся контакты *26*, выключающие электродвигатель станка. Цикл закончится. Для его повторения необходимо снова нажать кнопку «Пуск».

Фрезерно-центровальные станки предназначены для двустороннего фрезерования и зацентровки торцов валов. Оба торца фрезеруют одновременно, а затем одновременно зацентровывают. Такая технология позволяет обеспечить параллельность торцов

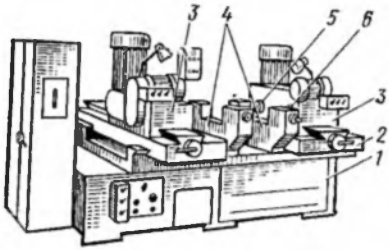


Рис. 71. Фрезерно-центровальный станок мод. МР73М:

1—станина; *2*—каретка; *3*—фрезерно-сверлильная бабка; *4*—зажимные тиски; *5*—фрезерная головка; *6*—сверлильная головка

между собой и перпендикулярность центровых отверстий этим торцам, что очень важно при последующей обработке валов на токарных станках.

На рис. 71 показан фрезерно-центровальный станок мод. МР73М. Заготовка, устанавливаемая в тиски *4*, гидравлически закрепляется и последовательно сначала фрезеруется с двух сторон при перемещении фрезерных головок *5* в поперечном направлении, а затем, по достижении кареткой упора, зацентровывается с двух сторон за счет осевого перемещения сверл вместе с пинолями центральных шпинделей *6*. Привод подач фрезерных и сверлильных головок гидравлический. Фрезерный и сверлильный шпиндели приводятся во вращение от отдельных электродвигателей, частота вращения шпинделей регулируется с помощью сменных зубчатых колес. Диапазон изменения частот вращения фрезерного шпинделя равен 125—720 об/мин, сверлильного 238—1125 об/мин.

2. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Карусельно-фрезерный станок мод. 621М (рис. 72) предназначен для непрерывной обработки различных деталей торцовыми фрезами. Конструктивными особенностями станка являются круглый вращающийся стол и два одновременно участвующих в работе шпинделя, один из которых предназначен для чернового фрезерования, а другой для чистового.

На столе станка устанавливают несколько приспособлений для закрепления заготовок. Снятие готовых деталей и установку новых заготовок производят без остановки рабочих движений станка, чем достигается значительное сокращение вспомогательного времени.

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделей; движение подачи — круговое вращательное движение стола; вспомогательные движения — установочные ручные перемещения шпиндельной бабки, гильз шпинделей, салазок и стола.

Цепь главного движения (рис. 73). Вращательное движение шпиндели получают от электродвигателя M_1 ($N=10$ кВт, $n=1450$ об/мин) через коробку скоростей *7*, вертикальный валик *I* и две пары зубчатых колес $\frac{26}{65}\frac{35}{36}$ в шпиндельной бабке *8*. Зубчатая пара $\frac{26}{65}$ передает с валика *I* движение шпинделю *II*, пред-

Рис. 72. Карусельно-фрезерный станок мод. 621М:

1, 4, 5, 9, 10—рукоятки перемещения салазок, стола, шпиндельной бабки, гильз шпинделя, включения круговой подачи стола; *2*—станина; *3*—салазки; *6*—коробка подач; *7*—стойка; *8*—кнопочная станция; *11*—шпиндельная бабка; *12, 13* и *14*—шпиндельные узлы; *15*—стол

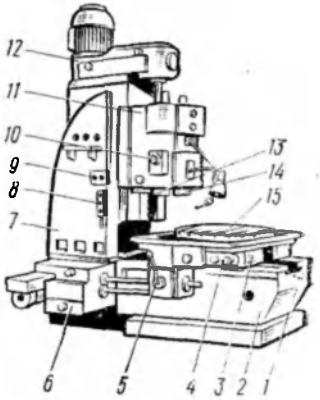


Рис. 73. Кинематическая схема карусельно-фрезерного станка мод. 621М

назначенному для черновой обработки, а зубчатая пара $\frac{35}{36}$ — шпинделю *III*, который, получая большую частоту вращения, служит для чистовой обработки. Частота вращения шпинделей настраивается с помощью сменных зубчатых колес $\frac{a}{b}$ в коробке скоростей.

Цепь главного движения может быть записана в виде:

для шпинделя *II*

$$n_{шп} = 1450 \frac{23}{63} \frac{60}{60} \frac{a}{b} \frac{20}{50} \frac{26}{65} \text{ об/мин};$$

для шпинделя *III*

$$n_{шп} = 1450 \frac{23}{63} \frac{60}{60} \frac{a}{b} \frac{20}{50} \frac{35}{36} \text{ об/мин}.$$

При заданной частоте вращения шпинделя *II* из первого уравнения определяют передаточное отношение $\frac{a}{b}$ и подбирают сменные зубчатые колеса с таким передаточным отношением. Частота вращения шпинделя *III* при этом получается автоматически. Диапазон изменения частот вращения шпинделя *II* равен 63—1000 об/мин, а шпинделя *III* 100—1600 об/мин.

Цепь подач. Круговые подачи столу 18 сообщаются от электродвигателя M_2 $N=2{,}3$ кВт, $n=1450$ об/мин) по цепи $\frac{27}{66} \frac{32}{60}$, сменные шестерни $\frac{c}{d}$, червячная пара $\frac{1}{32}$, горизонтальный валик *IV*, зубчатые пары $\frac{30}{30} \frac{33}{33}$ и червячная передача $\frac{1}{118}$, состоящая из двух связанных конической парой 19 червяков $z=1$ и червячного колеса $z=118$, соединенного со столом. Подача настраивается с помощью сменных зубчатых колес $\frac{c}{d}$. Величину круговой подачи s на диаметре обработки d определяют из уравнения

$$s = 1450 \frac{27}{66} \frac{32}{60} \frac{c}{d} \frac{1}{32} \frac{30}{30} \frac{33}{33} \frac{1}{118} \pi d \text{ мм/мин}.$$

При заданной круговой подаче определяют передаточное отношение $\frac{c}{d}$ и подбирают необходимые сменные зубчатые колеса. Круговая подача включается перемещением зубчатого колеса $z=30$ на валике *IV*.

Вспомогательные движения. На стенке вручную перемещают шпиндельную бабку *8* по вертикальным направляющим стойки *5* с помощью рукоятки *2* через цилиндрическую *3*, червячную *6* и реечную *4* пары; гильзы *9* и *10* шпинделей в шпиндельной бабке

от рукояток *11* через червячную *12* и реечную *13* передачи; салазки *14* по направляющим станины *15* с помощью рукоятки *17* и винтовой пары *16*; стол *18* от рукоятки *1* через червячную пару $\frac{1}{118}$ (шестерня $z=30$ на валу *IV* предварительно выведена из зацепления). Пуск и остановку электродвигателей производят с кнопочной станции.

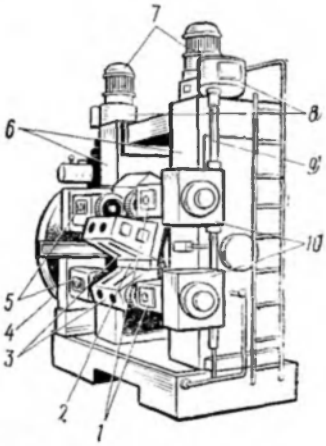


Рис. 74. Барабанно-фрезерный станок мод. 6023

Барабанно-фрезерный станок мод 6023 (рис. 74) является представителем станков непрерывного действия. Особенностью конструкции этого станка является наличие шестигранного барабана *2* с горизонтальной осью вращения. На гранях барабана закрепляют заготовки *3* и барабану сообщают вращательное движение от механизма подачи *4*. Обработку двух торцовых поверхностей заготовок ведут с помощью двух пар фрезерных головок *1* и *5*, установленных на стойках *6* станка. Верхние головки предназначены для чернового фрезерования, нижние — для чистового. Вращательное движение шпиндели каждой пары головок получают от отдельных электродвигателей *7* через редукторы *8*, вертикальные валы *9* и редукторы *10* фрезерных головок. Величину круговой подачи барабана и частоту вращения шпинделя устанавливают с помощью сменных зубчатых колес.

Фрезерные головки можно перемещать по направляющим стоек и закреплять в требуемой позиции. Глубину фрезерования устанавливают путем осевого перемещения шпинделя вместе с гильзой. Снятие готовых деталей и установка заготовок производится без остановки станка, что значительно сокращает вспомогательное время и увеличивает производительность станка.

Станки непрерывного действия нашли широкое применение в серийном производстве различных корпусных деталей.

3. КОПИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Важным элементом в конструкции копировально-фрезерных станков является следящий привод. Суть следящего привода состоит в том, что перемещению от модели ведущего чувствительного элемента копировального устройства соответствует согласованное перемещение исполнительного механизма с помощью усилителя.

Принцип действия следящего привода может быть гидравлический, электрический, механический, электрогидравлический и др.

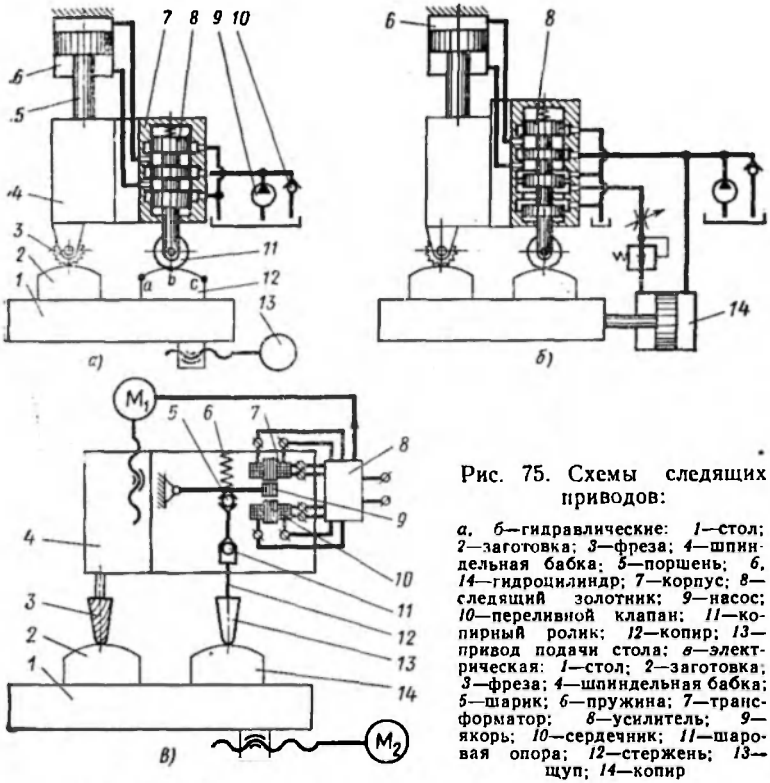


Рис. 75. Схемы следящих приводов:

а, б—гидравлические: *1*—стол; *2*—заготовка; *3*—фреза; *4*—шпиндельная бабка; *5*—поршень; *6, 14*—гидроцилиндр; *7*—корпус; *8*—следящий золотник; *9*—насос; *10*—переливной клапан; *11*—копирный ролик; *12*—копир; *13*—привод подачи стола; *в*—электрическая: *1*—стол; *2*—заготовка; *3*—фреза; *4*—шпиндельная бабка; *5*—шарик; *6*—пружина; *7*—трансформатор; *8*—усилитель; *9*—якорь; *10*—сердечник; *11*—шаровая опора; *12*—стержень; *13*—щуп; *14*—копир

На рис. 75, *а* изображена схема гидравлического следящего привода. Заготовку и копир закрепляют на столе. Корпус следящего золотника, поршень и шпиндельная бабка жестко связаны между собой. В позиции, когда выточки в корпусе *7* перекрыты поясками золотника, масло от насоса не поступает в цилиндр, и он остается неподвижным. Если сместить золотник вверх на некоторую величину *h*, то масло от насоса поступит в нижнюю полость цилиндра и будет смещать вверх поршень и связанный с ним корпус золотника до тех пор, пока выточки в корпусе золотника не перекроются поясками золотника, т. е. корпус и связанные с ним поршень, шпиндельная бабка и фреза тоже переместятся вверх на ту же величину *h*. При опускании золотника вниз масло направляется в верхнюю полость цилиндра и перемещает поршень вниз на такую же величину, на какую переместился золотник. Таким образом, поршень как бы следит за положением золотника, строго реагируя на его перемещения. При сообщении столу равномерного движения от привода подачи копир *12* воздействует через ролик *11* на золотник, который, перемещаясь, управляет потоком масла в цилиндре, а значит, и перемещением шпиндельной бабки.

При набегании ролика на участок *a—b* копира золотник смещается вверх, масло поступает в нижнюю полость цилиндра и перемещает поршень вместе с фрезой за золотником. При дальнейшем движении стола ролик попадает на участок *b—c* копира, золотник опускается, масло теперь направляется в верхнюю полость цилиндра и перемещает поршень с фрезой вниз. Таким образом, фреза копирует на заготовке поверхность, подобную поверхности копира.

В рассмотренной схеме копирования стол станка получает равномерную продольную подачу, а подача слежения осуществляется в вертикальном направлении и не остается постоянной, поэтому и результирующая подача инструмента относительно заготовки не будет оставаться постоянной, что является недостатком данной схемы копирования.

Большей равномерности результирующей подачи можно достигнуть только при автоматическом регулировании подачи в обоих направлениях. Схема такого копирования представлена на рис. 75,*б*. Все основные элементы этой гидравлической схемы такие же, как в схеме на рис. 75,*а*, только золотник *8* управляет потоком масла к вертикальному *6* и горизонтальному *14* цилиндрам. При движении ролика по участку копира с большой крутизной золотник значительно смещается вверх, открывая более свободный доступ масла к вертикальному цилиндру, чем к горизонтальному, поэтому подача фрезы в вертикальном направлении больше, чем в горизонтальном. При движении ролика по участку копира с меньшей крутизной золотник большее количество масла направляет в горизонтальный цилиндр и меньшее в вертикальный. При движении ролика по горизонтальному участку копира доступ масла в вертикальный цилиндр прекращается, так как пояски золотника закрывают соответствующие выточки в корпусе. По данной схеме копирования обеспечивается большая равномерность подачи по касательной к профилю обрабатываемой поверхности заготовки.

Примером электрической следящей системы является схема, показанная на рис. 75,*в*. В качестве чувствительного элемента в схеме использована индуктивная копировальная головка. При перемещении стола *1* в продольном направлении копир *14* воздействует на щуп *13* и через него на якорь *9*, который отклоняется вверх или вниз. В результате изменяется зазор между якорем и сердечниками *10*, а значит, изменяется и сила тока во вторичных обмотках трансформатора. Эти сигналы в усилителе *8* выпрямляются, усиливаются и идут на управление электродвигателем M_1. При перемещении щупа, например, вверх передается соответствующий сигнал двигателю M_1, который перемещает шпиндельную бабку *4* вместе с фрезой тоже вверх, устраняя возникшее рассогласование в положении щупа и фрезы *3*. При действии на щуп радиальной силы, которая возникает при набегании щупа на крутую часть профиля копира, стержень *12* со-

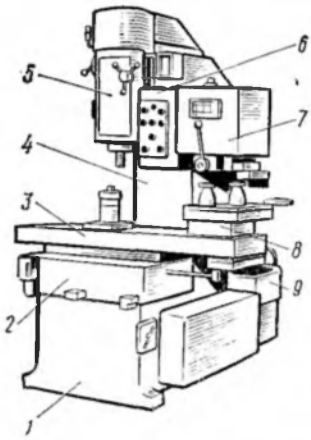


Рис. 76. Гидравлический контурный копировально-фрезерный станок модели 6М42К:

1—основание; 2—салазки; 3—стол; 4—колонка; 5—шпиндельная головка; 6—гидропанель; 7—копировальное устройство (трейсер); 8—трейсерный столик; 9—гидроустановка

вершает поворот относительно шаровой опоры *11*, поэтому шарик *5* вытесняется из конического гнезда и отклоняет якорь вверх, что снова приводит к изменению силы тока. Сигнал об этом поступает в электродвигатель M_1, который смещает фрезу вверх, устраняя рассогласование между положением щупа и фрезы.

Гидравлический контурный копировально-фрезерный станок мод. 6М42К (рис. 76) предназначен для полуавтоматической обработки различных деталей с криволинейными контурами по шаблону в крупно- и мелкосерийном производстве.

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя движение подачи — перемещение салазок и стола для фрезерования по контуру и перемещение шпиндельной головки при врезании. Вспомогательные движения — ускоренные перемещения салазок, стола и шпиндельной головки; установочные перемещения трейсерного столика на столе (продольное и поперечное), копирного пальца, упоров, зажим шпиндельной головки.

Цепь главного движения (рис. 77). Шпиндель станка получает вращение от электродвигателя *М* ($N=2{,}8$ кВт, $n=1420$ об/мин) через коробку скоростей. Изменение частоты вращения шпинделя производят переключением двух блоков зубчатых колес $z=35—20—27$ и $z=23—50$ и трех пар сменных зубчатых колес (34, 38; 43, 49; 54, 58).

Цепь подач. Привод подач станка гидравлический, который состоит из маслобака *6*, сдвоенного насоса высокого *5* и низкого *7* давления, переливных клапанов *3*, фильтров *4*, следящего привода (копировального устройства *8* и цилиндров *18* и *19* стола и салазок), линейного привода (гидропанель *21*, цилиндры *2* и *27* перемещения и зажима шпиндельной бабки *1*). Копирование двухкоординатное. Продольное и поперечное копирующие движения стола и салазок, а также движение врезания шпиндельной головки осуществляются от соответствующих цилиндров *18*, *19* и *2*. Гидроцилиндры стола и салазок управляются копировальным устройством (трейсером), на которое воздействует шаблон *10*. Действие шаблона на копировальное устройство приводит к такому смещению следящих золотников, управляющих потоком масла от насоса высокого давления к цилиндрам *18* и *12*, кото-

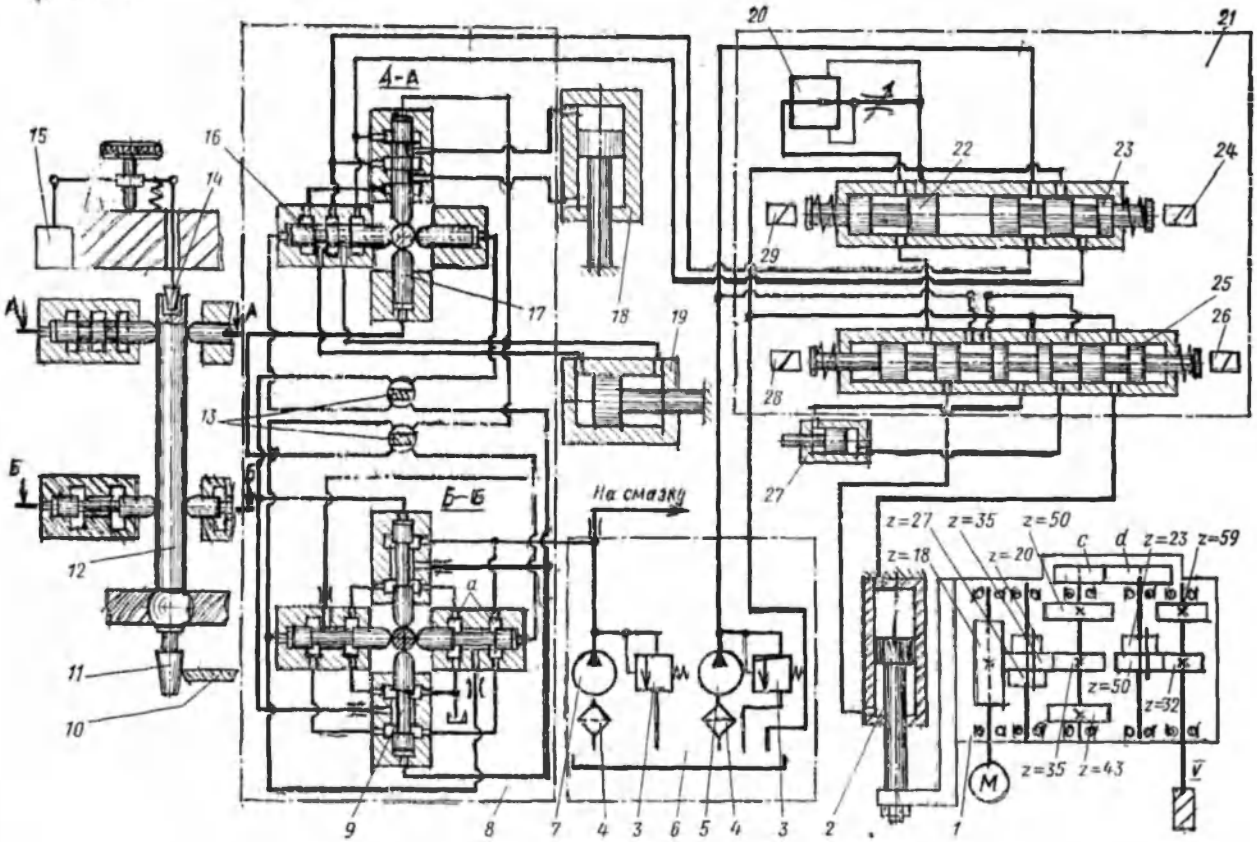


Рис. 77. Гидрокинематическая схема копировально-фрезерного станка мод. 6М42К

рое обеспечивает следящее движение по касательной к профилю шаблона.

Копировальное устройство, примененное в станке, весьма интересно. Состоит оно из копирного пальца *11*, стержня *12*, четырех командных *9* и двух следящих *16* золотников с толкателями, а также двух толкателей *17*. Величина качания стержня регулируется перемещением по вертикали конуса *20*, входящего в расточку стержня. Полости *а* командных золотников соединены между собой. Кроме того, полость *а* каждого командного золотника соединена с торцом противоположного командного золотника и торцом того толкателя в верхнем ряду, который повернут к нему на 90°. Таким образом, под давлением масла, поступающего из насоса низкого давления, все толкатели прижимаются к стержню.

При отклонении стержня шаблоном перемещаются командные золотники, изменяется размер щелей, соединяющих полость *а* с нагнетанием и сливом. При увеличении щели со стороны нагнетания давление в полости *а* повышается и наоборот. Так же будет изменяться давление на торцах соответствующих верхних толкателей, связанных гидравлически с командными золотниками. Все это приведет к тому, что верхние толкатели повернут стержень в направлении, перпендикулярном плоскости отклонения стержня. При этом следящие золотники, сместившись, так перераспределят масло между рабочими цилиндрами, что щуп получит движение по касательной к профилю шаблона. Так будет осуществляться обход по контуру шаблона. Поворотом крана *13* изменяют направление обхода контура (обход по часовой стрелке или против), а перемещением конуса *14* регулируют скорость этого обхода, т. е. результирующую подачу. Ускоренный обход по контуру получается при включении электромагнита *15*, который поднимает конус *14* в крайнее верхнее положение.

Остальными движениями станка управляют с помощью гидравлической панели, которая состоит из трех электромагнитных золотников *22, 23, 25* и регулятора скорости *20*. Золотник *23* служит для остановки стола и салазок путем перекрытия нагнетательного и сливного трубопроводов следящих золотников. Золотник *25* управляет перемещениями шпиндельной бабки и ее зажимом. Когда золотник находится в среднем положении, срабатывает зажим *27*; если золотник смещен влево — шпиндельная головка движется вниз; если золотник смещен вправо — головка движется вверх. Скорость движения головки устанавливается регулятором скорости *20*. Ускоренный ход головки достигается перемещением золотника *22* вправо, тогда масло поступает в цилиндр *2*, минуя дроссель.

Автоматический цикл работы станка, который может включать в себя рабочий обход по контуру, многократное включение ускоренных ходов узлов станка, например, при фрезеровании прерывистых поверхностей или поверхностей, расположенных

на разных уровнях, вертикальное врезание шпиндельной головки и т. д., обеспечивается шаблоном, торцовым кулачком, упорами, конечными выключателями, установленными на станке.

Копировально-фрезерный полуавтомат мод. 6441Б (рис. 78) предназначен для обработки деталей пространственно-сложной формы, таких, как штампы, металлические модели, кокили, пресс-формы и т. д., методом копирования с использованием электрокопировальной головки. Копирование на станке можно выполнять методом строк и методом контурного копирования.

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя, движения подачи — перемещение стола в продольном направлении, траверсы по вертикали и шпиндельной бабки в поперечном направлении. Вспомогательные движения — ускоренные и ручные перемещения стола, траверсы, шпиндельной бабки, установочные ручные перемещения копировальной головки в вертикальном и поперечном направлениях, гильзы шпинделя вдоль оси, верхней стойки относительно нижней.

Цепь главного движения (рис. 79). Шпиндель получает вращение от двухскоростного электродвигателя M_4 ($N=2{,}6/3$ кВт, $n=1430/2850$ об/мин) через ременную передачу $\frac{90}{146}$ и коробку скоростей. Частоту вращения шпинделя изменяют переключением двух тройных блоков $z=17—23—20$ и $z=20—46—23$. В сочетании с двухскоростным электродвигателем коробка скоростей сообщает шпинделю 18 различных частот вращений в диапазоне 63—3150 об/мин.

Цепь подач. Продольная подача стола *1*, вертикальная подача траверсы *2* и поперечная подача шпиндельной бабки *3* осуществляются от отдельных регулируемых электродвигателей M_1, M_2 и M_3 постоянного тока через соответствующие редукторы и винтовые пары. От этих же электродвигателей указанные узлы получают ускоренные перемещения. Рабочие непрерывные подачи изменяются в диапазоне 25—315 мм/мин, а периодические от 0,15 до 8 мм/ход.

При обработке деталей пространственно-сложной формы методом строк сочетание подач узлов может быть различным. При обработке горизонтальными строками задающей является продольная подача стола, следящей — поперечное движение шпиндельной бабки, а периодическое перемещение фрезы в конце каждого продольного хода стола на следующую строку осуществляется смещением шпиндельной бабки по вертикали. При обработке вертикальными строками задающей является вертикальная подача шпиндельной бабки, следящей — поперечное движение шпиндельной бабки, а периодическую подачу сообщают столу. После обхода всей поверхности детали фреза внедряется на некоторую глубину и обработка продолжается до тех пор, пока не будет удален весь припуск.

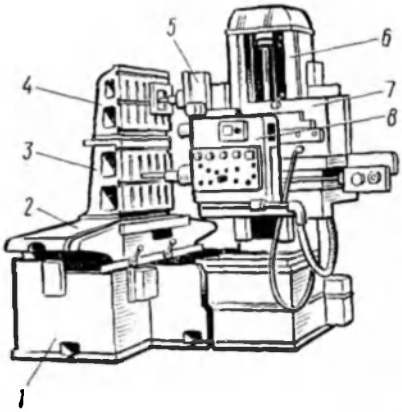


Рис. 78. Копировально-фрезерный полуавтомат мод. 6441Б:

1—станина; *2*—стол; *3*—нижняя стойка; *4*—верхняя стойка; *5*—копировальное следящее устройство; *6*—передняя неподвижная стойка; *7*—траверса; *8*—шпиндельная бабка

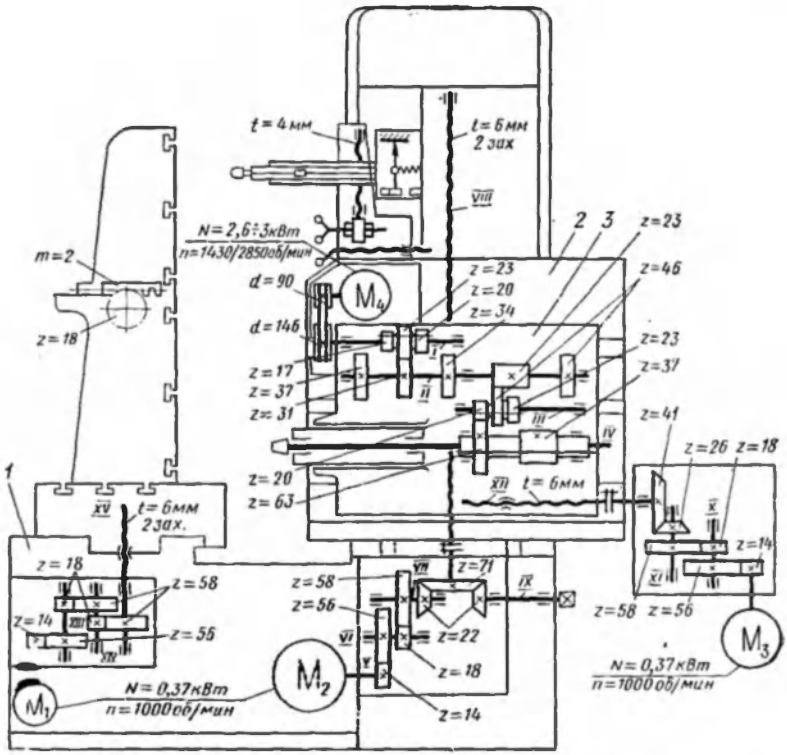


Рис. 79. Кинематическая схема копировально-фрезерного станка мод. 6441Б

Контурное копирование на станке осуществляют при двух подачах: продольной и вертикальной. Копировальное устройство представляет собой электрокопировальную головку индуктивного типа, принцип работы которой рассмотрен выше. Управление всеми движениями станка осуществляется дистанционно с одного места.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

О работе фрезерных станков по определенной программе в некоторой степени уже упоминалось ранее, когда рассматривался автоматический цикл работы, например, горизонтально-фрезерного станка. Здесь программа работы станка, а именно перемещение рабочих органов в определенной последовательности, с определенной скоростью и в определенном направлении, была задана соответствующей установкой упоров, кулачков и переключателей. Однако программа здесь была очень проста.

Более сложный случай задания программы оказался при обработке деталей на копировально-фрезерных станках. Программа в этом случае «записана» на копире, шаблоне или модели, размеры и форма которых соответствуют размерам и форме обрабатываемой детали. Таким образом, прежде чем изготовить деталь, надо сделать копир, шаблон или модель, что трудоемко и дорого. При переходе к обработке других деталей необходимы новые программы, т. е. новый копир, шаблон или модель, что при небольшой партии деталей может оказаться нецелесообразным.

Целесообразной была бы такая программа, которую можно легко получить и легко менять на станке и которая сравнительно мало была бы связана с конструкцией станка. Таким решением задачи является задание программы работы станка в виде чисел, характеризующих относительное положение инструмента и заготовки, скорость перемещения и пр., которые затем кодируются, т. е. условно изображаются на программоносителе в виде, удобном для «прочтения» ее на станке. Запись программы может быть выполнена пробивкой отверстий на перфокартах, перфолентах, нанесением поперечных намагниченных участков — штрихов на магнитной ленте и магнитном барабане, нанесением темных и светлых полос на фотоленте и др.

2. КОДИРОВАНИЕ ПРОГРАММ

Код, применяемый для записи программы, может быть унитарным, с использованием десятичной системы счисления, двоичной, десятично-двоичной и др.

Унитарное кодирование. Если представить, что каждому элементарному перемещению рабочего органа (допустим на величину 0,01 мм) соответствует, например, одно отверстие, пробитое на перфоленте, то программа окажется записанной в виде цепочки отверстий. Так как в разные периоды времени перемещение может быть различно, то, очевидно, частота отверстий на ленте будет переменной. Это наиболее простой способ записи программы. Однако он имеет существенные недостатки: требуется большая длина программоносителя и нанесение большого числа отверстий. Длину программоносителя можно несколько уменьшить при записи программы на магнитной ленте (плотность отметок может быть повышена в 10 раз), но большое число отверстий остается.

Кодирование в десятичной системе счисления. Для записи чисел используют десятичные знаки от 0 до 9. Любое число в десятичной системе счисления можно представить в виде суммы различных степеней числа 10, например

$$9461 = 9\cdot 10^3 + 4\cdot 10^2 + 6\cdot 10^1 + 1\cdot 10^0;$$

$$94{,}61 = 9\cdot 10^2 + 4\cdot 10^1 + 6\cdot 10^{-1} + 1\cdot 10^{-2}.$$

Таким образом, для записи какого-либо числа на перфоленте (перфокарте) десятичным кодом необходимо иметь 10-n позиций, где n—количество разрядов в числе. Например, для записи числа 9461 требуется $10\cdot 4=40$ позиций, из которых на ленте пробивается только 4 (рис. 80,*а*); таким образом, площадь ленты используется неэкономично.

Кодирование в двоичной системе счисления. Для записи чисел в двоичной системе счисления используются цифры 0 и 1. Любое число в этой системе счисления может быть представлено в виде суммы различных степеней числа 2:

$$9461 = 1\cdot 2^{13} + 0\cdot 2^{12} + 0\cdot 2^{11} + 1\cdot 2^{10} + 0\cdot 2^9 + 0\cdot 2^8 + 1\cdot 2^7 + 1\cdot 2^6 + 1\cdot 2^5 + 1\cdot 2^4 + 0\cdot 2^3 + 1\cdot 2^2 + 0\cdot 2^1 + 1\cdot 2^0.$$

По аналогии с десятичной системой счисления в двоичной системе это число будет записано так: 10010011110101 (т. е. записываются только множители разрядов). Для записи какого-либо числа в двоичной системе счисления достаточно иметь n позиций, где n — количество разрядов в числе. Таким образом, для записи числа 9461 требуется 14 позиций, из которых восемь пробивается. Площадь ленты существенно экономится. Однако при расположении позиций поперек ленты они займут 14 мест и потребуется широкая лента (рис. 80,*б*), а если их расположить вдоль ленты, то длина ленты значительно увеличится (рис. 80,*в*). В этом слу-

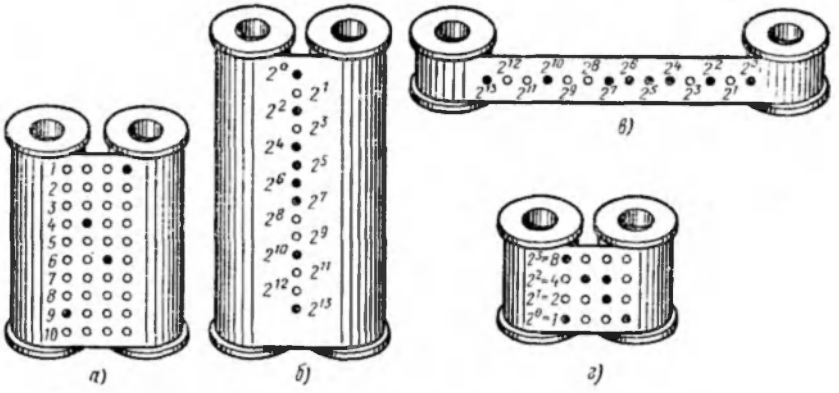


Рис. 80. Кодирование числа 9461:

а—в десятичном коде; *б*, *в*—в двоичном коде; *г*—в десятично-двоичном коде

чае при записи больших чисел целесообразно применять десятично-двоичную систему кодирования.

Десятично-двоичная система кодирования. В этой системе при записи чисел сохраняют десятичные разряды, но в каждом из разрядов цифры записывают в двоичной системе счисления:

$$9461 = \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0100}_{4}\ \underbrace{0110}_{6}\ \underbrace{0001}_{1},$$

т. е. для записи четырехзначного числа достаточно 16 позиций, из которых пробивается 6 (рис. 80,*г*).

3. СИСТЕМЫ, ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

Система программного управления станком может быть разомкнутой и замкнутой. Разомкнутая система программного управления состоит из узлов программы, управления и исполнительных механизмов, а в замкнутой системе добавляется еще узел обратной связи.

Блок-схема разомкнутой системы программного управления изображена на рис. 81, *а*. Программу работы станка, записанную в цифровом виде, помещают в узел программы *1*, где она считывается, а результаты в виде электрических сигналов передаются в узел управления *2*. В узле управления эти сигналы преобразуются и идут на управление перемещениями исполнительных механизмов *3* станка. В замкнутой системе программного управления (рис. 81, *б*) узел обратной связи *4* регистрирует фактические перемещения рабочих органов станка, преобразует результаты измерений в электрические сигналы и передает их в узел управления, где они сравниваются с аналогичными сигналами, заданными программой. Так как сигналы проходят практически мгно-

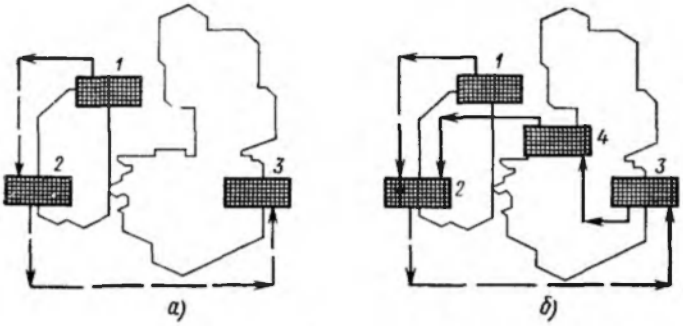


Рис. 81. Блок-схема программного управления станком:
а—разомкнутая; *б*—замкнутая

венно, а исполнение из-за инерции узлов станка не может быть мгновенным, то между сигналами, поступившими в узел управления из узла программы и узла обратной связи, возникает рассогласование, величина и знак которого в каждый момент времени определяют скорость и направление перемещения рабочих органов станка. Узел управления действует так, чтобы свести к минимуму эти непрерывно возникающие рассогласования. В этом и состоит принцип обратной связи и заключена суть замкнутой системы программного управления.

Рассмотрим некоторые элементы узлов программного управления станком.

Узел программы включает устройства для приема программы, ее считывания и перемещения. В станках с ЧПУ программа записывается на перфокартах, перфолентах, кинолентах, магнитных лентах и магнитных барабанах. Перфокарта или лента представляют собой полоски или ленты плотной бумаги или киноленты с низкой электропроводностью, на которых с помощью специального перфоратора пробиваются необходимые отверстия в соответствующем коде. Для прочтения такой программы используют щупы (рис. 82,*а*), фотоэлементы (рис. 82,*б*) или другие устройства, которые замыкают электрические цепи, когда оказываются против пробитого отверстия.

Магнитную ленту из ацетилцеллюлозы покрывают тонким слоем ферромагнитной эмульсии. Для записи программы ленту протягивают около записывающей магнитной головки (рис. 82,*в*). Головка состоит из двух полуколец, образующих сердечник, на которые насажены электромагнитные катушки. В месте соприкосновения головки и ленты между полукольцами имеется зазор $S=0{,}01\div0{,}02$ мм. При пропускании переменного тока через обмотки катушек в зазоре S возникает переменное магнитное поле, которое намагничивает находящиеся у зазора участки ленты, оставляя на ней следы в виде элементарных магнитных штрихов. Плотность записи равна 30—60 штрихов на 1 см. Если теперь

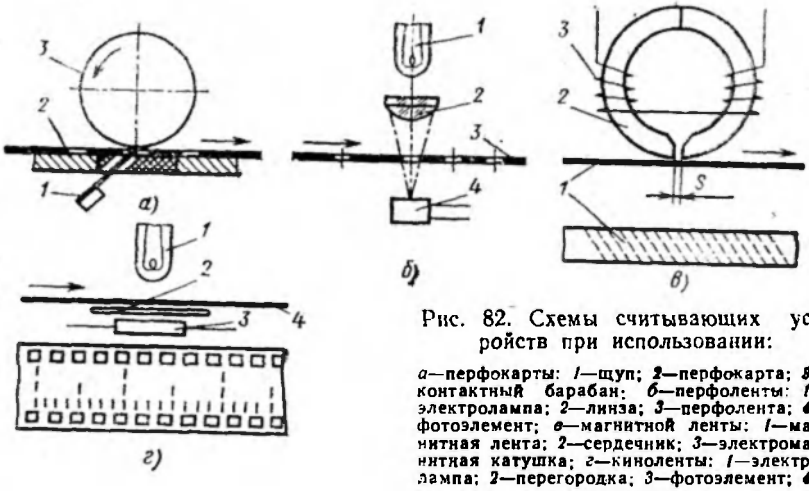


Рис. 82. Схемы считывающих устройств при использовании:

а—перфокарты: *1*—щуп; *2*—перфокарта; *3*—контактный барабан; *б*—перфоленты: *1*—электролампа; *2*—линза; *3*—перфолента; *4*—фотоэлемент; *в*—магнитной ленты: *1*—магнитная лента; *2*—сердечник; *3*—электромагнитная катушка; *г*—киноленты: *1*—электролампа; *2*—перегородка; *3*—фотоэлемент; *4*—кинолента

эту ленту протянуть около считывающей головки, аналогичной записывающей, то магнитные штрихи вызовут в зазоре *S* переменный магнитный поток, который возбудит электродвижущую силу в катушках считывающей магнитной головки, что и будет использовано для управления станком.

Магнитный барабан представляет собой цилиндр из немагнитного материала с нанесенным на поверхность тонким слоем магнитного вещества или намотанной магнитной проволоки. Запись программы на барабане и ее прочитывание производят аналогично записи на магнитной ленте. Дорожек на барабане может быть несколько.

Запись программы на кинопленке имеет вид прозрачных и непрозрачных штрихов (рис. 82,*г*). Для прочтения этой программы используют явление фотоэффекта. Каждому штриху соответствует определенное перемещение рабочих органов станка (например, на 0,01 мм). Общий путь определяют количеством штрихов, а скорость перемещения — их частотой.

По мере выполнения исполнительными органами станка программных команд программоноситель должен непрерывно или периодически перемещаться относительно считывающих устройств с помощью различных лентопротяжных механизмов, обеспечивающих непрерывное перемещение программоносителя, или устройств периодического действия.

Устройство для протягивания магнитной ленты, показанное на рис. 83, состоит из электродвигателя *5*, который приводит во вращение вал *6*. К валу *6* роликом *1* прижимается магнитная лента *3*, которая в результате сил трения протягивается валом с постоянной скоростью относительно считывающей магнитной головки *2*. Для натяжения магнитной ленты и ее перемотки име-

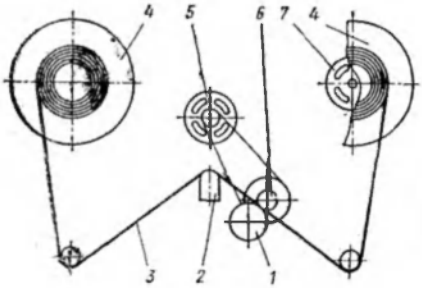


Рис. 83. Схема протяжного механизма

ются два электродвигателя *7*. В то время как один из электродвигателей наматывает ленту на кассету *4*, другой — притормаживает ленту.

Узел управления предназначен для того, чтобы получить электрические сигналы от узла программы, преобразовать их или в непрерывную физическую величину (например, напряжение), или в дискретную (электрические импульсы) и направить к источникам мощности и исполнительным механизмам. Для этой цели в узле управления используют специальные электрические устройства.

Узел исполнительных механизмов включает в себя механизмы и устройства, которые, принимая сигналы из узла управления, выполняют заданную программу, т. е. перемещают заготовку и инструмент относительно друг друга с определенной скоростью, сообщают инструменту необходимую скорость резания и т. д.

В качестве источника мощности в этом узле может быть использован шаговый (импульсный) двигатель, регулируемый электродвигатель постоянного тока и др. Регулируемый двигатель постоянного тока применяют в замкнутой системе программного управления.

Шаговый двигатель (рис. 84) применяют в разомкнутой системе программного управления. Он состоит из статора *1* и ротора *2*. Статор имеет три секции полюсов *3*, сдвинутых по оси. Ротор имеет три секции выступов *4*, также сдвинутых по оси и, кроме того, повернутых относительно друг друга на 1/3 шага выступов. При подаче напряжения в первую секцию *A* статора выступы первой секции ротора располагаются против полюсов. Если теперь подать напряжение во вторую секцию *B* статора, то ротор повернется на 1/3 шага и против полюсов второй секции статора расположатся выступы второй секции ротора. При подаче напряжения в третью секцию *C* статора ротор повернется еще на 1/3 шага и т. д., т. е. ротор будет вра-

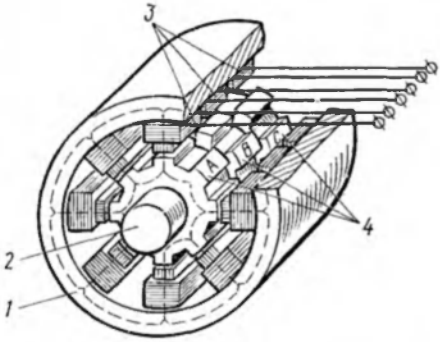


Рис. 84. Схема шагового двигателя

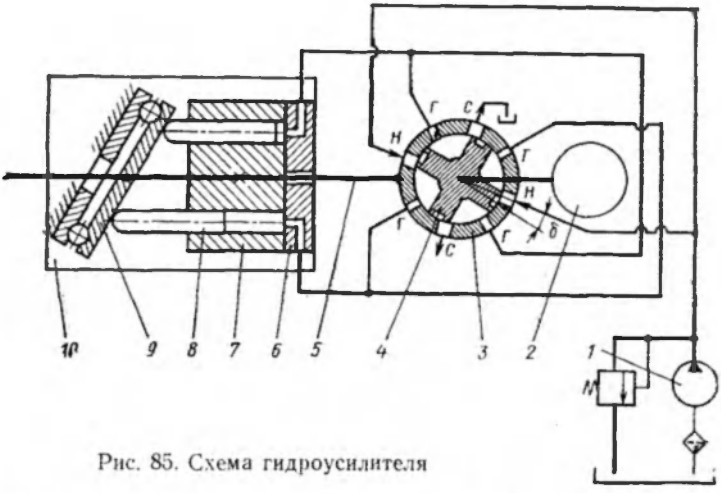


Рис. 85. Схема гидроусилителя

щаться. Если же после первой секции напряжение подать сразу в третью секцию, то ротор повернется на 1/3 шага, но в противоположную сторону. Таким образом, изменяя порядок подачи импульсов в шаговый двигатель можно изменять направление его вращения.

Шаговые двигатели, применяемые в станках с программным управлением, имеют высокую частоту и малую величину шаговых перемещений, но небольшую мощность, поэтому их не используют непосредственно в качестве силового привода, а только управляют силовым приводом на принципе серводействия.

В качестве силового привода в этом случае может быть использован, например, гидроусилитель (рис. 85), который состоит из гидродвигателя *10* аксиально-поршневого типа и следящего (управляющего) золотника *4*, связанного с валом шагового двигателя *2*.

Шаговый двигатель, получив электрический импульс, поворачивает золотник, через который порция масла от насоса *1* пропускается к гидродвигателю, заставляя его вращаться. Скорость вращения определяется частотой импульсов, поступающих в шаговый двигатель, а величина поворота — количеством импульсов. Гидродвигатель передает движение исполнительным органам станка. Золотник *4*, установленный во втулке *3*, имеет четыре канавки и четыре пояска. Втулка связана с валом *5* гидродвигателя и имеет два канала *Н* для подвода масла от насоса, два канала *С* для слива масла и четыре канала *Г* для направления масла к гидродвигателю и от него. При повороте золотника ротором шагового двигателя на некоторый угол δ, например по часовой стрелке, масло от насоса *1* через каналы *Н* и *Г* втулки *3* и каналы в корпусе *6* гидродвигателя поступает к торцам плунжеров *8*, расположенных на одной стороне ротора *7*. Плунжеры

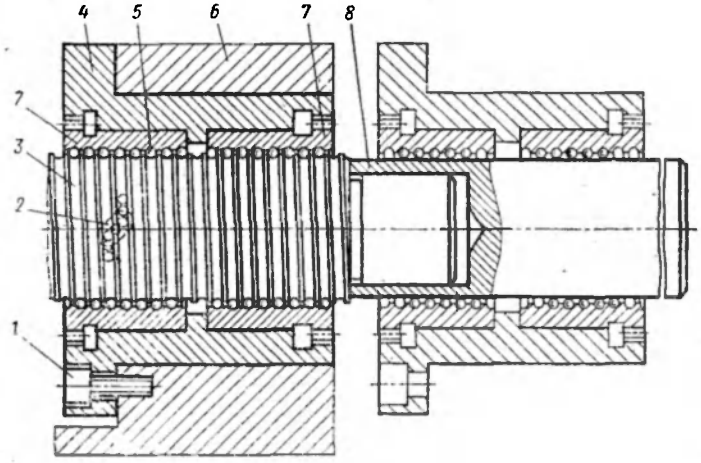


Рис. 86. Шариковая пара винт — гайка

выдвигаются из ротора, прижимаются к наклонному диску *9* и в результате возникающих тангенциальных сил вращаются вместе с ротором, диском и выходным валом *5*. Одновременно плунжеры, расположенные на противоположной стороне ротора *7*, вдвигаются в ротор и вытесняют масло через соответствующие каналы корпуса и каналы *Г* и *С* следящего устройства на слив.

Вал *5* гидродвигателя связан со втулкой *3* следящего устройства, поэтому вместе с вращением вала вращается и втулка, которая, повернувшись на угол δ, перекроет каналы *Н* и прекратит доступ масла к гидродвигателю. Гидродвигатель остановится. Для возобновления движения гидродвигателя необходим новый элементарный поворот золотника, т. е. новый импульс в шаговый двигатель. При изменении направления поворота золотника изменяется направление потока масла к гидродвигателю, тем самым осуществляется реверс гидродвигателя и рабочих органов станка.

Конечным звеном исполнительного механизма чаще всего служит винтовая передача, которую для уменьшения сил трения, устранения зазоров и тем самым повышения точности перемещения рабочих органов выполняют шариковой (рис. 86). Передача состоит из винта *3* и гайки *7*, две половинки которой установлены в стакане *4* и связаны с ним зубчатыми венцами. Стакан *4* закреплен в кронштейне *6* винтами *1*. Винт *3* и гайка *7* имеют резьбу полукруглого профиля, заполненную шариками *5*. Два соседних витка гайки связаны каналом *2* возврата шариков. Поэтому при вращении винта шарики перекрываются по винтовой канавке и направляются из впадины одного витка во впадину соседнего, переваливаясь через выступ резьбы винта по кана-

лу возврата шариков. Получается замкнутая шариковая цепочка. Таких замкнутых циркулирующих цепочек обычно три в каждой половинке гайки. Гайка выполнена из двух половинок для того, чтобы путем их относительного поворота можно было устранить зазор в винтовой паре. Для этого стакан и гайку предварительно смещают на втулку *8*.

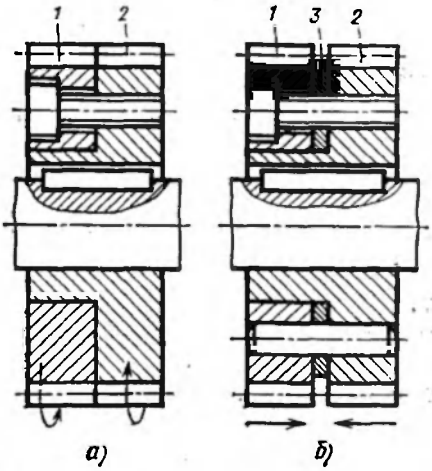


Рис. 87. Сборные шестерни для беззазорной передачи

В цепи между гидродвигателем и винтовой шариковой парой обычно расположены зубчатые передачи, в конструкции которых для обеспечения высокой точности перемещения узлов станка предусмотрена возможность устранения (регулировки) бокового зазора в зубчатом зацеплении. Для этого цилиндрические колеса делают сборными, состоящими из двух частей. Выборку зазора в зубчатой передаче осуществляют либо путем относительного поворота двух половинок *1* и *2* колеса (рис. 87, *а*), либо для косозубых колес зазор можно устранить путем осевого смещения этих половинок относительно друг друга (рис. 87, *б*). Необходимое для выборки зазора в передаче осевое смещение частей колеса обеспечивается подшлифованием кольца *3*.

Узел обратной связи предназначен для информации узла управления о фактическом перемещении исполнительного органа станка в каждый данный момент времени. По принципу действия узел обратной связи может быть потенциометрическим, индуктивным, оптическим и магнитным.

На рис. 88,*а* изображена схема управления перемещениями стола *4* по направляющим станины *10* с использованием узла обратной связи в виде потенциометрического датчика *7*. Датчик представляет собой стержень с плотно навитой на нем проволокой с большим омическим сопротивлением. Скользящий контакт *6* механически связан со столом, а электрически — с реле *3*, управляющим электродвигателем *1*. Концы провода датчика соединены в точках *а* и *б* с батареей элементов *8* и двумя магазинами резисторов *5* и *9*. Из узла программы (например, от перфокарты) дается команда на включение в электрическую цепь той или иной комбинации резисторов в магазинах. В цепи возникает ток, в том числе и на участке *в—г*, срабатывает реле *3* и включает электродвигатель, который через винтовую пару *2* перемещает стол станка, а значит, и скользящий контакт относительно

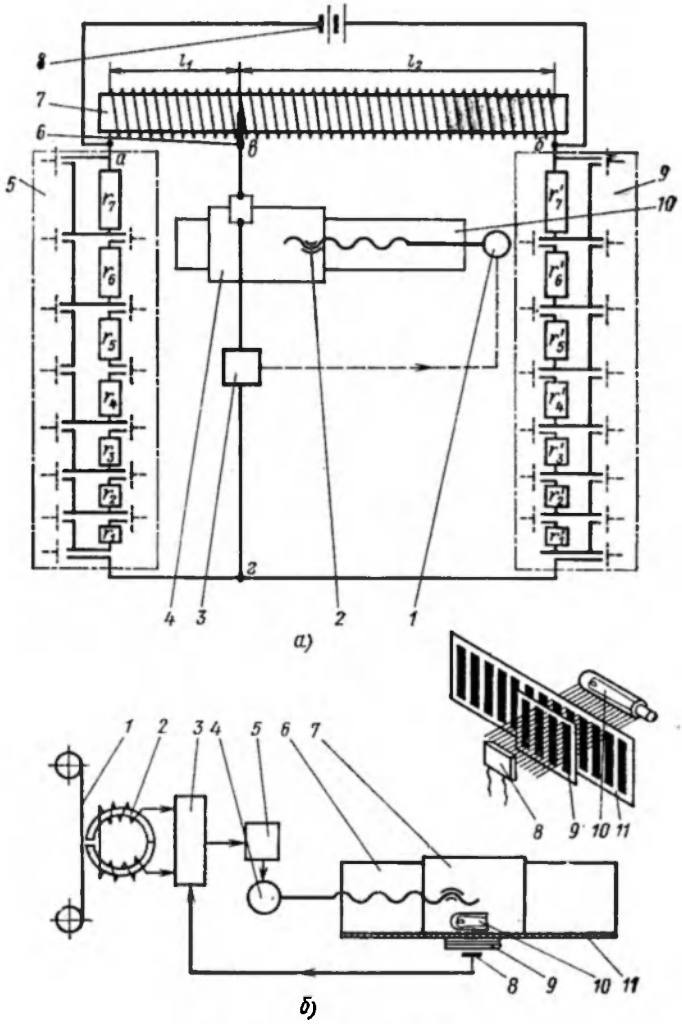


Рис. 88. Узлы обратной связи:
а—потенциометрический; *б*—оптический

датчика. Происходит это до тех пор, пока на участке *в—г* цепи не установится так называемое равновесие. Это значит, что тока в цепи *в—г* не будет, реле выключит электродвигатель и стол станка остановится. Произойдет это в тот момент, когда скользящий контакт займет на датчике такое положение, при котором отношение $\frac{l_1}{l_2}$ будет равно отношению сумм сопротивлений, включенных соответственно в магазинах *5* и *9*. Таким образом,

чтобы управлять положением стола, необходимо включать различные комбинации резисторов в магазинах, при этом потенциометрический датчик следит за исполнением команды.

На рис. 88,*б* дана схема программного управления станком с использованием в узле обратной связи оптического датчика. Магнитная головка *2* считывает программу с магнитной ленты *1* и передает сигналы в узел управления *3*, где они преобразуются и после усиления в узле *5* поступают к электродвигателю *4*, перемещающему стол *7* станка. На столе и станине *6* смонтирован оптический датчик, который посылает в узел управления сигналы о фактическом перемещении стола. Эти сигналы сравниваются с сигналами от магнитной ленты, и результаты сравнения используются для управления оборотами электродвигателя.

Оптический датчик состоит из линейки *11*, установленной на станине, движка *9*, связанного со столом, источника света *10* и фотоэлемента *8*. На линейке и движке нанесены риски, толщина которых равна расстоянию между ними. По разные стороны линейки и движка установлены источник света и фотоэлемент. При перемещении движка освещенность фотоэлемента изменяется от нуля, когда риски движка закрывают промежутки между штрихами на линейке, до максимальной величины, когда штрихи на движке и линейке совпадают. В результате фотоэлемент посылает в узел управления электрические сигналы, которые используются для управления станком.

После ознакомления с принципами ЧПУ рассмотрим для примера две схемы программного управления фрезерными станками при изготовлении плоских кулачков. В одной из этих схем применена разомкнутая, а в другой — замкнутая системы управления.

В схеме разомкнутой шаговой системы управления (рис. 89) обрабатываемый кулачок *2*, установленный на круглом столе *4* станка, получает непрерывное равномерное вращательное движение от механизма *22* круговых подач стола и возвратно-поступательное перемещение вместе с салазками *5*. Величина и направление поступательного перемещения салазок за время поворота стола на угол δ зависит от формы кривой кулачка и определяется как разность между радиусами-векторами r_1 и r_2 центров фрезы *1*.

Принятая в станке система управления обеспечивает согласованное вращение и поступательное перемещение кулачка относительно фрезы, в результате чего фреза формирует необходимую криволинейную поверхность на кулачке. Система управления станком состоит из узлов программы, управления и исполнительных механизмов.

Программа записана в виде прозрачных и непрозрачных штрихов на трех дорожках киноленты *23*. Первая дорожка *I* предназначена для записи сигналов, определяющих направление движения салазок. Третья дорожка *III* определяет цену шаговой

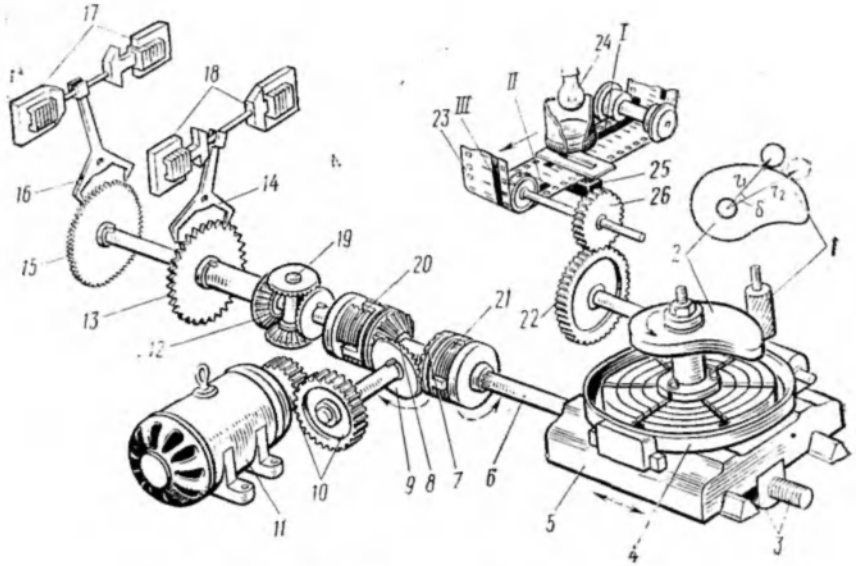


Рис. 89. Схема разомкнутой шаговой системы управления

подачи салазок. На второй дорожке *II* в унитарном коде записана программа перемещения салазок, согласованная с поворотом кулачка. Каждому штриху, нанесенному на дорожке киноленты, соответствует перемещение салазок на величину шага, например, 0,01 мм. Поэтому если при повороте кулачка на единичный угол δ (например, на 1°) разность между радиусами-векторами центров фрезы составит величину $r_2 - r_1$, то число штрихов, записанных на соответствующем участке кинопленки, должно быть равно $\frac{r_2 - r_1}{0{,}01}$.

Кинопленка перемещается лентопротяжным механизмом *26*, который имеет жесткую кинематическую связь с вращением стола, поэтому повороту стола на единичный угол δ соответствует определенная величина перемещения пленки. Количество штрихов, записанных на этом участке пленки, а значит, и величина перемещения салазок зависят от обрабатываемого в это время участка кривой кулачка.

При протягивании пленки около источника света *24* луч от него либо проходит сквозь пленку на участке дорожки, либо нет — все зависит от того, попадает луч на прозрачный или непрозрачный участок пленки. Соответственно и фотоэлектрические датчики *25*, расположенные под дорожками, либо дают импульс тока, либо нет. Сигнал от фотоэлектрических датчиков поступает в узел управления, а из него, после усиления, в шаговое устройство.

Работа шагового устройства состоит в следующем. Электродвигатель *11* переменного тока через зубчатую пару *10* и коническое колесо *9* приводит во вращение два конических зубчатых колеса — полумуфты *7* и *8*, свободно посаженные на валу *6*. На этом же валу установлено две электромагнитные дисковые муфты *20* и *21*. Диски, имеющие внутренние зубья, жестко связаны с валом *6*, а диски, имеющие наружные зубья, — с коническими колесами-полумуфтами *7* и *8*. Эти колеса-полумуфты вращаются в разных направлениях, поэтому при включении той или иной электромагнитной муфты вал *6* стремится повернуться в ту или иную сторону. Однако этому препятствует специальное устройство, состоящее из двух пар электромагнитов *17*, *18* и связанных с ними анкеров *14*, *16*. Анкеры находятся в зацеплении с шаговыми колесами, одно из которых (*13*) жестко связано с водилом *19*, а другое (*15*) с центральным колесом *12* дифференциала. Таким образом, оказывается, что анкеры удерживают вал *6* от поворота. При срабатывании одного из электромагнитов соответствующий анкер освобождает шаговое колесо и вал *6* имеет теперь возможность повернуться на угол, определяемый шагом зубьев шагового колеса. Движение от вала *6* передается через пару винт — гайка *3* салазкам станка. Количество зубьев у шаговых колес разное, что позволяет иметь разную цену подачи путем включения соответствующего электромагнита.

Таким образом, сигналы из узла программы поступают в узел управления, в котором они усиливаются и направляются к той или иной муфте и одному из электромагнитов. Шаговые колеса, анкеры и электромагниты выполняют как бы функции управления электродвигателем *11*, пропуская или задерживая от него поток мощности к салазкам станка.

На рис. 90 приведена схема замкнутой системы управления фрезерными станками. Обрабатываемый кулачок *9*, установленный на поворотном столе *10*, как и в предыдущем случае, получает от электродвигателя *16* через зубчатую пару *15* непрерывное равномерное вращательное движение со столом, а от электродвигателя *14* — возвратно-поступательное следящее движение вместе с салазками *11* станка. Однако принцип управления следящим движением здесь иной, чем в предыдущей схеме управления.

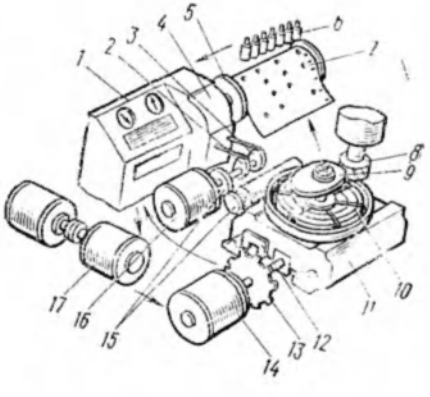


Рис. 90. Схема замкнутой системы управления

При подготовке программы окружность кулачка разбивают на равные интервалы и для каждого интервала вычисляют приращения радиуса-вектора до оси вращения фрезы *8*. Интервалы разбивки окружности выбраны такими, что наибольшее приращение радиуса-вектора не превышает 0,09 мм. После этого составляют таблицу, в которой указывают приращения радиусов-векторов для каждого интервала. Эти приращения, характеризующие одновременно и величину перемещения салазок, записываются в двоичном коде на четырех дорожках восьмидорожечной перфоленты *7*. Из остальных четырех дорожек перфоленты две дорожки используют для управления направлением движения салазок (если перфорация сделана в двух дорожках — салазки вперед, перфорация в одной дорожке — салазки назад); одну дорожку для контроля правильности считывания команды (отверстия на этой дорожке пробиваются только в тех строках перфоленты, которые имеют четное число пробитых до этого отверстий; если при прочтении программы на какой-либо строке получается нечетное число сигналов, то программа выполняется, а если четное, то подается команда «Стоп»); последнюю дорожку перфоленты с равномерно пробитыми отверстиями небольшого диаметра используют не для подачи сигналов, а для перемотки ленты.

В узле программы *5* перфолента перемещается периодически на один шаг с помощью лентопротяжного механизма *4*, после чего кулачок *3* дает команду на опускание щупов *6*, которые замыкают контакты через пробитые в ленте отверстия. Считанные сигналы поступают в узел управления *1*, откуда после расшифровки и усиления направляются в электромашинный усилитель (ЭМУ) *17*, а из него в электродвигатель *14* постоянного тока, который используется для перемещения салазок с заготовкой.

Статор ЭМУ имеет специальные управляющие обмотки, с помощью которых можно получить и передать исполнительному двигателю десять различных значений напряжений, величины которых в долях от номинального значения выбраны равными 0, 1/9, 2/9, ... 9/9. Соответственно получается десять различных частот вращений исполнительного электродвигателя, а значит, и десять скоростей перемещения салазок. Если теперь в строке перфоленты закодировано какое-либо число, например пять, а это означает, что при повороте обрабатываемого кулачка на один интервал салазки должны переместиться на 0,05 мм, то после прочтения программы и прохода сигнала через узел управления и ЭМУ в исполнительный электродвигатель будет подано напряжение, равное 5/9 номинального, а значит, и скорость перемещения салазок составит 5/9 их наибольшей скорости.

В рассматриваемой схеме управления между вращением стола и перемещением салазок нет жесткой кинематической связи, поэтому если не предусмотреть узел обратной связи, то при обработке кулачка получим местные и накопленные погрешности.

Узел обратной связи, примененный в данной схеме управления, существенно уменьшает эти погрешности. Датчик узла обратной связи индуктивного типа представляет собой колесо *13* с прямоугольными зубцами и башмак *12* с двумя обмотками. Колесо установлено на промежуточном валу привода салазок.

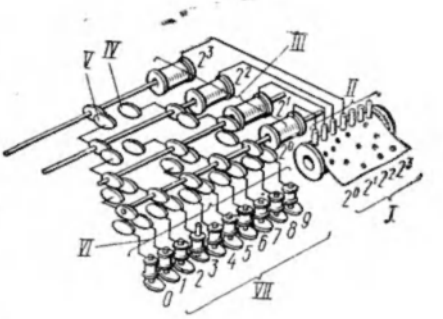


Рис. 91. Узел управления

Кинематическая цепь и число зубьев колеса подобраны так, что при перемещении салазок на 0,01 мм колесо поворачивается на один зуб. Зубья колеса проходят около башмака с двумя выступами, расстояние между которыми равно шагу между зубьями колеса. На выступах башмака установлены две обмотки, одна из которых первичная, другая — вторичная. При подаче переменного напряжения в первичную обмотку во вторичной обмотке сила тока достигает максимального значения, когда зубья колеса при вращении расположатся против выступов башмака. Этот импульс поступает в узел управления и сигнализирует о том, что салазки переместились на 0,01 мм. Если же в строке перфоленты было запрограммировано перемещение салазок, например, на 0,05 мм, то колесо повернется на пять шагов, в узел управления будет послано пять сигналов и только после этого кулачок *2* даст команду на перемещение перфоленты на следующую строку.

Рассмотрим устройство узла управления, который решает следующие задачи: расшифровывает программные сигналы, переводя их из двоичной системы счисления в десятичную, управляет системой, регулируя скорость вращения исполнительного электродвигателя в долях его номинальной скорости в соответствии с программой; непрерывно сравнивает сигналы, идущие из узла программы и датчика обратной связи.

Узел обратной связи состоит из четырнадцати реле, четыре из которых, предназначенные для управления перемещением салазок, показаны на рис. 91. Сигналы в реле *III* поступают из узла программы от четырех щупов *II*, замыкающих цепи катушек реле через отверстия в перфоленте *I*. Обозначим четыре дорожки перфоленты и соответствующие им щупы и реле в виде 2^0, 2^1, 2^2, 2^3, т. е. в виде разрядов числа в двоичной системе счисления. При включении реле замыкается несколько пар контактов *IV* и размыкается столько же пар контактов *V*. Реле 2^0 имеет по пять пар замыкающих и размыкающих контактов, реле 2^1 — по три пары, реле 2^2 — две пары замыкающих и одну пару размыкающих контактов, реле 2^3 — по одной паре замыкающих и размыкающих контактов. Включение реле в различном сочетании при-

водит к соответствующему размыканию нескольких контактов и замыканию такого же числа контактов, в результате чего замыкаются электрические цепочки. Данная схема узла управления позволяет получить десять таких цепочек. Таким образом, оказывается решенной задача о переводе программных сигналов из двоичной системы счисления в десятичную. Каждая из этих десяти электрических цепочек включает с помощью реле *VI* один из десяти нормально открытых контактов *VII* (*0—9*), управляющих ЭМУ, который имеет десять секций. Когда выключены все реле *VI*, то ЭМУ выключено и исполнительный двигатель не вращается. Когда включено реле 0, контакты 0 включают одну секцию ЭМУ и исполнительный двигатель вращается с частотой вращения, равной 1/9 номинальной. Когда включено реле *1*, включаются две секции ЭМУ и исполнительный двигатель получает частоту вращения, равную 2/9 от номинальной и т. д. Последнее реле *9* включает все десять секций ЭМУ, в результате исполнительный двигатель вращается с номинальной частотой вращения (9/9). Таким образом решается и вторая задача, связанная с управлением исполнительным двигателем.

Узел обратной связи позволяет решить и третью задачу, связанную с контролем обработки программы, т. е. контролем за перемещением салазок. Для этого в узле управления имеется специальное шаговое устройство, которое, получая сигналы от датчика обратной связи, последовательно замыкает электрические цепи, связанные с контактами *0—9*. При получении первого сигнала шаговое устройство замыкает цепь через контакт *0*, при получении второго сигнала — через контакт *1* и т. д. до тех пор, пока не замкнется цепь через тот контакт, который включен реле (на рис. 91 это контакт *3*). В этом случае сигналы из узла программы и узла обратной связи совпадут, что говорит о перемещении салазок на заданную программу величину. В этот момент кулачок *2* (см. рис. 90) даст команду на переход к выполнению программы в следующей строке перфоленты. Щупы *II* включат реле *III* в новом сочетании, включится другое количество секций ЭМУ, изменятся частота вращения исполнительного электродвигателя и величина перемещения салазок за такой же интервал поворота заготовки, датчик обратной связи передаст сигналы в узел управления об исполнении программы, перфолента снова переместится на один шаг и все повторится.

Если теперь сравнить между собой две рассмотренные схемы управления фрезерными станками, то можно заметить, что в первой схеме управления все узлы оперируют дискретными сигналами, во второй схеме дискретными сигналами оперируют сначала узел программы и узел управления, далее в узле исполнительного механизма эти дискретные сигналы преобразуются в непрерывное движение салазок, а затем датчик обратной связи снова преобразует непрерывное движение салазок в дискретные сигналы.

4. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОД. 6Р13Ф3

Консольный вертикально-фрезерный станок с ЧПУ мод. 6Р13Ф3 (рис. 92), выполненный на базе станка мод. 6Р13, предназначен для обработки концевыми и радиусными фрезами плоских или пространственных деталей сложного профиля (штампов, пресс-форм, кулачков и т. п.) из черных, цветных металлов и других материалов в мелкосерийном и серийном производстве. Пространственная обработка достигается сочетанием перемещения стола станка с деталью в горизонтальной плоскости по двум координатам и вертикального перемещения шпиндельной головки с режущим инструментом.

Основные движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя; движение подачи — перемещение салазок в поперечном, стола в продольном и шпиндельной головки в вертикальном направлениях; вспомогательные движения — установочные перемещения узлов станка. Кинематическая схема станка изображена на рис. 93.

Механизм главного движения станка представляет обычную коробку скоростей, в которой 18 различных частот вращений шпинделя (в диапазоне 40—2000 об/мин) получаются за счет переключения двух тройных (z=19—22—16 и z=37—46—26) и одного двойного (z=82—19) блоков зубчатых колес. Источником мощности служит электродвигатель M_1 (N=7,5 кВт, n=1450 об/мин).

Механизм подачи. Заготовка, устанавливаемая на столе станка, при обработке перемещается в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях — продольном и

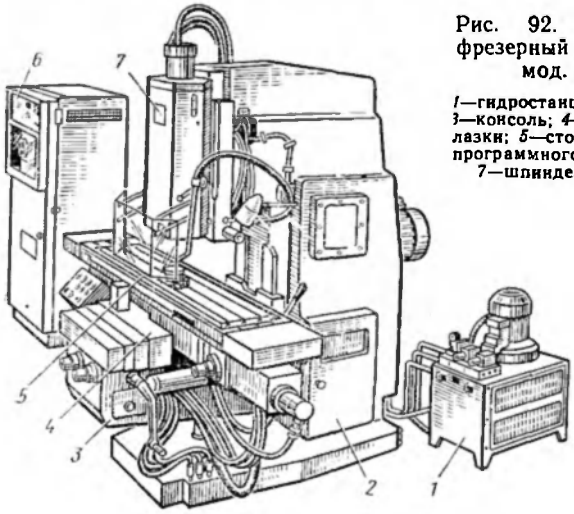


Рис. 92. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ мод. 6Р13Ф3:

1—гидростанция; 2—станина; 3—консоль; 4—поперечные салазки; 5—стол; 6—устройство программного управления; 7—шпиндельная головка

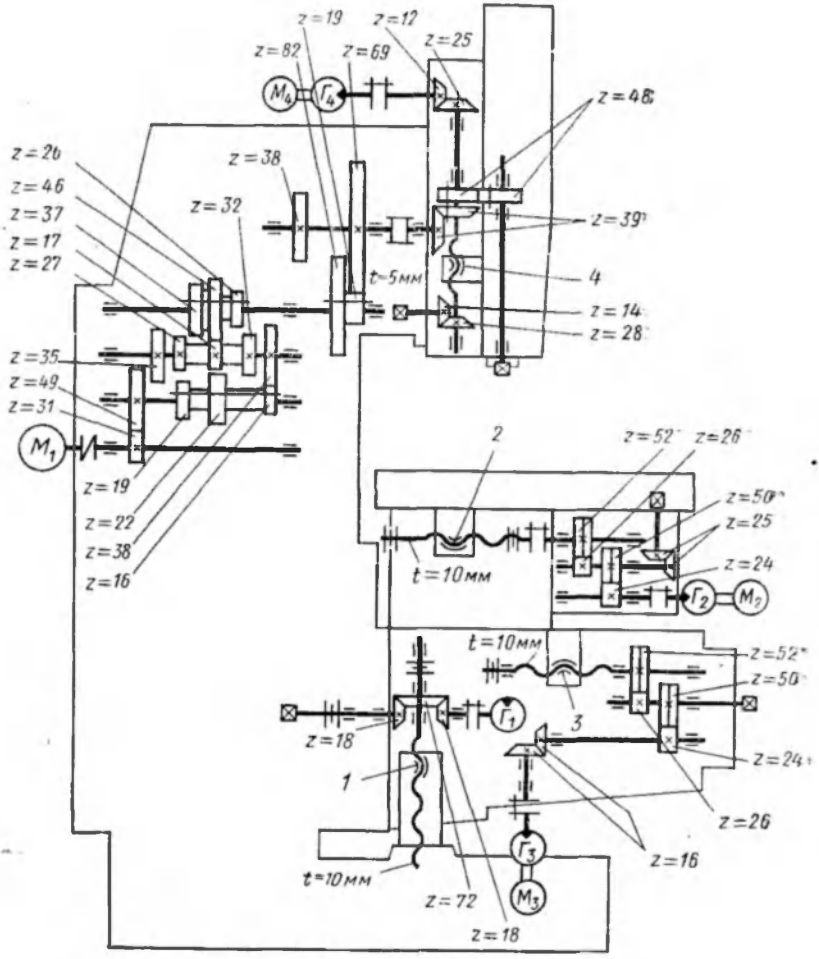
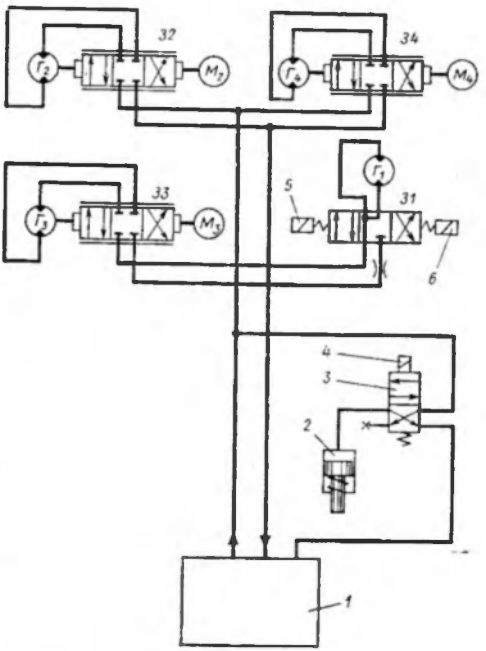


Рис. 93. Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка с ЧПУ мод. 6Р13Ф3

поперечном. Шпиндель станка вместе с ползуном может перемещаться по вертикали. Эти три движения осуществляются от трех исполнительных механизмов станка. Каждый исполнительный механизм (M_1, M_2, M_3) снабжен шаговым двигателем, который управляет гидродвигателем ($Г_2$, $Г_3$, $Г_4$), а последний, в свою очередь, приводит в движение рабочий орган станка через зубчатые колеса и шариковую винтовую пару (*2, 3, 4*). Каждому импульсу, поступающему в шаговый двигатель, соответствует перемещение ползуна со шпинделем или стола на 0,01 мм. Скорость подачи изменяется от 20 до 600 мм/мин. Консоль станка

Рис. 94. Гидравлическая схема вертикально-фрезерного станка с ЧПУ мод. 6Р13Ф3



со столом и салазками имеет установочное вертикальное перемещение от гидромотора $Г_1$ через пару конических колес $\frac{18}{72}$ и винтовую пару *1*. В станке предусмотрено и ручное перемещение узлов.

Гидравлический привод (рис. 94) осуществляет продольное и поперечное перемещения стола и вертикальное перемещение ползуна и консоли. Гидравлический привод состоит из следующих основных узлов: гидростанции *1* с насосами и контрольно-регулирующей аппаратурой; гидроусилителей с шаговыми электродвигателями M_2—M_4, следящими золотниками *32—34* и гидродвигателями $Г_2$—$Г_4$ для перемещения стола и ползуна; гидродвигателями $Г_1$ и реверсивного золотника *31* для перемещения консоли; цилиндра *2* и реверсивного золотника *3* для отжима инструмента в шпинделе станка.

Масло от гидростанции подводится к золотникам. При поступлении сигналов из узла числового управления к тому или иному шаговому электродвигателю последний срабатывает и, перемещая следящий золотник, открывает доступ маслу к гидромотору, который передает движение конечному органу кинематической цепи.

Управление гидромотором $Г_1$ вертикального перемещения консоли осуществляется с помощью двух электромагнитов *5* и *6* и реверсивного золотника *31*.

Гидроцилиндр *2* отжима инструмента срабатывает при включении электрозолотника *3*. Поток масла направляется в гидроцилиндр *2*, шток которого, перемещаясь, сжимает пружину в механизме отжима инструмента, освобождая фрезу. Зажим инструмента происходит при помощи пружины, как только выключается электромагнит *4*.

Программное управление станка. В станке применена шаговая разомкнутая система ЧПУ с вводом информации на перфо-

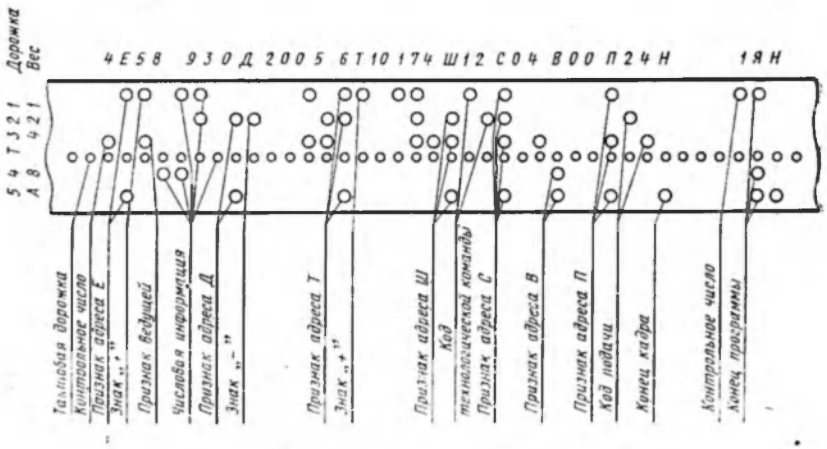


Рис. 95. Максимальная структура кадра

рированной ленте. Программа с перфоленты считывается с помощью оптического фотосчитывающего устройства ФСУ-2Б-1 и после преобразования и усиления в устройстве ЧПУ «Контур 2ПТ-71/3» сигналы направляются к шаговым электродвигателям станка, которые управляют гидромоторами и перемещениями рабочих органов станка. Количество сигналов, поступающих в шаговый двигатель, определяет величину перемещения рабочего органа, а частота сигналов — скорость перемещения.

Кодирование программы работы устройства ЧПУ «Контур 2ПТ-71/3» производится с помощью буквенно-цифрового пятиканального кода БЦК-5, разработанного в ЭНИМС (нормаль станкостроения Э68-1 «Система кодирования и программоноситель для числового управления металлорежущими станками»).

Программа, записанная в буквенно-числовом виде, переносится с помощью специальных перфораторов на бумажную пятидорожечную ленту шириной 17,4 мм. При этом цифры от 0 до 9 записываются в двоично-десятичном коде путем пробивки отверстий на четырех дорожках перфоленты. При записи десяти букв дополнительно используется пятая дорожка.

Символы кода БЦК-5 и их назначение при записи программы приведены в табл. 3. Запись программы производится построчно. В строке записываются кодовые обозначения символов программы. Строки объединяются в кадры (фразы). Каждая фраза, занимающая несколько строк на ленте, несет в себе информацию о геометрических и технологических данных, необходимых для обработки конкретного участка детали. Несколько строк в кадре (фразе), записанных последовательно и объединенных одним адресом, т. е. предназначенных для управления работой одного из исполнительных органов станка, называют словом. Таким об-

Таблица 3

Символы кода БЦК-5 и их назначение при записи программы

5	4	Т	3	2	1	Дорожки	Назначение символа
А	8		4	2	1	Вес	
						Символ	
		○				0	Цифра 0
		○			○	1	Цифра 1
		○		○		2	Цифра 2
		○		○	○	3	Цифра 3
		○	○			4	Цифра 4
		○	○		○	5	Цифра 5
		○	○	○		6	Цифра 6
		○	○	○	○	7	Цифра 7
	○	○				8	Цифра 8
	○	○			○	9	Цифра 9
○		○			○	Е	Перемещение по координате *X*
○		○		○		Д	Перемещение по координате *Y*
○		○		○	○	Т	Перемещение по координате *Z*
○		○	○			К	Коррекция

Продолжение табл. 3

5	4	Т	3	2	1	Дорожки	Назначение символа
А	8		4	2	1	Вес	
						Символ	
○		○	○		○	П	Величина подачи
○		○	○	○		Ш	Технологическая команда
○		○	○	○	○	С	Технологическая команда
○	○	○				В	Технологическая команда
○		○				Н	Конец кадра
○	○	○			○	Я	Конец программы

разом, кадр (фраза) состоит из нескольких слов, каждое из них служит для управления определенным исполнительным органом станка. Последовательная смена кадров обеспечивает постепенную обработку всех участков детали.

На рис. 95 приведена структура одного кадра, в котором программа работы устройства ЧПУ (буквенно-числовой вид 4Е58930Д20056Т10174Ш12С04В00П24Н) записана в такой последовательности: контрольное число, перемещение по оси *X* (адрес *Е*), перемещение по оси *Y* (адрес *Д*), перемещение по оси *Z* (адрес *Т*), технологическая команда (адрес *Ш*), технологическая команда (адрес *С*), технологическая команда (адрес *В*), признак скорости (адрес *П*), конец кадра (адрес *Н*), интервал в две — три строки и далее идет следующий кадр.

Отдельным адресом (*1ЯН*) задается конец программы. После адреса на перфоленте следует вполне определенное для каждого адреса количество строк, на которых записывается числовая информация. Рассмотрим несколько подробней структуру кадра.

Контрольное число вводится для обнаружения допущенных в программе ошибок. Так как контролируется и цифровая и буквенная информация, то для удобства расчетов контрольного числа буквам присваивают числовые эквиваленты: Н—0, Е—1, Д—

2, Т—3, У—4, П—5, Ш—6, С—7, В—8, Я—9, «+»—1, «—» —2, максимальность адреса — 4.

Контрольное число определяется следующим образом: построчно в кадре складывают все цифры и эквиваленты букв; полученную сумму дополняют контрольным числом, превращающим эту сумму в величину, кратную 10.

Перемещение по оси X кодируется адресом Е. Количество строк в адресе равно пяти. Первая строка служит для кодирования направления перемещения («+» — 1, «—» — 2) и признака максимальности адреса (4). Последнее означает, что перемещение по этой координате в кадре наибольшее. Таким образом, цифра 5, стоящая после адреса Е, говорит о том, что адрес максимальный и перемещение идет в направлении знака «+» ($4+1=5$). Следующие четыре строки отведены для кодирования величины перемещения в двоично-десятичном коде. При этом вторая строка имеет вес 10^3, третья 10^2, четвертая 10^1, пятая 10^0. Таким образом, в адресе Е записано число, равное $8\cdot10^3+9\cdot10^2+3\cdot10^1+0\cdot10^0=8930$ дискретным единицам. Каждая дискретная единица соответствует перемещению исполнительного органа на 0,01 мм, т. е. закодированным оказалось перемещение на 89,3 мм.

Аналогично производится кодирование перемещений по оси Y (адрес Д) и Z (адрес Т).

Технологические команды кодируются адресами Ш, С, В. Количество строк в адресе равно двум. По адресу Ш передаются следующие команды: Ш02 — пуск шпинделя, Ш01 — стол шпинделя, Ш10 — включение охлаждения, Ш20 — выключение охлаждения, Ш40 — зажим ползуна, по адресу С — С04 — отжим ползуна.

Команды адреса Ш40, С и В в электросхеме вертикально-фрезерного станка мод. 6Р13Ф3 не используют. Величина подачи задается адресом П, количество строк в адресе равно двум. Для каждой подачи существует свой код. Например, цифры 2 и 4, записанные на перфоленте после адреса соответственно в первой и второй строке, означают, что запрограммирована подача, равная 68 мм/мин. Ускоренные перемещения кодируют командой П40.

Команды, заданные по адресам Ш, С и П, сохраняются до прихода кадра с новыми их значениями.

5. МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ

В промышленности для автоматизации серийного и мелкосерийного производства при обработке сложных, особенно корпусных деталей, все большее применение находят многооперационные (называемые еще обрабатывающими центрами) станки с ЧПУ, в которых программой предусмотрена еще и автоматическая смена инструмента в рабочей позиции.

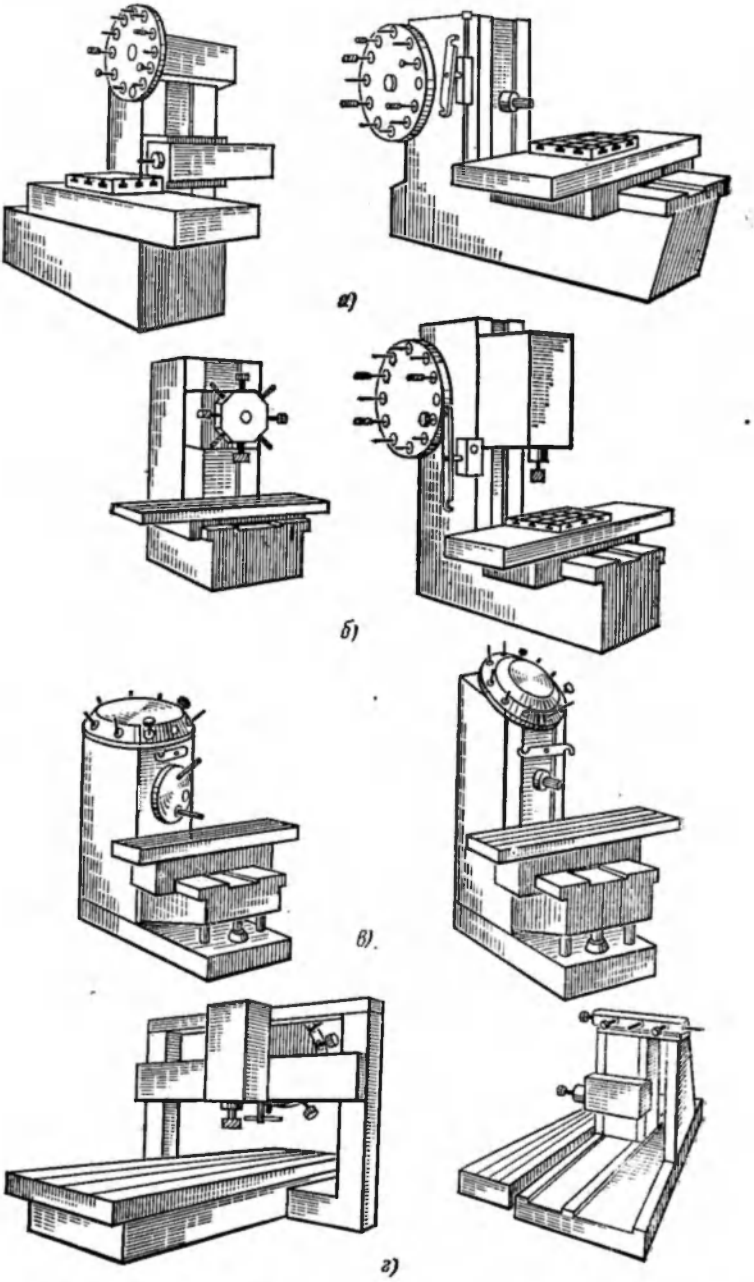


Рис. 96. Схемы компоновок многооперационных станков (обрабатывающих центров)

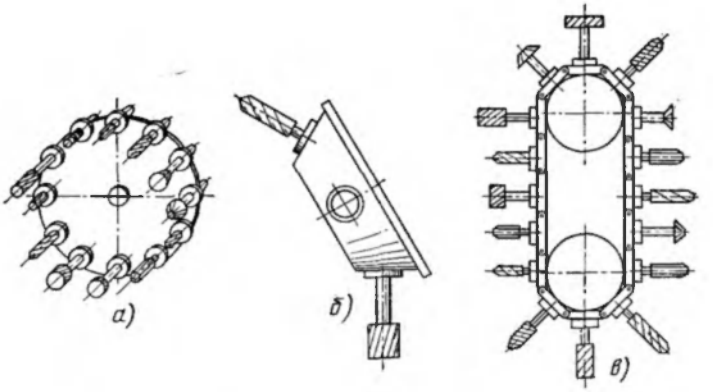


Рис. 97. Магазины инструментов:
а—дисковый; *б*—барабанный; *в*—цепной

В соответствии с технологическим процессом разнообразные инструменты последовательно автоматически вводятся в зону обработки детали, выполняя операции по сверлению, развертыванию, растачиванию, фрезерованию, нарезанию резьбы и др. В результате повышается производительность обработки вследствие резкого сокращения вспомогательного времени; повышается точность обработки, так как деталь обрабатывается от одной базы без перестановки; сокращается время переналадки станка.

Компоновку многооперационных станков выполняют весьма различно, например по типу ранее рассмотренных фрезерных станков (консольных, бесконсольных, продольных и др.) или на базе горизонтально-расточных, вертикально-сверлильных станков. Наиболее часто для многооперационных станков принимают компоновку с горизонтальным расположением шпинделя по типу горизонтально-расточного или бесконсольного горизонтально-фрезерного станка (рис. 96,*а*). Такая компоновка станка удобна для наблюдения за обработкой детали, позволяет применить поворотный стол и обработать деталь с четырех сторон, дает более широкие возможности выбора места установки магазина инструментов на станке.

Компоновку многооперационных станков с вертикальным расположением шпинделя (рис 96,*б*) используют при обработке плоских длинных деталей, чтобы не применять дополнительные приспособления для крепления деталей под углом к столу.

При обработке небольших корпусных деталей, таких, как рычаги вилки и т. п., используют компоновку по типу консольных горизонтально-фрезерных станков (рис. 96, *в*) с поворотными столами.

Для обработки тяжелых деталей в зависимости от их конфи-

гурации и габаритных размеров применяют многооперационные станки с горизонтальным или вертикальным расположением шпинделя, подвижным столом и неподвижной стойкой или неподвижным столом и перемещающейся стойкой (рис. 96,*г*).

Во всех этих случаях станки имеют обычные для рассмотренных ранее фрезерных станков с программным управлением элементы: станины, салазки, столы, стойки, механизмы подач и др. и элементы, наиболее характерные именно для многооперационных станков. В первую очередь, это магазины инструментов, автооператоры (механические руки) для смены инструментов, шпиндельные бабки с устройствами для автоматического зажима инструмента и автоматическим изменением частоты вращения шпинделя.

Магазины инструментов конструктивно выполняют весьма различно, но чаще всего в виде дисков (рис. 97,*а*), барабанов (рис. 97,*б*) и цепные (рис. 97,*в*), которые устанавливают либо вблизи шпинделя (например, на шпиндельной бабке, стойке, столе), либо на значительном расстоянии от него (например, на станине или рядом со станком). В гнезда магазинов инструменты устанавливают вручную. Количество гнезд в магазине в зависимости от назначения и конструкции магазина колеблется в широких пределах (от 5 до 100 и более гнезд). Порядок расположения инструментов в магазине может быть различным, например в такой последовательности, как это требуется по технологии обработки детали. Однако при этом иногда нельзя в течение цикла повторно использовать инструмент, т. е. приходится при необходимости устанавливать в магазине несколько одинаковых инструментов. Кроме того, инструменты после использования последовательно смещаются в магазине на шаг (каждый предыдущий инструмент занимает место последующего), что необходимо учитывать при обслуживании станка.

Эти недостатки можно устранить кодированием, которое позволяет автоматизировать извлечение инструмента из магазина в любой последовательности, в том числе и повторно. Для этого кодируют либо гнезда в магазине, либо оправки с инструментом, который с помощью специальных кодовых колец устанавливают на оправке. Кодирование оправок имеет по сравнению с кодированием гнезд следующие преимущества: инструмент в магазине можно располагать в любой последовательности; инструмент возвращается из шпинделя в любое свободное гнездо магазина; при смене инструмента магазин совершает поворот на необходимый угол только один раз; простота обслуживания магазина, так как инструмент можно установить в любое гнездо.

Устройства для автоматической смены инструментов можно разделить на две группы: без автооператора и с автооператором.

В устройстве без автооператора между магазином и шпинделем станка нет промежуточного звена. При этом смену инструмента можно производить различным образом. Например, по схе-

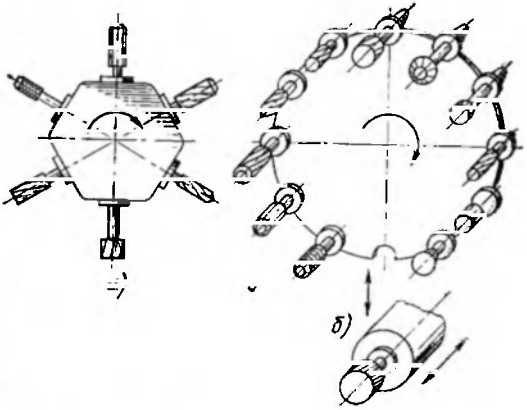


Рис. 98. Схемы устройств для смены инструмента без автооператора с использованием:

а—револьверной головки; *б*—дискового магазина

ме рис. 98,*а* смена инструмента осуществляется с помощью магазина, который выполнен в виде револьверной головки. Инструменты заранее вручную устанавливают и закрепляют в шпинделях револьверной головки, а последовательный ввод инструмента в рабочую позицию производится автоматически при периодическом повороте головки. Такое устройство просто и надежно, но в нем ограничено количество устанавливаемых инструментов (5—8 шт.) по конструктивным соображениям и из-за возможности упора в заготовку неработающих шпинделей.

На рис. 98,*б* показан магазин инструментов в форме диска, в котором по окружности установлено большое количество (до 100 и более) справок с инструментами. Магазин монтируют не на шпиндельной бабке, а на стойке станка. Для смены инструмента магазин перемещается таким образом, чтобы свободное гнездо магазина расположилось против шпинделя, который, смещаясь вдоль оси, устанавливает в это гнездо отработавший инструмент и отходит назад. Магазин поворачивается, располагая против шпинделя следующий инструмент, шпиндель перемещается в осевом направлении к магазину, захватывает оправку с инструментом и отводится назад, а магазин возвращается в первоначальное положение. Обычно в таких устройствах для смены инструмента радиальное перемещение, как и в рассмотренном случае, сообщается магазину, а не шпинделю, чтобы не терять точность координатной установки шпинделя. Затраты времени на смену инструмента относительно велики, так как поиск следующего инструмента происходит только после освобождения шпинделя от предыдущего инструмента.

Широкое применение в многооперационных станках получила смена инструмента с помощью автооператоров — устройств для переноса инструмента из магазина в шпиндель и обратно. По количеству захватов автооператоры делят на одно-, двух- и многозахватные.

На рис. 99,*а* приведена схема устройства для автоматической смены инструмента с помощью двухзахватного автооператора. Работает устройство следующим образом. Во время обработки

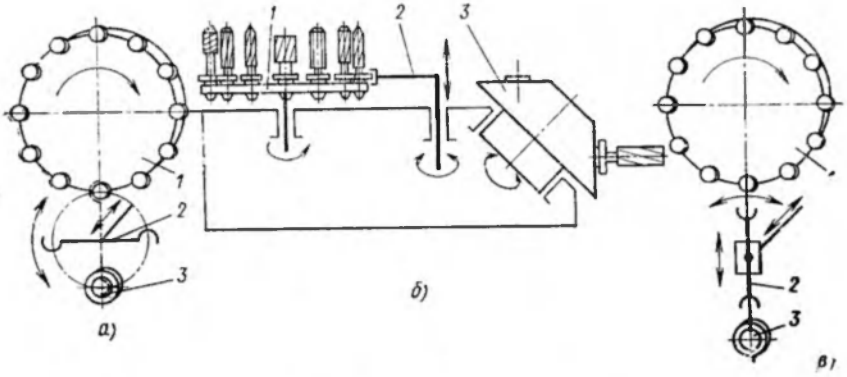


Рис. 99. Схема устройств для смены инструмента из магазина с помощью автооператора

детали на станке магазин *1* поворачивается и устанавливает следующий инструмент в положение загрузки — разгрузки. Как только предыдущий инструмент закончит работу, шпиндель *3* перемещается вдоль оси в положение разгрузки — загрузки. Автооператор *2* из исходного положения поворачивается на 90° и захватывает инструменты из магазина и шпинделя, затем перемещается в осевом направлении, вынимает инструменты из своих гнезд и, поворачиваясь на 180°, меняет инструменты местами. Далее автооператор перемещается вдоль оси в обратном направлении, устанавливает следующий инструмент в шпиндель, а отработавший в гнездо магазина и возвращается в исходное положение. Время на смену инструмента составляет 5—6 с.

При однозахватном автооператоре время на смену инструмента увеличивается, так как автооператор сначала должен перенести отработавший инструмент в магазин и только после этого подать следующий инструмент из магазина к шпинделю. Однозахватные автооператоры применяют обычно в таких конструкциях многооперационных станков, где смену инструмента производят комбинированным методом, т. е. когда наряду с инструментальным магазином *1* (рис. 99,*б*) имеется, например, двухшпиндельная револьверная головка *3*. В этом случае автооператор *2* меняет инструмент в неработающем шпинделе, в то время как другой шпиндель обрабатывает деталь.

При значительном удалении магазина инструментов от шпинделя (по конструктивным соображениям) автооператор выполняет также функции транспортного механизма (рис. 99,*в*). Захват и извлечение автооператором следующего инструмента из магазина *1* происходит в процессе обработки детали. Для этого автооператор *2* перемещается вверх, захватывает инструмент в магазине, сдвигается в направлении, параллельном оси шпинделя *3*, извлекая инструмент из магазина, и возвращается в исходную

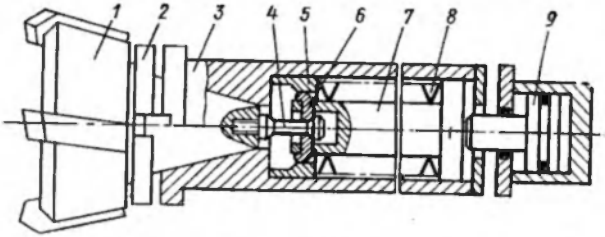


Рис. 100. Схема устройства для автоматического зажима инструмента в шпинделе станка

позицию. По окончании обработки детали шпиндель возвращается в положение разгрузки — загрузки. Автооператор перемещается вниз, захватывает отработавший инструмент, извлекает его из шпинделя и, поворачиваясь на 180°, располагает против шпинделя следующий инструмент. Смещаясь вдоль оси, автооператор досылает инструмент в шпиндель, после чего выполняет все движения, необходимые для возврата отработавшего инструмента в магазин и извлечения из магазина следующего инструмента.

Автоматизация зажима инструмента в шпинделе многооперационного станка требуется в связи с последовательной загрузкой и разгрузкой инструмента по команде с пульта программного управления. Имеется много конструкций, позволяющих автоматизировать зажим инструмента в шпинделе станка, одна из них показана на рис. 100.

Зажим и освобождение инструмента происходит следующим образом. Перед установкой в шпиндель *3* станка оправки *2* с инструментом *1* подается команда на перемещение поршня *9* гидроцилиндра. Поршень перемещается влево, сжимает тарельчатые пружины *8* и смещает тягу *7* таким образом, что сухари *6*, установленные в отверстиях тяги, располагаются против большего внутреннего диаметра втулки *5*. Теперь фрезерная оправка с ввернутым в нее штифтом *4* вводится в шпиндель. Коническая головка штифта раздвигает сухари и проходит за них вправо. После этого подача масла в гидроцилиндр прекращается и тарельчатые пружины, разжимаясь, перемещают тягу вправо. При этом коническая поверхность втулки воздействует на скосы сухарей, которые, перемещаясь к центру, охватывают головку штифта, фиксируются в этом положении, и при дальнейшем перемещении тяги закрепляют оправку с инструментом в шпинделе. При освобождении оправки из шпинделя поршень по команде перемещается влево, сжимает тарельчатые пружины, перемещает тягу с сухарями, которые, оказавшись против большего внутреннего диаметра втулки, уже не удерживают коническую головку штифта; тяга, продолжая движение влево, нажимает на штифт и выталкивает оправку примерно на 2 мм.

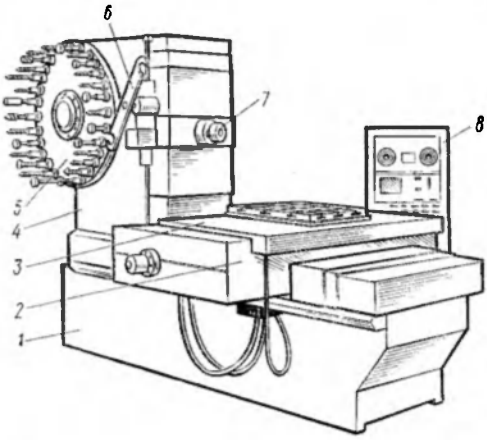


Рис. 101. Горизонтальный фрезерно-сверлильно-расточной станок мод. 6906ВМФ2:

1—станина; 2—салазки; 3—стол; 4—стойка; 5—инструментальный магазин; 6—автооператор; 7—шпиндельная бабка; 8—пульт управления

Преимущества многооперационных станков проявляются еще в большей мере, когда станки оснащают прецизионными поворотными приспособлениями, позволяющими обрабатывать деталь с нескольких сторон, дополнительными загрузочными позициями и автоматическими загрузочными устройствами, сокращающими время смены заготовки. Так, например, для обработки заготовки с нескольких сторон без снятия и перебазирования ее на станке, применяют поворотные столы с приспособлениями для закрепления заготовок. Для сокращения вспомогательного времени на смену заготовок применяют многопозиционные поворотные приспособления, предзагрузочные устройства-спутники, специальные загрузочные устройства с автооператорами, практикуют закрепление следующей заготовки на другом конце стола, в то время как предыдущая заготовка еще обрабатывается (иногда в этом случае делают стол станка поворотным или конструируют станок с двумя столами).

На рис. 101 приведена конструкция многооперационного станка фрезерно-сверлильно-расточного мод. 6906ВМФ2 с ЧПУ и инструментальным магазином. Станок предназначен для комплексной обработки корпусных деталей среднего размера с четырех сторон без перестановки на станке (фрезерования, растачивания, сверления, зенкерования, развертывания и нарезания резьбы метчиками). Стол станка может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях и периодически поворачиваться на 90° вокруг вертикальной оси. Шпиндельная бабка перемещается по вертикали.

На станке программируются перемещения стола, шпиндельной головки и гильзы шпинделя, скорость этих перемещений, частота вращения шпинделя, смена инструментов, зажим подвижных органов и цикл обработки. Программоносителем служит перфолента.

Выбор очередного инструмента из магазина производится во время обработки детали на станке. По сигналу из узла управления магазин (рис. 102) поворачивается и располагает следующий инструмент против двухзахватной механической руки автоопера-

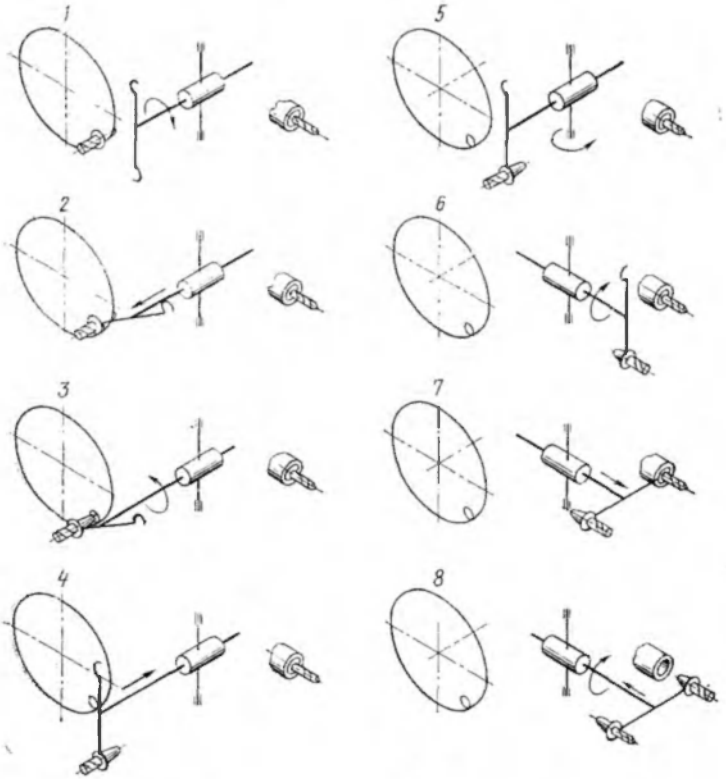


Рис. 102. Схема работы автооператора на станке мод. 6906ВМФ2

тора (позиция *1*), рука поворачивается вокруг горизонтальной оси, захватывает инструмент, при осевом перемещении извлекает его из магазина (позиция *2*) и, поворачиваясь (позиция *3*) и сдвигаясь (позиция *4*) вдоль оси в противоположном направлении, занимает первоначальное положение. Теперь автооператор (позиция *5*) поворачивается на 90° вокруг вертикали, располагая ось инструмента параллельно оси шпинделя (позиция *6*). В этой позиции, называемой позицией ожидания, автооператор останавливается до прихода шпиндельной головки и пиноли шпинделя в крайнее верхнее положение, в котором происходит отжим отработавшего инструмента. После этого механическая рука захватывает в шпинделе инструмент, при осевом движении извлекает его из шпинделя (позиция *7*), поворотом на 180° меняет местами инструменты (позиция *8*), располагая против оси шпинделя следующий инструмент, и осевым движением устанавливает его в шпиндель, где он зажимается. Совершая движение

в обратной последовательности, механическая рука переносит отработавший инструмент в свое гнездо магазина.

Производительность станка в 4,2 раза превышает производительность обработки на универсальных станках без числового программного управления.

На рис. 103 изображен многооперационный станок с несколько иным расположением инструментального магазина *1*, чем у станка, показанного на рис. 101. Стол *6* станка может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях и периодически поворачиваться на 90°. Шпиндельная бабка *4* перемещается по вертикали.

Во время выполнения очередной операции на станке осуществляются движения для выбора из магазина следующего инструмента — магазин поворачивается и располагает очередной инструмент против механической руки, которая его захватывает и вынимает из гнезда. По сигналу из узла управления автооператор *2* опускается вниз, инструмент вынимается из шпинделя, механическая рука поворачивается на 180°, в шпиндель вставляется новый инструмент, где он автоматически зажимается, а предыдущий возвращается в магазин на его прежнее место.

Другим представителем многооперационных станков может служить вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6Р13РФ3 с ЧПУ и револьверной головкой (рис. 104). Станок предназначен для многооперационной обработки деталей сложного профиля. На станке за одну установку детали выполняются операции сверления, зенкерования, развертывания и фрезерования.

Инструментальный магазин *1* выполнен в виде пятишпиндельной револьверной головки, поэтому автооператор отсутствует. Один из пяти шпинделей револьверной головки предназначен для закрепления торцовых фрез диаметром до 125 мм и концевых фрез диаметром до 50 мм. В остальные шпиндели рекомендуется устанавливать фрезы, сверла, зенкеры, развертки меньшего диаметра. Инструмент в шпинделях револьверной головки устанавливают и закрепляют вручную.

Перемещения узлов станка, скорости этих перемещений, цикл обработки детали, смена инструмента и изменение частоты вращения шпинделя производится по программе, записанной на перфоленте. По сигналу из узла управления *4* консоль *3* со столом *2* спускается вниз, револьверная головка поворачивается на угол, необходимый для установки в рабочую позицию очередного инструмента. После этого консоль со столом поднимается вверх и инструмент попадает в зону резания.

Применение многооперационных станков позволяет существенно повысить производительность и точность обработки корпусных деталей, для которых необходимо последовательное применение разнообразного режущего инструмента.

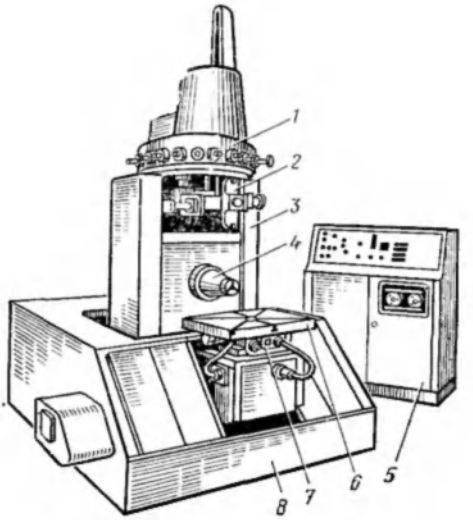


Рис. 103. Многооперационный станок:

1—инструментальный магазин; *2*—автооператор; *3*—стойка; *4*—шпиндельная бабка; *5*—пульт управления; *6*—стол; *7*—салазки; *8*—станина

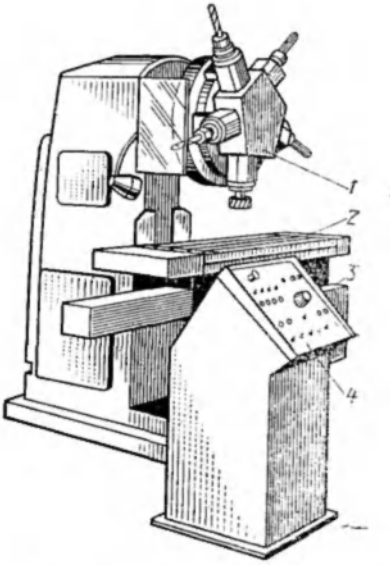


Рис. 104. Вертикально-фрезерный станок мод. 6Р13РФ3

При обработке на данном станке значительно сокращается вспомогательное время, так как смена инструмента в рабочей позиции происходит очень быстро.

6. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Одна из основных тенденций развития фрезерных станков, как и всего станкостроения, характеризуется повышением производительности станков за счет роста уровня автоматизации и механизации, расширения технологических возможностей станка путем оснащения его различными накладными приспособлениями, внедрения более качественного инструмента, позволяющего повысить верхний предел частот вращений и подач. Повышаются качество и долговечность станков при закалке направляющих, применении стальных каленых накладных направляющих, направляющих качения, винтовых пар качения и защитных устройств; повышается геометрическая точность станков и обрабатываемых на них деталей, уровень унификации отдельных узлов и станков; увеличивается выпуск станков с программным управлением. Рассмотрим эти тенденции применительно к конкретным типам фрезерных станков.

В консольно-фрезерных станках повышение точности достигают увеличением жесткости при точном изготовлении узлов и де-

талей, оснащении механизмами точного отсчета перемещений (лимбами с нониусами, оптическими лупами и т. п.). Долговечность и качество станков повышается при закалке чугунных направляющих или установкой каленых стальных накладных направляющих, применением закаленных шлифовальных зубчатых колес, устройств для выборки зазоров в передачах винт — гайка, централизованной системы смазки, хорошей защиты трущихся пар от загрязнения и др. Рост производительности обеспечивается за счет увеличения мощности главного привода, расширения диапазона регулирования скоростей и подач, повышения скорости быстрых перемещений, автоматизации цикла обработки, механизации зажима инструмента и заготовок, применения различных приспособлений, расширяющих технологические возможности станков, повышающих точность обработки и облегчающих обслуживание станков. При проектировании станков широко внедряют унификацию узлов и механизмов, что позволяет на базе основной модели создавать целую гамму консольно-фрезерных станков универсальных, широкоуниверсальных повышенной точности, копировальных и станков с программным управлением.

Так, например, в бесконсольных фрезерных станках находят применение в приводе главного движения электродвигатели постоянного тока в сочетании с двух-трехскоростными зубчатыми передачами. В продольно-фрезерных станках расширяется модификация фрезерных бабок по мощности и конструктивному исполнению (быстроходные, упрощенные, универсальные и специальные); применяют фрезерные бабки в виде ползуна (без гильз), чем обеспечивается повышенная точность узла, так как при такой конструкции бабки легко устранить зазоры в подвижном стыке. Кроме того, ползунковая конструкция бабки позволяет создавать фрезерно-сверлильно-расточные станки, копировальные и станки с программным управлением. Перемещение ползунов и салазок каждого суппорта продольно-фрезерного станка осуществляется от отдельного независимого привода. Все чаще появляются одностоечные продольно-фрезерные станки с одной вертикальной или горизонтальной ползунковой бабкой и набором навесных головок и удлинителей, позволяющих с одной установки обработать деталь с пяти сторон. Станки снабжают специальными устройствами для подачи навесных узлов к шпинделю и механизации их закрепления.

Получают распространение продольно-фрезерные станки, у которых подвижна стойка и даже портал с фрезерной бабкой, а стол, являющийся станиной, неподвижен. При такой конструкции станка уменьшается занимаемая им площадь.

Разрабатывают гамму копировально-фрезерных станков с единым решением по конструкции и системе управления. На их базе создают станки с программным управлением. Выпускают шпоночно-фрезерные станки, работающие с немерным инструментом. Требуемую ширину шпоночного паза получают фрезой

меньшего, чем ширина паза, диаметра при сообщении фрезе колебательного движения в направлении, поперечном пазу.

Все более широкое распространение получают фрезерные станки с программным управлением, позволяющие автоматизировать мелкосерийное и даже единичное производство, изготовлять детали сложной формы без предварительного изготовления шаблонов, копиров и т. п., сократить время производственного цикла, повысить точность изготовления деталей, уменьшить затраты времени на контроль деталей. Дальнейшим развитием станков с программным управлением являются многооперационные станки, на которых производится комплексная последовательная обработка детали различными инструментами: фрезами, сверлами, развертками, метчиками и др. При этом каждый последующий инструмент автоматически вводится в рабочую зону либо с помощью револьверной головки, либо с помощью механической руки, которая берет инструмент из специального магазина. Время обработки детали сокращается, так как не требуется переставлять и транспортировать деталь от станка к станку. Повышается точность изготовления детали в связи с использованием одной базы, сокращается количество приспособлений. Все чаще эти станки оснащают поворотными приспособлениями для обработки деталей с разных сторон. Принципиально новыми средствами, которыми начинают оснащать станки, являются промышленные роботы — универсальные быстропереналаживаемые манипуляторы с программным управлением, позволяющие механизировать и автоматизировать ручной труд на основных и вспомогательных операциях, например на операции загрузки — разгрузки станка.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

При работе на фрезерных станках применяется большое количество различных приспособлений. Они служат для установки и закрепления заготовок и инструмента, а также для расширения технологических возможностей фрезерных станков.

Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках — это различного рода прихваты, доставки, угловые плиты, призмы, машинные тиски, столы и другие инструменты, механизирующие и автоматизирующие закрепление заготовок и тем самым сокращающие вспомогательное время.

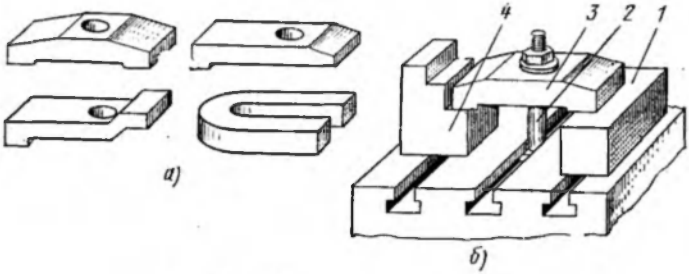


Рис. 105. Прихваты и подставки

Прихваты (рис. 105,*а*) используют для закрепления заготовок *1* или каких-либо приспособлений непосредственно на столе станка с помощью болтов *2*. Нередко один из концов прихвата *3* опирается на подставку *4* (рис. 105,*б*).

При обработке заготовок, у которых необходимо получить плоскости, расположенные под углом, применяют угловые плиты: обычные (рис. 106,*а*) и универсальные, допускающие поворот вокруг одной (рис. 106,*б*) или двух осей (рис. 106,*в*).

Машинные тиски могут быть простыми неповоротными (рис. 107,*а*), поворотными (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 107,*б*), универсальными (поворот вокруг двух осей, рис. 107,*в*) и специальными (например, для закрепления валов, рис. 107,*г*): с ручным, пневматическим, гидравлическим или пневмогидравлическим приводом.

Гидравлические самоцентрирующие поворотные тиски (рис. 108) состоят из основания *4*, поворотной части *5* и губок *6*. В основании смонтированы цилиндр и поршень *3*. При подаче масла в верхнюю полость цилиндра поршень перемещается вниз и поворачивает двуплечие рычаги *1* и *2*, которые через винты *7* и *8* сдвигают губки, зажимая деталь. Для разжима заготовки масло подается в нижнюю полость цилиндра. Предварительную настройку губок выполняют вращением винтов за квадратный хвостовик *9*.

Столы для установки и закрепления деталей бывают неповоротными и поворотными, с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим приводами.

На рис. 109,*а* показан неповоротный стол с диафрагменным пневмоприводом, который встроен в основание *1* стола. Диафрагма *2* связана со штоком *3*. В шток ввинчивают сменные тяги или толкатели, которыми зажимаются заготовки при подаче воздуха через поворотный кран *4* в полость пневмокамеры. На рис. 109,*б* изображен поворотный стол, который может быть выполнен с гидравлическим или с диафрагменным пневматическим приводом для закрепления заготовок. Поворот стола *2* осуществляют вручную штурвалом *1* через червячную пару, вмонтиро-

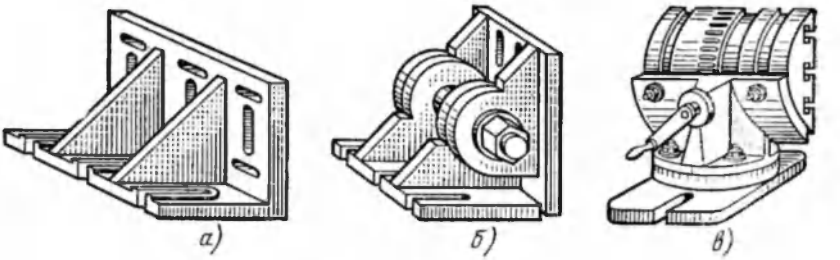


Рис. 106. Угловые плиты

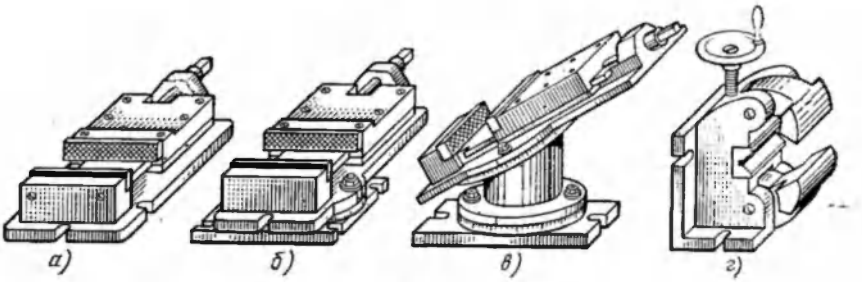


Рис. 107. Машинные тиски

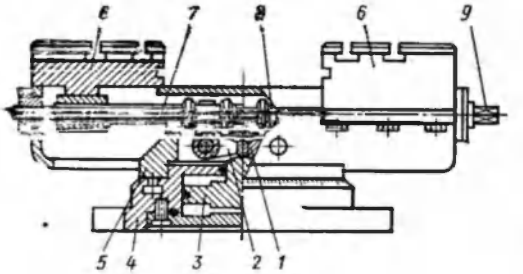
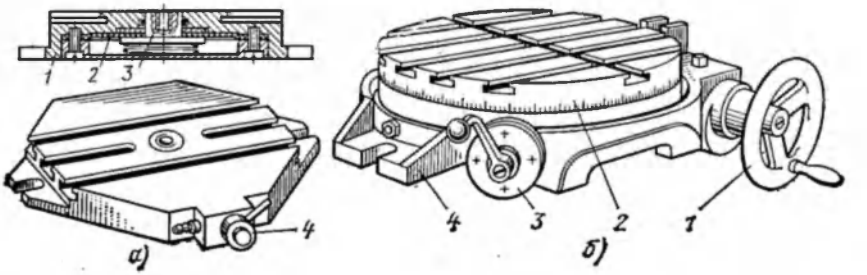


Рис. 108. Гидравлические поворотные тиски

Рис. 109. Столы:

а — неповоротный; б — поворотный



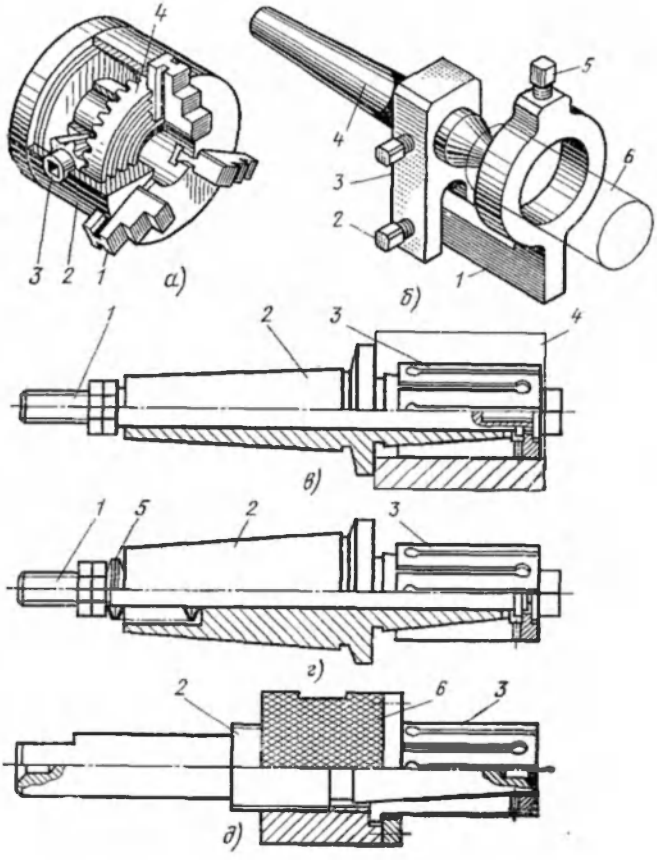


Рис. 110. Патроны:

а—кулачковый; *б*—поводковый; *г, д, е*—цанговые

ванную в основание *4* стола. Пневмокраном *3* управляют операциями зажима и отжима заготовки на столе.

Поворотные столы позволяют обрабатывать на станке фасонные поверхности деталей, а также применять метод непрерывного фрезерования, когда во время обработки одной детали другие (готовые) снимаются и на их место устанавливаются новые заготовки. При этом столу может сообщаться непрерывное вращение от отдельного привода или от привода станка.

Закрепление заготовки в цанговых оправках показано на рис. 110,*в*—*д*. Цанга *3* представляет собой пружинящую втулку, ориентирующую обрабатываемую деталь *4* по ее геометрической оси, и установлена на конической части оправки *2*. Надвигание цанги на корпус приводит к увеличению ее диаметра и закреплению заготовки. Надвигание цанги на корпус может быть осуществле-

но, например, с помощью резьбовой тяги *1* (рис. 110,*в*), к которой приложена осевая сила от гидравлической, пневматической или механической системы. Зажим может осуществляться с помощью встроенных тарельчатых пружин *5* (рис. 110,*г*), тогда для освобождения заготовки нажимают на тягу *1*. На рис. 110,*а* показано смещение цанги с помощью опирающейся в ее буртик гайки *6*. Набор цанг позволяет закреплять детали с разными размерами отверстий. Цанговые оправки устанавливают либо в центрах, либо, если они имеют конический хвостовик, в шпиндель приспособления.

Нередко на фрезерных станках для закрепления заготовок, имеющих цилиндрические поверхности, используют кулачковые и поводковые патроны, а также цанговые зажимы. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон показан на рис. 110,*а*. В корпусе *2* патрона смонтированы кулачки *1* и два конических зубчатых колеса *3* и *4*. Зубчатое колесо *4* имеет на торце спиральную резьбу, которая входит своими выступами в соответствующие впадины кулачков. При вращении торцовым ключом зубчатого колеса *3* движение передается зубчатому колесу *4*, которое своей торцовой резьбой перемещает одновременно все три кулачка в радиальных пазах корпуса, зажимая или освобождая заготовку.

Крепление заготовки в центрах с использованием поводкового патрона показано на рис. 110,*б*. На шпиндель *4*, например, делительной головки надевают поводок *3*, в паз которого вставляют и закрепляют винтами *2* отогнутый конец хомутика *1*. Хомутик надет на конец заготовки *6* и закреплен винтом *5*. Таким образом, при вращении шпинделя движение передается через поводок и хомутик заготовке.

Значительное сокращение вспомогательного времени и повышение производительности труда при фрезеровании достигают при применении механизированных и автоматизированных зажимных приспособлений, которые в условиях крупносерийного производства нередко используют вместе с загрузочными устройствами в виде бункеров и магазинов.

Автоматическое приспособление с магазинной загрузкой и пневматическим закреплением детали, показанное на рис. 111, применяют на консольно-фрезерных станках с автоматическим циклом работы при обработке лысок и пазов у цилиндрических деталей. Зажимное приспособление *1* устанавливают на столе *15* станка, а магазинное устройство *14* и кулачок *2* на салазках *16*. При движении стола влево зажимное приспособление подходит к магазину *8*, копир *13* через ролик *12* отводит шибер *10* вправо и заготовка из магазина поступает в приемник *9*. Стол продолжает движение влево, ролик *12* соскакивает с копира *13* и шибер под действием пружины *11* посылает заготовку в рабочее положение. В это же время кулачок *2* открывает кран *3*, воздух поступает в полость цилиндра *4* и перемещает поршень *5*, шток которого, действуя через рычаг *6*, зажимает заготовку. После это-

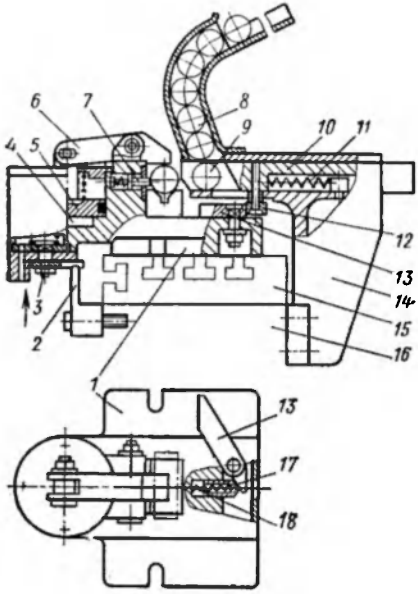


Рис. 111. Автоматическое приспособление с магазинной загрузкой

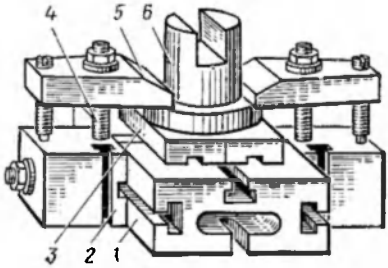


Рис. 112. Универсально-сборное приспособление:

1—базовая плита; *2*—опора; *3*—установочная планка; *4*—крепежный болт; *5*—прихват; *6*—обрабатываемая заготовка

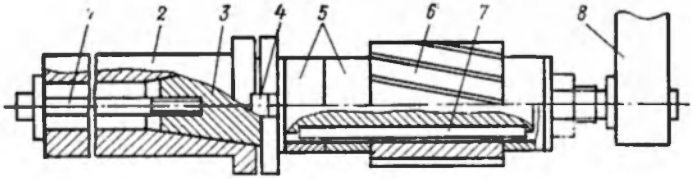


Рис. 113. Установка цилиндрической фрезы на оправке

го стол начинает движение вправо: фрезеруется заготовка, копир сначала отводится в сторону роликом, а затем после его прохода возвращается пружиной *18* через толкатель *17* в первоначальное положение. В конце рабочего хода стола другой кулачок переключает кран *3*, поршень *5* идет вниз, заготовка отжимается и сбрасывается толкателем *7*. Далее процесс повторяется.

При работе на фрезерных станках для закрепления заготовок широко применяют универсально-сборные приспособления (УСП), которые собирают из готовых нормализованных взаимозаменяемых деталей (рис. 112). После обработки на станке партии заготовок такое приспособление разбирают и из его деталей конструируют новые приспособления. Универсально-сборные приспособления позволяют значительно сократить сроки на проектирование и изготовление устройств, необходимых для закрепления заготовок, что особенно важно при единичном и мелкосерийном производстве.

2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ФРЕЗ

Фрезы закрепляют на оправках и в патронах, которые, в свою очередь, различным образом крепят в шпинделе станка.

На рис. 113 показана установка цилиндрической насадной фрезы на оправке. Положение фрезы *6* на оправке *3* регулируется простановочными кольцами *5*. Фреза и оправка связаны шпонкой *7*. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в аналогичное отверстие шпинделя *2* станка и затягивают шомполом *1*. Чтобы оправка не проворачивалась, в шпиндель устанавливают сухари *4*, которые входят в пазы шпинделя и фланца оправки. Если оправка длинная, то другой ее конец поддерживается подвеской *8*, установленной на хоботе станка.

Торцовые насадные фрезы можно устанавливать на оправках или непосредственно на шпинделе станка.

При установке на оправке посадочное отверстие фрезы может быть цилиндрическим, тогда фрезу *1* крепят на оправке *5* шпонкой *3* и винтом *2* (рис. 114,*а*) или переходным фланцем *8* и винтом *2* (рис. 114,*б*); коническим, тогда для крепления используют вкладыш *9* и винт *2* (рис. 114,*в*). Оправку закрепляют в шпинделе *6* станка шомполом *7*.

Непосредственная установка торцовой фрезы на шпиндель показана на рис. 114,*г*. Фрезу цилиндрическим пояском надевают на шпиндель *6* станка и притягивают винтами *10*. Крутящий момент от шпинделя к фрезе передается торцовой шпонкой *4*.

Концевые фрезы выпускают с коническим и цилиндрическим хвостовиками. Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель *5* станка (рис. 115,*а*), используя переходные втулки *2*, внутренний конус которых соответствует конусу хвостовика инструмента *1*, а наружный конус — конусу шпинделя. Фрезу в

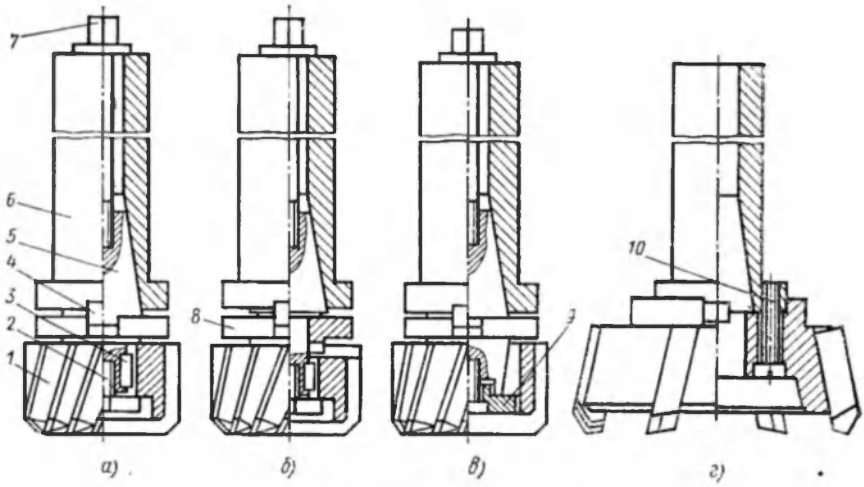


Рис. 114. Установка торцовых насадных фрез

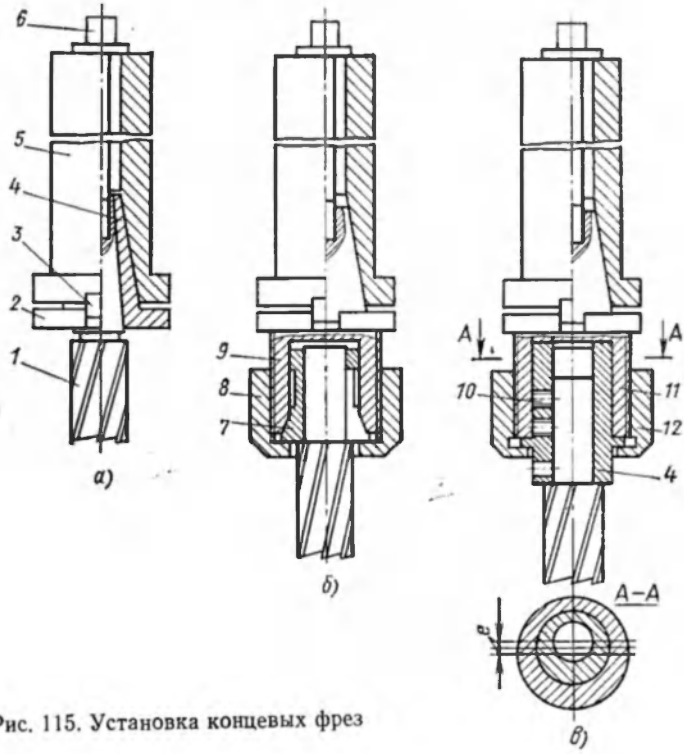


Рис. 115. Установка концевых фрез

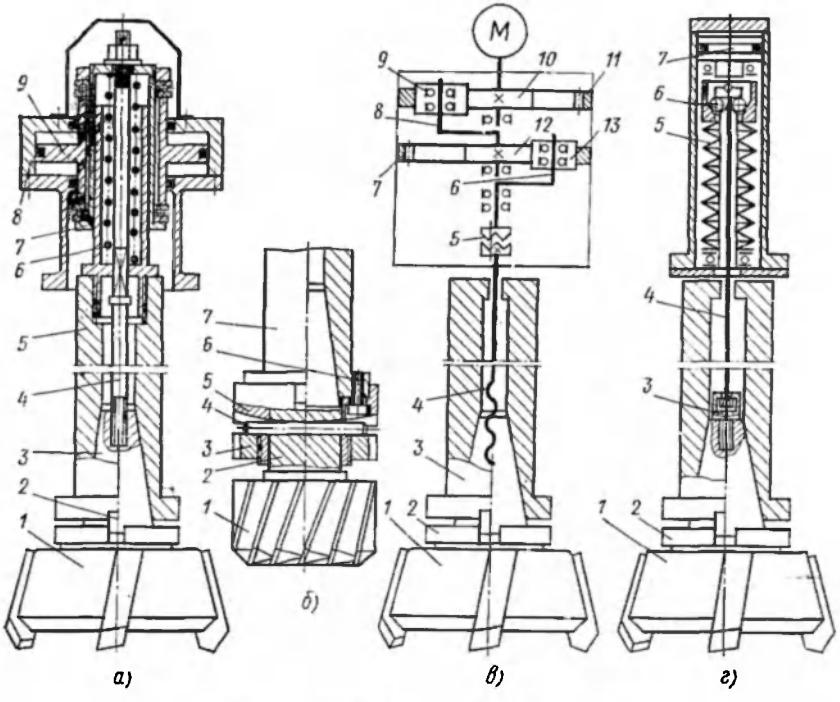


Рис. 115. Закрепление фрез в шпинделе станка

шпинделе закрепляют шомполом *6*. Торцовая шпонка *3* передает крутящий момент от шпинделя к переходной втулке, а от нее к фрезе.

Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне, который коническим хвостовиком вставляют в шпиндель станка. Конструкция одного из таких патронов показана на рис. 115,*б*. Фрезу устанавливают в цангу *7* и гайкой *8* закрепляют в корпусе патрона *9*.

При фрезеровании пазов, точных по ширине, изношенными фрезами удобно использовать патрон (рис. 115,*в*) с регулируемым эксцентриситетом. Фрезу закрепляют винтами *10* во втулке *4*, которую, в свою очередь, устанавливают в корпус *11* и затягивают колпачковой гайкой *12*. Так как отверстие в корпусе смещено по отношению к оси вращения патрона, а отверстие для фрезы во втулке не совпадает с осью втулки, то поворотом втулки можно смещать ось фрезы относительно оси ее вращения, изменяя ширину фрезеруемого паза.

Во фрезерных станках значительные затраты времени связаны с затяжкой шомпола при креплении инструмента. Для сокра-

щения этих непроизводительных затрат применяют различные быстродействующие зажимные приспособления.

Приспособление для затяжки шомпола (рис. 116,*а*) состоит из пневмокамеры *8*, поршня *9*, стакана *7*, винтовой пружины *6* и шомпола *4*. Воздух из сети подается в верхнюю полость пневмоцилиндра, поршень со стаканом и шомполом опускаются вниз, сжимая пружину. Фрезу *1* на оправке *3* вставляют в шпиндель *5* станка, оправку навинчивают на резьбовой конец шомпола так, чтобы в конце завинчивания паз на фланце оправки совпал с торцовой шпонкой *2* на шпинделе. После этого выпускается воздух из цилиндра, и пружина через шомпол затягивает оправку в шпинделе станка. Для освобождения оправки из шпинделя воздух из сети снова подается в пневмоцилиндр. Приспособление устанавливают на торце шпиндельной бабки.

На рис. 116,*г* изображен механизм зажима инструмента, в котором для затяжки шомпола *4* используют набор тарельчатых пружин *5*, а для освобождения инструмента — гидроцилиндр с поршнем *7*. Установку и зажим инструмента в шпинделе станка производят в такой последовательности. На пульте управления станком включают тумблер «Отжим инструмента», поршень *7* опускается вниз, сжимает пружины и опускает шомпол вниз. Оправку *2* с фрезой *1* вводят в шпиндель так, чтобы пазы на оправке расположились под углом 90° к шипам на шпинделе, а Т-образный конец шомпола вошел в захват *3* оправки. После этого оправку поворачивают до совпадения ее пазов и шипов на шпинделе, включают тумблер в положение «Зажим инструмента», тарельчатые пружины разжимаются и через шариковое устройство *6* перемещают шомпол вверх, закрепляя инструмент в шпинделе станка. Такой механизм зажима инструмента установлен на консольном вертикально-фрезерном станке с ЧПУ мод. 6Р13Ф3.

На рис. 116,*б* показано крепление оправки *2* с фрезой *1* без применения шомпола. Для этого к торцу шпинделя *7* крепят винтами *6* резьбовой фланец *5* с гайкой *3*. Во фланце перпендикулярно его оси просверлено отверстие. Оправка имеет конусное отверстие, перпендикулярное ее оси.

Оправку с фрезой помещают коническим хвостовиком в шпиндель, а в совпавшие отверстия фланца и оправки вставляют пружинящий штифт *4*, который при вращении гайки *3* затягивает конус оправки в шпиндель.

Принципиальная схема закрепления оправки с фрезой в шпинделе станка шомполом, приводимым в действие от электродвигателя через планетарный редуктор, показан на рис. 116,*в*.

Планетарный редуктор состоит из двух центральных зубчатых колес *10* и *12*, одно из которых установлено на валу электродвигателя *4*, другое — на конце водила *8*; двух планетарных колес *9* и *13* на водилах *6* и *8*; двух неподвижных зубчатых колес *7* и *11* в корпусе редуктора. Водило *6* соединено с шомполом

4 кулачковой муфтой *5*. Электродвигатель через зубчатое колесо *10* передает движение планетарному колесу *9*, которое, обкатываясь по неподвижному колесу *11*, поворачивает водило *8* и зубчатое колесо *12*. Далее движение передается на зубчатое колесо *13*, водило *6*, муфту *5* и шомпол *4*. Зажим и отжим оправки в шпинделе производят реверсированием электродвигателя. Такое устройство смонтировано на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ мод. 654Ф-3.

3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РАСШИРЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

К приспособлениям, расширяющим технологические возможности фрезерных станков, относятся круглые поворотные столы, делительные головки и другие специальные устройства, одни из которых не изменяют основного назначения фрезерного станка, а другие изменяют характер выполняемых на фрезерном станке операций.

Круглые поворотные столы применяют для обработки фасонных поверхностей на фрезерных станках. Заготовку закрепляют на столе, где она может поворачиваться непрерывно или периодически от ручного, механического, гидравлического, пневматического или электрического привода. Иногда стол снабжают встроенным пневматическим или гидравлическим устройством для зажима заготовки (см. рис. 109,*б*). Механический привод вращения круглого поворотного стола показан на рис. 117. Движение для вращения круглого стола *1* снимается с ходового винта *6*, продольной подачи стола *3* консольно-фрезерного станка через сменные зубчатые колеса *5* в корпусе *4* и карданный вал *2*.

Конструкция круглого стола, позволяющая выполнять только периодическое деление, показана на рис. 118,*а*. Стол состоит из основания *3*, планшайбы *4*, сменного делительного диска *7* и фиксатора *6*. При необходимости повернуть заготовку фиксатор вы-

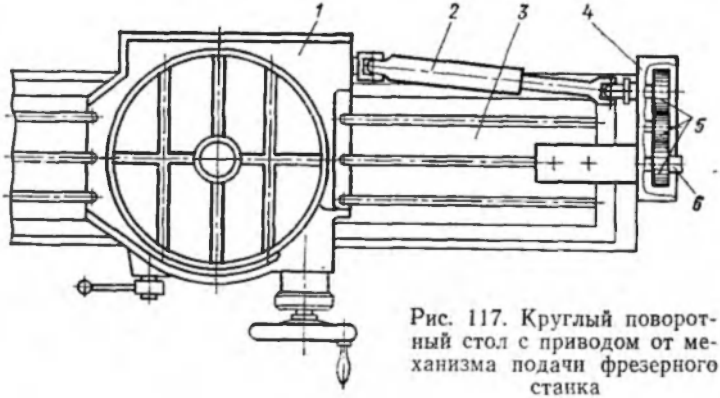


Рис. 117. Круглый поворотный стол с приводом от механизма подачи фрезерного станка

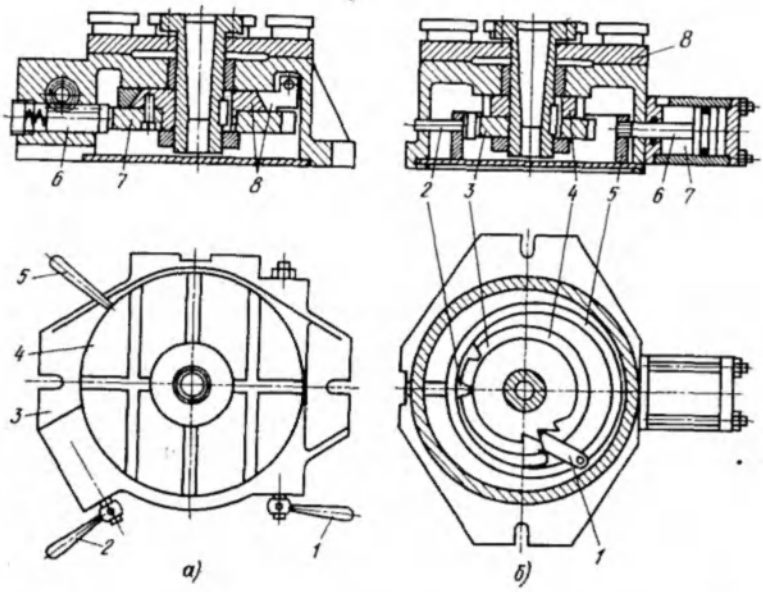


Рис. 118. Круглые поворотные столы с периодическим делением:
а—от руки; *б*—от пневмопривода

водят рукояткой *2* из впадины делительного диска и поворачивают планшайбу вместе с заготовкой ручкой *5* на требуемое число впадин на делительном диске. После этого рукоятку *2* отпускают и под действием пружины фиксатор *6* заскакивает во впадину делительного диска. Для жесткого и надежного закрепления планшайбы имеется стопорный механизм *8*, приводимый в действие рукояткой *1*. Нередко в столах такого типа операция деления механизирована. Например, на рис. 118,*б* показана схема стола с поворотом планшайбы *8* от пневмоцилиндра *7*. В этом случае дополнительно установлено храповое колесо *4*, связанное с делительным диском *3*, и кольцо *5* с собачкой *1* и фиксатором *2*, перемещаемое штоком *6*. При делении воздух от сети подается в правую полость пневмоцилиндра, шток *6* вместе с кольцом *5* перемещается влево, фиксатор выводится из впадины делительного диска, после чего собачка с помощью храпового колеса поворачивает планшайбу стола. При обратном движении кольца фиксатор заскакивает в следующую впадину делительного диска.

Делительные головки используют в основном на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения. В зависимости от конструкции головки окружность заготовки может быть разделена на равные или неравные части. При нарезании винтовых канавок заготовке сообщается

одновременно непрерывное вращательное и поступательное движения, как, например, при обработке стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток и зенкеров. Такие головки применяют при изготовлении многогранников, нарезания зубчатых колес и звездочек, прорезании пазов, шлиц и т. п.

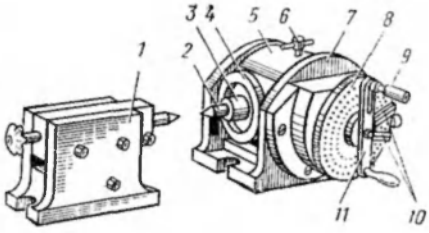


Рис. 119. Лимбовая делительная головка

По принципу действия делительные головки делят на лимбовые (универсальные), оптические, безлимбовые и с диском для непосредственного деления. Лимбовые делительные головки применяют для выполнения всех видов работ.

Устроена делительная головка следующим образом. В цапфах основания *7* (рис. 119) головки установлен поворотный корпус *5* со шпиндельным узлом *3*. На переднем конце шпинделя можно устанавливать центр *2*, закреплять поводковый или кулачковый патрон, диск *4* непосредственного деления, а на заднем конце шпинделя — оправку для сменных зубчатых колес. Вращение шпинделю передается от рукоятки *11* с фиксатором *9* через зубчатые колеса $\frac{z_1}{z_2}$ (рис. 120,*а*) с передаточным отношением $i=1$ и червячную пару $\frac{k}{N}$, где k — число заходов червяка, N — число зубьев червячного колеса. Отсчет поворота рукоятки производят по засверленным на делительном диске *8* (лимбе) отверстиям (рис. 119). Для удобства отсчета поворота рукоятки име-

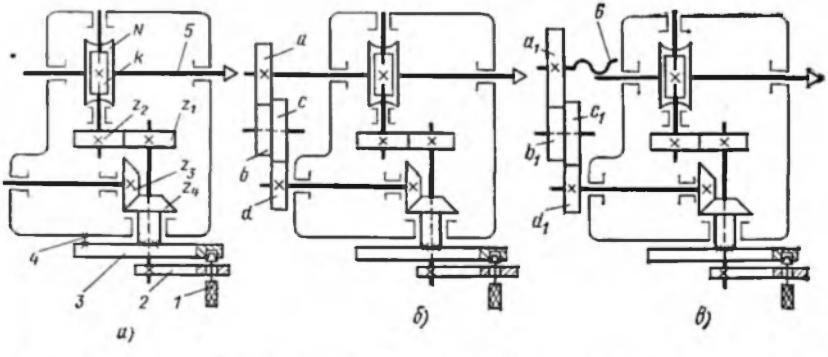


Рис. 120. Кинематическая схема лимбовой делительной головки и ее настройка:

а—для простого деления; *б*—дифференциального деления; *в*—фрезерования винтовых канавок

ется раздвижной сектор *10*. При обработке длинных заготовок используют поддерживающую заднюю бабку *1*. С помощью рассмотренной делительной головки можно выполнять непосредственное, простое и сложное (дифференциальное) деления.

Непосредственное деление осуществляют по диску *4* с делениями через 1°. Точность отсчета с использованием нониуса равно 5′. Поворот шпинделя при этом можно производить рукояткой *11* или непосредственным вращением шпинделя. После каждого поворота шпиндель фиксируют стопором *6*. У некоторых делительных головок вместо диска *4* с делениями устанавливают диск с 24, 30 и 36-ю отверстиями по кругу, что позволяет выполнить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей.

Простое деление выполняют с помощью зафиксированного стопором *4* лимба *3* (рис. 120,*а*), с двух сторон которого просверлены отверстия по концентрическим окружностям. С одной стороны диска могут быть окружности с 24, 25, 26, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43-я отверстиями, а с другой — с 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66-ю отверстиями.

Пусть требуется разделить окружность заготовки на $z_н$ частей. В этом случае для того чтобы заготовка, а значит, и шпиндель повернулись на $\frac{1}{z_н}$ оборота, рукоятка *2* должна быть повернута согласно кинематической цепи на $\frac{1}{z_н}\frac{N}{k}\frac{z_2}{z_1}=n_р$ оборотов. При $\frac{z_2}{z_1}=1$ и $k=1$ получим $n_р=\frac{N}{z_н}$, где величина N, равная числу зубьев червячного колеса, называется характеристикой делительной головки.

Дробь $\frac{N}{z_н}$ можно представить в виде суммы двух слагаемых

$$\frac{N}{z_н}=a+\frac{p}{q},$$

где a — число целых оборотов рукоятки; $\frac{p}{q}$ — для оборота рукоятки (q — число отверстий в окружности делительного диска; p — количество шагов между отверстиями в выбранной окружности).

Таким образом, деление на $\frac{1}{z_н}$ часть производят поворотом рукоятки на a целых оборотов и еще на величину $\frac{p}{q}$, отсчитываемую по окружности с числом отверстий q. После этого рукоятку стопорят фиксатором *1*. Для удобства отсчета при повороте рукоятки на величину $\frac{p}{q}$ используют сектор *10* (см. рис. 119), который разводят на такой угол, чтобы он охватывал p шагов между отверстиями на окружности с числом отверстий q.

Сложное (дифференциальное) деление применяют тогда, когда на делительном диске нет окружности с необходимым количеством отверстий, т. е. нельзя пользоваться методом простого деления. Например, на рассматриваемой головке нельзя произвести простое деление при $z_н=61$, 67, 71, 73, 79, 83 и др. В этом случае шпиндель делительной головки (рис. 120,*б*) соединяют гитарой сменных зубчатых колес $\frac{a}{b}\frac{c}{d}$ с делительным диском, который при сложном делении расфиксирован и может вращаться. Теперь поворот $n_р$ рукоятки для деления на $\frac{1}{z_н}$ часть можно представить в виде алгебраической суммы двух движений: поворота рукоятки относительно диска $n_р'$ и вместе с диском $n_р''$

$$n_р=n_р'+n_р''. \qquad (1)$$

Первое слагаемое $n_р'$ получим, выбрав фиктивное число $z_ф$, близкое к $z_н$ и позволяющее применить простое деление, т. е.

$$n_р'=\frac{N}{z_ф}. \qquad (2)$$

Дополнительный поворот рукоятки $n_р''$ вместе с диском можно определить из кинематической цепи

$$\frac{1}{z_н}\frac{a}{b}\frac{c}{d}\frac{z_3}{z_4}=n_р'', \qquad (3)$$

где $\frac{z_3}{z_4}=1$. Так как $n_р=\frac{N}{z_н}$, то из уравнений (1—3) получим

$$\frac{N}{z_н}=\frac{N}{z_ф}+\frac{1}{z_н}\frac{a}{b}\frac{c}{d},$$

откуда при $N=40$

$$\frac{a}{b}\frac{c}{d}=\frac{40}{z_ф}(z_ф-z_н). \qquad (4)$$

Если передаточное отношение сменных колес получится положительным, то делительный диск должен вращаться в ту же сторону, что и рукоятка, а если передаточное отношение отрицательное, то навстречу рукоятке. Последнее достигается при установке дополнительного паразитного колеса в гитару сменных колес.

Схема настройки делительной головки для нарезания винтовых канавок приведена на рис. 120,*в*. Заготовку *1* устанавливают в центрах головки и задней бабки. Делительный диск *3* связан с рукояткой *2* и поворачивается вместе с ней. Заготовка совершает два движения: вращательное и поступательное вдоль оси (заготовка при перемещении на шаг винтовой канавки должна сделать один оборот). Движение вдоль оси заготовка совер-

шает вместе с делительной головкой и столом станка от ходового винта *6*, а вращательное движение — от шпинделя делительной головки, который, в свою очередь, получает вращение от ходового винта *6* через сменные зубчатые колеса $\frac{a_1}{b_1}\frac{c_1}{d_1}$. Уравнение, связывающее вращение ходового винта и шпинделя делительной головки, следующее:

$$\frac{T}{t}\frac{a_1}{b_1}\frac{c_1}{d_1}\frac{z_3}{z_4}\frac{z_1}{z_2}\frac{k}{N}=1 \text{ (оборот шпинделя)},$$

отсюда при $\frac{z_3}{z_4}=1$, $\frac{z_1}{z_2}=1$, $\frac{k}{N}=\frac{1}{40}$ получим

$$\frac{a_1}{b_1}\frac{c_1}{d_1}=\frac{40t}{T},$$

где t — шаг ходового винта станка; T — шаг винтовой нарезки заготовки.

Оптическую делительную головку применяют для обработки особо точных делителей, контроля выполненных делений и при нанесении шкал.

Шпиндель *7* головки (рис. 121,*а*) приводят во вращение рукояткой через червячную пару. Червяк *4* поворотом втулки *3* можно вывести из зацепления с червячным колесом *5* и быстро вращать шпиндель. На шпинделе закреплен стеклянный диск *6* с делениями через 1°. Отсчет углов поворота производят с помощью микроскопа, в оптическую схему которого включена неподвижная шкала (рис. 121,*б*), имеющая 60 делений, нанесенных с интервалом в 1′ на пластине *10*. Свет через окно *9* падает на пластину *10*, отражается на стеклянном диске *6* с 360 делениями и поступает в оптическую систему микроскопа. В окуляр *8* видны совмещенные шкалы (рис. 121,*б*) пластины и стеклянного диска, по которым отсчитывается угол поворота шпинделя.

Безлимбовая делительная головка (рис. 122) отличается от лимбовой тем, что не имеет делительного диска, а поворот шпинделя *2* на требуемый угол всегда осуществляется за один оборот рукоятки *1* через сменные зубчатые колеса $\frac{a_2}{b_2}\frac{c_2}{d_2}$ и червячную пару $\frac{k}{z_ч}$:

$$1\,\frac{a_2}{b_2}\frac{c_2}{d_2}\frac{k}{z_ч}=\frac{1}{z_н},$$

отсюда

$$\frac{a_2}{b_2}\frac{c_2}{d_2}=\frac{N}{z_н},$$

где $N=\frac{z_ч}{k}$ — характеристика станка.

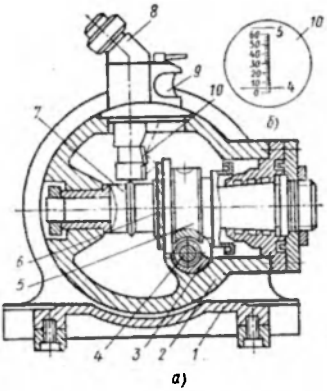


Рис. 121. Оптическая делительная головка:

1—основание; *2*—поворотный корпус; *3*—втулка; *4*—червяк; *5*—червячное колесо; *6*—стеклянный диск; *7*—шпиндельный узел; *8*—микроскоп; *9*—окно; *10*—пластина

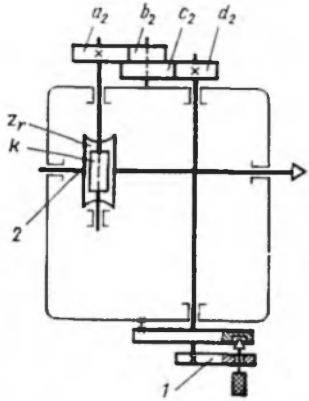


Рис. 122. Безлимбовая делительная головка

В крупносерийном и массовом производствах для повышения производительности труда применяют многошпиндельные делительные головки, позволяющие одновременно обрабатывать и периодически поворачивать несколько заготовок. Конструкция такой головки показана на рис. 123. При вращении рукоятки *4*, установленной на шпинделе *2*, поворачиваются зубчатые колеса *3* и остальные шпиндели. Отсчет угла поворота ведется по диску *5* непосредственного деления, который после поворота фиксируют подпружиненным стопором *6*. Шпиндели в рабочем положении зажимают рукояткой *1*.

Операция деления в некоторых головках механизирована. Так, например, в делительной головке (рис. 124) применен пневмопривод для периодического поворота шпинделя. В корпусе *1* головки имеется пневмоцилиндр *11*, шток-рейка *3*, зубчатое колесо *4*, связанное с кулачком *9* и собачкой *8*, храповик *7* и делительный диск *6*, установленные на шпинделе *5* и соединенные с ним шпонкой, и фиксатор *10*. При подаче воздуха в правую полость пневмоцилиндра *11* шток-рейка *3* движется влево, зубчатое колесо *4*, собачка *8* и кулачок *9* поворачиваются, собачка проскакивает по зубьям храповика, а кулачок выводит фиксатор *10* из паза делительного диска *6*, при этом цилиндрический участок кулачка не позволяет фиксатору попасть при обратном движении штока в тот же паз диска. При подаче воздуха в левую полость пневмоцилиндра шток-рейка движется вправо, зубчатое колесо *4* и собачка поворачиваются против часовой стрелки, а вместе с ними храповик и делительный диск. В конце хода штока фиксатор западает в следующий паз диска. Винтом *2* регулируют ход

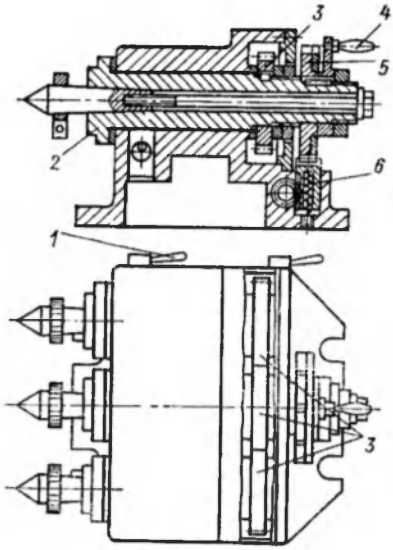
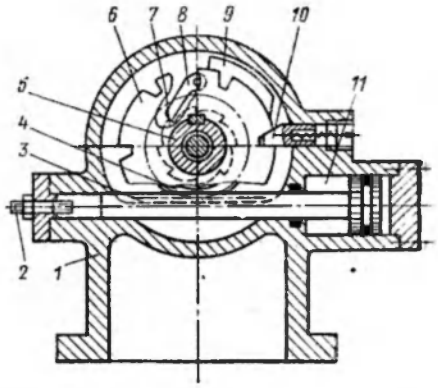


Рис. 123. Многошпиндельная делительная головка

Рис. 124. Делительная головка с пневмоприводом



штока-рейки, а следовательно, и угол поворота делительного диска.

Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков. Одни из этих приспособлений, такие, как дополнительные и многошпиндельные фрезерные головки, головки для фрезерования реек, копировальные приспособления и т. п., не изменяют основного назначения фрезерного станка, а другие — долбежные, сверлильные и шлифовальные головки — в корне меняют характер выполняемых на фрезерном станке операций. Некоторые типы специальных быстросъемных приспособлений, монтируемых на горизонтально-фрезерных станках, показаны на рис. 125.

Дополнительная вертикально-фрезерная головка (рис. 125,*а*), устанавливаемая на горизонтально-фрезерном станке, делает станок более универсальным. Головку *2* крепят на вертикальных направляющих станины *1*. Шпиндель *3* головки приводится во вращение от шпинделя станка через пары зубчатых колес.

Двухшпиндельная фрезерная головка, показанная на рис. 125,*в*, может быть использована, например, при обработке заготовки сразу с двух сторон или при фрезеровании ступенчатых поверхностей. В последнем случае один из шпинделей имеет осевое установочное перемещение. В некоторых конструкциях двухшпиндельных фрезерных головок можно регулировать расстояние между осями шпинделей.

Приспособление для фрезерования реек (рис. 125,*б*) закреплено на хоботе *4* горизонтально-фрезерного станка и приводится

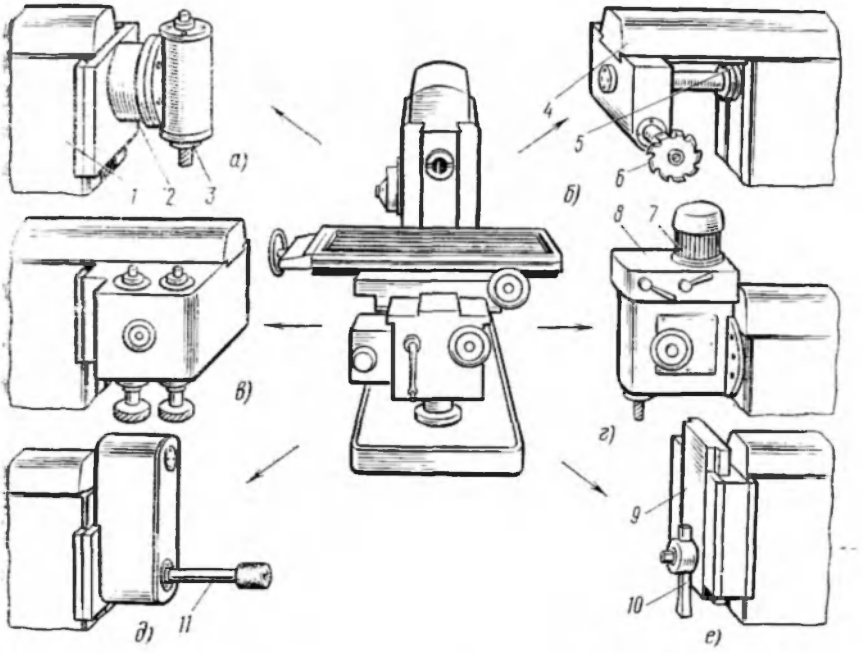


Рис. 125. Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков:

а—дополнительная вертикально-фрезерная головка; *б*—приспособление для фрезерования реек; *в*—двухшпиндельная фрезерная головка; *г*—сверлильная головка; *д*—шлифовальная головка; *е*—долбежная головка

в действие от шпинделя *5* станка. Впадину рейки прорезают фрезой *6* при поперечной подаче стола, а смещение рейки на один шаг выполняется вместе со столом в продольном направлении.

Сверлильная головка (рис. 125,*г*), установленная на фрезерном станке, имеет привод шпинделя от отдельного электродвигателя *7* через коробку скоростей *8*. Сверлильную головку используют при сверлении на фрезерном станке малых отверстий, когда необходима большая частота вращения инструмента.

Долбежную головку (рис. 125,*е*) используют на фрезерном станке при отсутствии долбежного станка. Головку устанавливают на станине горизонтально-фрезерного станка. Ползун *9* с резцом *10* получает возвратно-поступательное движение от шпинделя станка через кривошипно-шатунный механизм.

Шлифовальную головку, показанную на рис. 125,*д*, устанавливают на станине консольно-фрезерного станка, ее шпиндель *11* приводится во вращение шпинделем станка через две ременные передачи.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

СВЕДЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

1. РЕГУЛИРОВКА УЗЛОВ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

В процессе эксплуатации детали станка изнашиваются, в сопряженных парах появляются увеличенные зазоры, что приводит к потере точности станка и возникновению вибраций — источнику еще более интенсивного износа деталей.

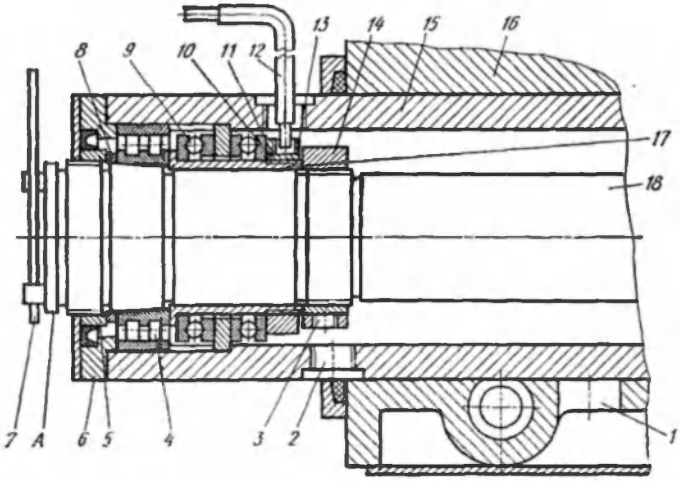
Срок службы станка можно повысить, сохранив его высокую производительность и точность, при правильной эксплуатации и своевременном обслуживании.

Техническое обслуживание станка включает регулировку узлов и элементов для восстановления их нормальной работы и своевременную смазку.

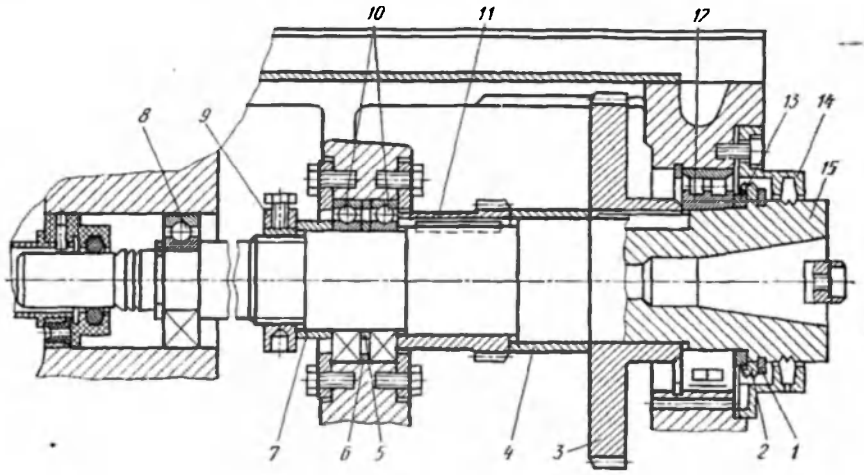
Регулировке подлежат такие элементы станков, как подшипники, винтовые пары, направляющие, ременные и цепные передачи, фрикционные муфты, а также положения узлов, механизмы зажима узлов, системы смазки станка и т. п.

Регулировка шпиндельных узлов. Передняя опора шпинделя фрезерной головки продольно-фрезерного станка мод. 6610 изображена на рис. 126,*а*. Регулировке подлежит двухрядный роликоподшипник *4*, несущий радиальную нагрузку, и два упорных подшипника *9* и *10*, воспринимающих осевые силы. В подшипниках регулируют величины необходимых зазоров (натягов), так как в процессе эксплуатации они постепенно увеличиваются и превышают допустимые значения, что существенно влияет на работоспособность шпиндельного узла: точность его вращения, жесткость, нагрев опор и долговечность подшипников. Перед регулировкой упорных подшипников *9* и *10* определяют величину их осевого зазора путем приложения к шпинделю осевой силы, измеряют перемещение торца шпинделя относительно пиноли *15* фрезерной головки. Измерения выполняют с помощью измерительных головок, микрокаторов и бесконтактных датчиков перемещений. Если зазор превышает допустимую величину, то необходимо выдвинуть пиноль *15*, вывернуть пробку из резьбового отверстия в пиноли и через это отверстие ключом *12* отпустить стопор *11* в гайке *13*. Не вынимая ключа из стопора, необходимо повернуть шпиндель *18* рычагом *7* до устранения осевого зазора в подшипниках, застопорить гайку и снова проверить зазор в подшипниках. При необходимости регулировку следует повторить.

Перед регулировкой радиального двухрядного роликоподшипника *4* необходимо измерить радиальный зазор Δ_0 в подшипнике и подсчитать величину необходимого осевого сдвига σ_0 внутренне-



а)



б)

Рис. 126. Шпиндельные узлы:

а—продольно-фрезерного станка; *б*—горизонтально-фрезерного станка

го кольца подшипника относительно конической шейки шпинделя по формуле

$$\sigma_0 = 15(\Delta_0 - \Delta + 0{,}01),$$

где $\Delta = 0 \div 0{,}005$ — требуемый радиальный зазор в подшипнике, мм.

Для определения радиального зазора в роликоподшипнике *4* к переднему концу шпинделя прикладывают радиальное усилие

и измеряют величину перемещения центрирующей посадочной поверхности *А* фрезерного шпинделя относительно пиноли *15*.

При необходимости регулировки радиального двухрядного роликоподшипника пиноль вдвигают в корпус и через окно *1* в корпусе *16* вывертывают резьбовую пробку *2* из отверстия в пиноли. Через это отверстие ключом отпускают стопор *3* гайки *14* и, не вынимая ключа, поворачивают шпиндель так, чтобы гайка *14* отвернулась на один — два оборота. После этого снимают крышку *6*, отпускают гайку *5*, сдвигают внутреннее кольцо подшипника, снимают полукольца *8*, прошлифовывают их в размере т. е. уменьшают по толщине на величину σ_0, и устанавливают на место. Затем выполняют все предыдущие операции в обратной последовательности, т. е. завинчивают гайку *5* и стопорят ее, ставят крышку *6* и, вращая шпиндель, надвигают гайкой *14* через втулку *17* внутреннее кольцо подшипника на коническую шейку шпинделя до упора в полукольца. В результате деформации внутреннего кольца радиальный зазор в подшипнике будет устранен. Гайку *14* фиксируют стопором *3*. При правильной регулировке подшипников их нагрев не должен превышать 60° С за 1 ч работы шпиндельного узла при максимальной частоте вращения без нагрузки. Быстрый нагрев подшипника указывает на излишний натяг при регулировке.

На рис. 126,*б* показан шпиндельный узел горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р82. Качество работы шпинделя *15* определяется подшипниками *8*, *10* и *12*, из которых передний и два средних регулируют. Осевой зазор в подшипниках *10* и радиальный зазор в подшипнике *12* определяют аналогично. Требуемый осевой зазор в двух средних радиально-упорных подшипниках регулируют, подшлифовывая кольца *5* и *6*. Радиальный зазор в переднем двухрядном роликоподшипнике устраняют так же, как и на станке мод. 6610, подшлифовывая полукольца *13* и подтягивая гайку *9*, которая через втулку *7*, внутренние кольца подшипников *10*, регулировочное кольцо *5*, зубчатое колесо *11*, втулку *4* и зубчатое колесо *3* надвигают внутреннее кольцо подшипника *12* на коническую шейку шпинделя, в результате чего коль деформируется и радиальные зазоры уменьшаются. Для то чтобы достать полукольца *13*, необходимо снять фланец *14*, пр жинное кольцо *1* и кольцо *2*.

Регулировка винтовой пары. Конструкция и регулировка з зора винтовой пары привода стола фрезерного станка мод. 6Р8 рассмотрены ранее (см. гл. II, рис. 40,*а*). Следует только доба вить, что при выборке зазора в паре винт — гайка необходим все время перемещать стол на всю длину хода, чтобы потом н оказалось, что на каком-то участке винт и гайка заклиниваю Регулировку необходимо производить до тех пор, пока свободны ход винта, проверяемый поворотом маховика продольного ход окажется не более 3—5° и пока при перемещении стола вручну

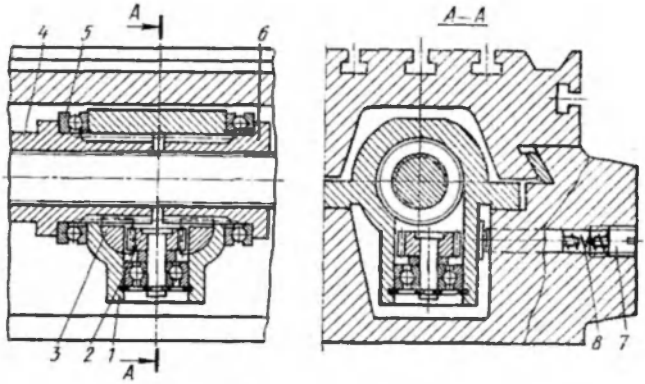


Рис. 127. Регулировка винтовой пары

не произойдет заклинивание винта на каком-либо участке, необходимом для рабочего хода.

На рис. 127 изображена винтовая пара привода стола горизонтально-фрезерного станка мод. 6Р81. Гайка состоит из двух частей *4* и *6*, упирающихся через упорные подшипники *5* в торцы кронштейна *1*. На цилиндрической наружной поверхности каждой части гайки нарезаны зубья, которые находятся в зацеплении с двумя рейками *3*. Рейки через зубчатое колесо *2* связаны между собой и поджимаются к гайкам пружинами *8*. Перемещение реек ограничивается упорами *7*. При фрезеровании усилие подачи на винте вызывает трение в витках одной части гайки и за счет этого поворачивает ее на некоторый угол. Так как половинки гайки связаны рейками и зубчатым колесом, то точно такой же поворот, но в противоположном направлении делает вторая часть гайки. В результате части гайки навинчиваются на ходовой винт и, упираясь буртиками через упорные подшипники *5* в торцы кронштейна, как бы растягивают винт, устраняя зазор в витках. Когда фрезерование прекращается, пружины возвращают рейки до упоров *7*, в результате части гайки поворачиваются в первоначальное положение, распорные силы в витках резьбы снимаются и винт может легко вращаться в гайке при холостых движениях стола. Таким образом, зазор в данной винтовой паре регулируется автоматически в зависимости от нагрузки. Однако при большом износе гайки необходимо несколько подтянуть упорные винты *7*.

Регулировка шариковой пары винт — гайка (см. рис. 86). Шариковая пара должна иметь вполне определенные для каждого станка натяг и момент холостого хода. При проверке натяга передачу нагружают осевой силой и измеряют осевое смещение винта относительно корпуса передачи. При этом сила и осевое смещение винта должны находиться в заданных по паспорту

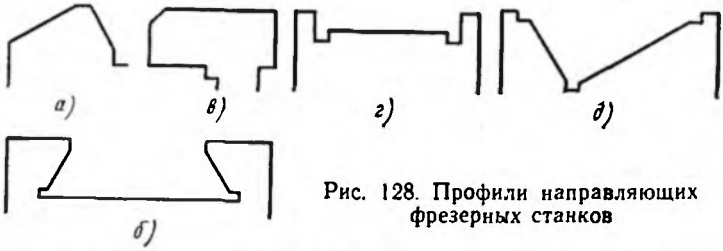


Рис. 128. Профили направляющих фрезерных станков

станка пределах. В случае необходимости шариковую пару регулируют. Для этого необходимо отвернуть винт *1*, вынуть шариковую пару из кронштейна *6*, вращая стакан *4* с гайками *7*, сместить его на втулку *8*, вывести зубчатые венцы гаек из зацепления с внутренними зубьями стакана и развернуть гайки относительно друг друга до устранения зазора. Так как число зубьев на венцах гаек отличается на единицу, то возможен поворот одной гайки относительно другой на очень малый угол, чем обеспечивается точная регулировка шариковой пары. После регулировки необходимо поставить гайки на место в стакан, навернуть на резьбовую часть винта, проверить с помощью динамометра момент холостого хода в паре и, если момент находится в допустимых пределах, узел следует установить на станок и снова проверить зазор в шариковой паре. При необходимости регулировку следует повторить.

Регулировка зазоров в направляющих. Профили направляющих, применяемые во фрезерных станках для перемещения столов, салазок, порталов и фрезерных головок, показаны на рис. 128. Они могут быть призматическими (128,*а*), в виде ласточкина хвоста (рис. 128,*б*), прямоугольными (рис. 128,*в*), плоскими (рис. 128,*г*), V-образными (рис. 128,*д*) и др. Выбор той или иной формы направляющих зависит от условий, в которых они будут находиться при эксплуатации станка: направления усилий, смазки, регулировки зазоров, защиты от повреждения стружкой, сложности ремонта и т. д.

Вследствие износа сопряженных поверхностей необходимо периодически регулировать зазоры в направляющих. Для этой цели предусмотрены клинья и прижимные планки.

Регулировку зазора в направляющих типа ласточкина хвоста можно производить с помощью прижимной планки *1* (рис. 129,*а*) или клина *1* (рис. 129,*б*), который перемещают винтом *2*. Гайка *3* служит для надежной фиксации клина. Для регулировки зазора в направляющих типа ласточкина хвоста могут быть использованы трапецеидальные планки *1*, которые либо поджимаются к направляющим винтами *3* и фиксируются винтами *2* (рис. 129,*в*), либо винт *2* (рис. 129,*г*) является и прижимным и фиксирующим. Иногда под планку помещают регулировочные тонкие прокладки *3*.

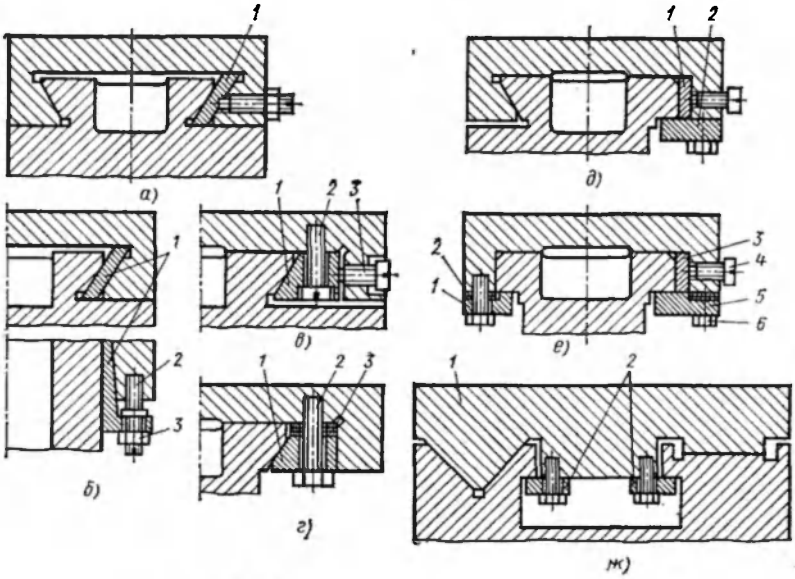


Рис. 129. Регулировка зазоров в направляющих

В случае комбинированных направляющих в форме половины ласточкина хвоста (рис. 129,*д*) зазор в сопряжении устраняют с помощью прижимных планок *1* и *2*, при этом вместо планки *1* можно использовать клин. Зазоры в направляющих прямоугольного профиля (рис. 129,*е*) регулируются с помощью прижимных планок *1*, *3* и *5*. При этом, чтобы избежать последующего шабрения, под планки *1* и *5* помещают слоистые прокладки *2*, которые по мере износа направляющих убирают и поджимают планки винтами *6*. Для устранения зазора в вертикальных плоскостях периодически поджимают боковую планку к направляющей винтами *4*. Вместо планки *3* может быть использован клин.

Сочетание V-образной и плоской направляющих типично для продольно-фрезерного станка (рис. 129,*ж*). В этом случае регулировка зазора в направляющих не требуется, он ликвидируется автоматическим опусканием стола *1* по мере износа направляющих. Для предотвращения возможности подъема стола от действующих на него сил используют прижимные планки *2*, которые при движении стола скользят по дополнительным направляющим станины. Величину зазоров в направляющих контролируют щупом. Качество регулировки зазоров в направляющих проверяют передвижением узлов станка вручную или при малой подаче, контролируя нагрузку двигателя подачи.

Регулировка муфт. На рис. 130 приведен узел из коробки подач вертикально-фрезерного станка мод. 6Р12, состоящий из шариковой предохранительной муфты, передающей рабочую пода-

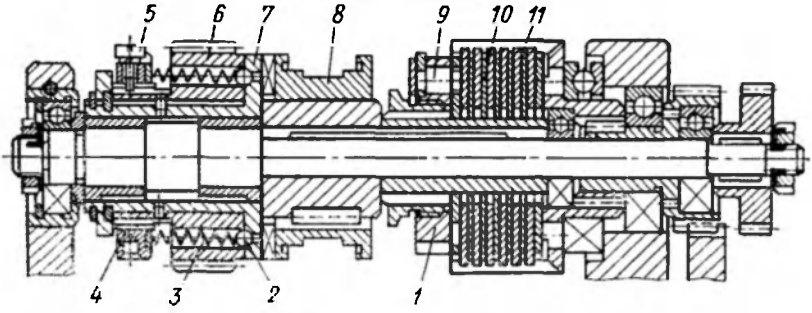


Рис. 130. Регулировка муфт

чу, и фрикционной муфты, включающей ускоренный ход стола, салазок или консоли. Передача движения от зубчатого колеса *6* к кулачковой втулке *8* осуществляется шариками *2*, поджатыми пружинами *3* к отверстиям втулки *7*. Предельный крутящий момент, передаваемый этой муфтой, регулируют гайкой *4*, которая сжимает пружины. Стопор *5* предохраняет гайку от отвинчивания.

Зазоры между дисками *10* и *11* фрикционной муфты регулируют гайкой *1*. Фиксатор *9* не позволяет гайке самопроизвольно повернуться. При регулировке необходимо обеспечить общий зазор не менее 2—3 мм между дисками фрикционной муфты в выключенном положении. Во включенном положении фрикциона диски должны быть плотно сжаты, а сердечник электромагнита *1* (см. рис. 50) полностью втянут, что достигается регулированием сжатия пружины *12* гайкой *11* (см. рис. 50): сила пружины должна быть несколько меньше силы электромагнита и определять степень сжатия дисков *10* и *11*.

Регулировка электромагнитной муфты (см. рис. 23, *д*) необходима потому, что по мере износа фрикционных дисков *6* ход якоря *1* увеличивается настолько, что последний упирается в корпус *11* муфты, не обеспечивая достаточного сжатия дисков. Для регулировки муфты необходимо приподнять прижимной фиксатор *10* и подтянуть гайку *7* так, чтобы во включенном положении муфты зазор *S* (порядка 0,1—0,4 мм) между якорем и корпусом муфты соответствовал паспортным данным. Зазор контролируют щупом.

Регулировка натяжения ремней и цепей. В процессе эксплуатации ремни и цепи вытягиваются, поэтому в ременной и цепной передачах предусматривают возможность регулирования их натяжения.

Регулировку натяжения ремней *2* можно производить либо изменением межосевого расстояния между ведущим *1* и ведомым *3* шкивами путем перестановки (рис. 131, *а*) или качения (рис.

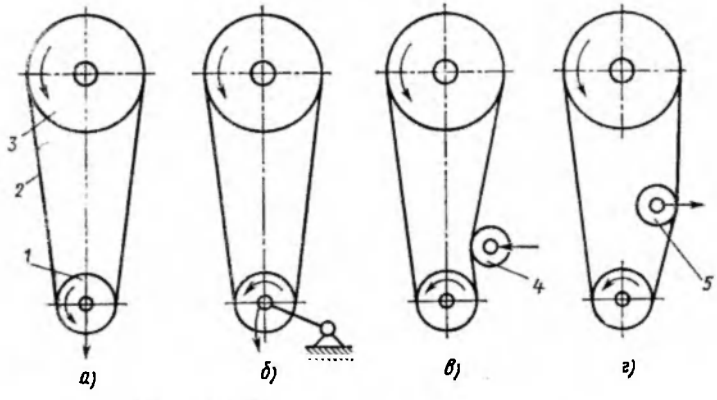


Рис. 131. Регулировка ременных передач

131,*б*) одного из шкивов, либо с помощью специальных натяжных *4* (рис. 131,*в*) или оттяжных *5* (рис. 131,*г*) роликов, когда расстояние между осями шкивов остается постоянным. Аналогичным образом регулируют натяжение цепей в цепных передачах.

При регулировке не допускается чрезмерное натяжение ремня или цепи (возможно некоторое их провисание).

Регулировка траверсы продольно-фрезерного станка. Зазоры в боковых направляющих стойки и траверсы устраняют подтяжкой клиньев. Регулирование параллельности поперечных направляющих траверсы рабочей поверхности стола осуществляют путем подъема или опускания одного конца траверсы. Для этого в механизме подъема траверсы предусматривают специальные устройства. Так, например, в продольно-фрезерном станке мод. 6610 такое устройство предусмотрено в червячном редукторе подъема траверсы (рис. 132). Однозаходный червяк $z=1$ (см. рис. 64), получая движение от электродвигателя, вращает червячное колесо $z=30$ и связанные с ним ступицу *3* и винт *5* перемещения траверсы. Для того чтобы можно было поднять или опустить один конец траверсы, необходимо иметь возможность смещения винта в осевом направлении. Осуще-

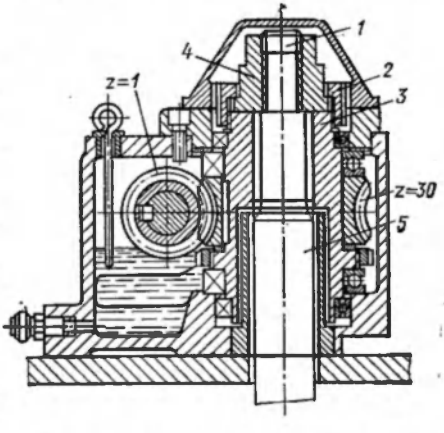


Рис. 132. Червячный редуктор механизма подъема траверсы

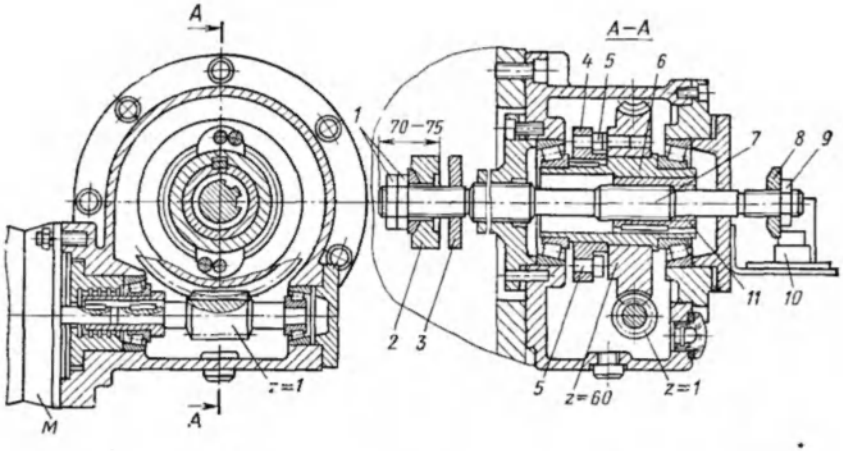


Рис. 133. Червячный редуктор механизма зажима траверсы

ствляется это навинчиванием или свинчиванием гайки *4* с резьбового конца винта. После регулировки стопорная гайка *2* навинчивается на резьбовой хвостовик ступицы *3* и, нажимая своим торцом на бортик гайки *4*, препятствует отвинчиванию последней.

Резьбовая распорная пробка *1*, ввинченная в гайку до упора в торец винта, устраняет зазор в резьбовом соединении. Параллельность поперечных направляющих траверсы рабочей поверхности стола контролируют по уровню.

Регулировка механизмов зажима узлов станка. Для того чтобы обеспечить надежное закрепление на направляющих станка таких узлов, как траверсы, каретки, фрезерной головки и др., необходимо отрегулировать соответствующие механизмы зажима. Рассмотрим регулировку механизмов зажима траверсы и кареток продольно-фрезерного станка мод. 6610. Схема механизма зажима траверсы была показана на рис. 44,*г*, а червячный редуктор этого механизма изображен на рис. 133. Движение от электродвигателя *М* передается червяку $z=1$, от него червячному колесу $z=60$ и далее через предохранительные пальцы *5* диску *4*, ступице *6* и гайке *11*. При вращении гайки винт *7*, перемещаясь вдоль оси вправо или влево, воздействует через шайбы *2* или *3* на систему рычагов, в результате производится зажим или отжим траверсы. Регулировку механизма производят в отжатом положении, при этом шайба *8* должна нажимать на ролик конечного выключателя *10* электродвигателя *М*, а опорная поверхность шайбы *2* соприкасаться с рычагами зажима. Положение шайбы *8* регулируют перемещением ее по резьбовому хвостовику винта и фиксируется гайкой *9*. Для регулировки положения опорной шайбы *2* предусмотрены гайки *1*. Между рычагами *5* (см.

рис. 44,*г*) и шайбами *2* и *3* (рис. 133) оставляют зазор 3—5 мм. После этого гайки *1* затягивают (800—1000 кг·см), затем отпускают на 1/12 оборота и фиксируют.

Регулировку механизма зажима кареток (см. рис. 44,*д*) производят следующим образом. Рычага *4* располагают параллельно друг другу и каретку зажимают вручную винтами *10*, которые стопорят. В отжатом положении рычага *4* должны упираться в регулировочные винты *5*, а скоба гидроцилиндра *1* нажимать на конечный выключатель *3*, дающий команду на перемещение каретки.

2. СМАЗКА УЗЛОВ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Смазка в станке необходима для уменьшения потерь на трение, снижения нагревания и уменьшения износа трущихся поверхностей, обеспечения надежной работы узлов станка. В зависимости от условий работы трущихся пар применяют различные смазки: индустриальные масла марок 12, 20, 30, 45 и 50, цилиндровое легкое 11 и марок Л и Т, консистентные смазки. В зависимости от конструктивных особенностей станка и отдельных его узлов, а также от условий их работы, применяют ручную, капельную и фитильную, циркулярную, комбинированную смазки и смазку разбрызгиванием.

Ручной способ смазки. При этом способе смазки трущиеся поверхности смазывают периодически либо непосредственно поливом из ручной масленки, либо с помощью шприцев через специально предусмотренные отверстия, которые нередко для защиты от грязи закрывают масленками, например, с шариком (рис. 134,*а*) или поворотной крышкой (рис. 134,*б*) и др.

Иногда для более надежной смазки некоторых узлов станка используют небольшой ручной поршневой насос (рис. 134,*в*), смонтированный на станке. При нажатии на кнопку *1* поршень *2* перемещается вниз и, отжимая шарик *6* обратного клапана, подает масло к трущимся узлам. Назад поршень возвращается пружиной *5*, при этом следующая порция масла из резервуара *3* через отверстие *4* поступает под поршень.

Фитильный и капельный способы смазки. При этих способах смазку осуществляют непрерывно. Для этого необходимо периодически заправлять резервуары маслом, из которых оно отводится к трущимся узлам. Для смазки используют простые по конструкции фитильные или капельные масленки, ввертываемые в соответствующие резьбовые отверстия. В фитильной масленке (рис. 134,*г*) масло из корпуса *1* подается через трубку *3* к трущимся поверхностям с помощью фитиля *2*. В капельной масленке (рис. 134,*д*) масло из корпуса *2* через отверстия в трубке *3* подается к трущимся узлам самотеком, но количество капель в минуту регулируется перемещением иглы *1*.

Дозаторный способ смазки. При этом способе смазки с помощью специальных устройств подача масла к трущимся дета-

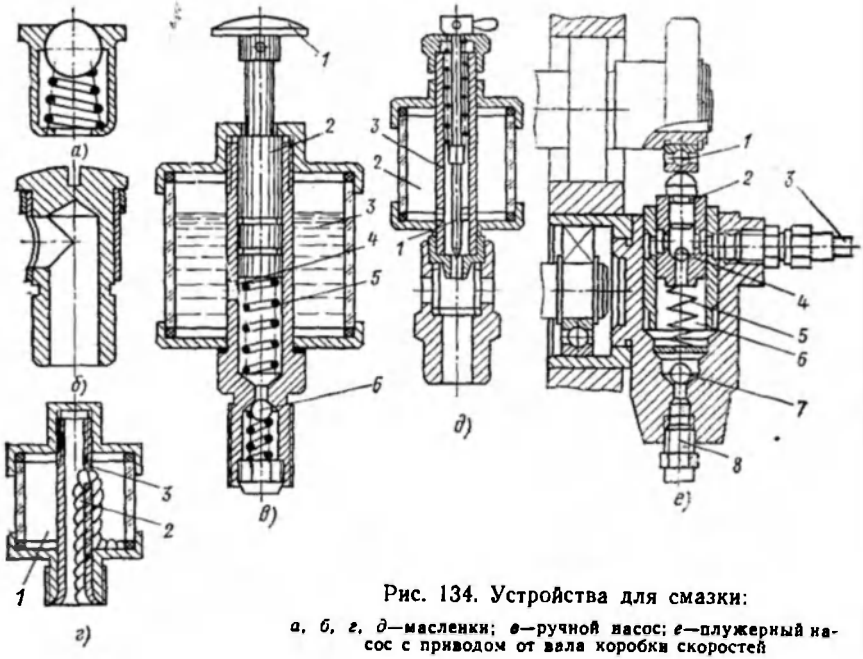


Рис. 134. Устройства для смазки:

а, б, г, д—масленки; *в*—ручной насос; *е*—плунжерный насос с приводом от вала коробки скоростей

лям обеспечивается через определенный промежуток времени или в необходимый момент времени. Простейшим устройством дозаторной смазки служит капельная масленка. Более сложная конструкция дозатора приведена ниже при рассмотрении схемы смазки продольно-фрезерного станка.

Циркуляционный способ смазки. Это наиболее надежный способ смазки узлов станка. Масло к трущимся поверхностям непрерывно подается под давлением от насоса, а затем самотеком поступает в резервуар. Для смазки узлов станка может быть применено несколько отдельных насосов. Количество масла, идущего на смазку узла, легко отрегулировать специальными устройствами.

На рис. 134,*е* показан плунжерный насос, устанавливаемый на консольно-фрезерных станках, для смазки коробок скоростей. Возвратно-поступательное движение плунжер *2* получает от пружины *5* и шарикоподшипника *1*, посаженного эксцентрично на одном из валов коробки скоростей. При движении поршня вверх масло из резервуара через трубку *8* и обратный клапан *7* засасывается в полость *6*. При перемещении поршня вниз обратный клапан *7* закрывается и масло под напором нагнетается через клапан *4* в трубопровод *3* и далее к узлам станка, с которых оно стекает в резервуар.

Способ смазки разбрызгиванием (картерная смазка). Этот способ применяют для смазки таких узлов, как коробки скоростей и подач, корпуса которых в то же время являются резервуаром для масла. Для разбрызгивания применяют либо специальную крыльчатку, смонтированную на быстроходном валу коробки и погруженную лопастями в масло, либо одно из зубчатых колес коробки, погруженное в масло на высоту зуба (рис. 135).

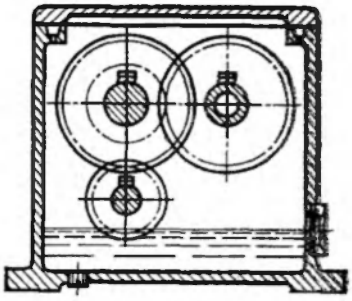


Рис. 135. Смазка разбрызгиванием

Комбинированный способ смазки. Как правило, в станке трудно или нецелесообразно использовать только один какой-либо способ смазки, поэтому применяют комбинированный способ, который может включать в себя несколько различных способов смазки.

Система смазки в станке может быть индивидуальной, когда для смазки каждой трущейся пары имеется своя масленка или насос; групповой, когда одна масленка или насос предназначены для подачи масла в несколько мест смазки; централизованной, когда для смазки узла станка используют один насос.

Чаще всего в станке используют сразу несколько систем смазки. В качестве примера применения смазки во фрезерных станках рассмотрим смазку узлов консольно-фрезерного станка мод. 6Р82Ш и продольно-фрезерного станка мод. 6610.

Схема расположения мест смазки консольно-фрезерного станка мод. 6Р82Ш показана на рис. 136. В станке применены все способы и системы смазки. Смазка подшипников, зубчатых колес коробки скоростей горизонтального шпинделя и механизма переключения скоростей осуществляется от отдельного плунжерного насоса (см. рис. 134,*е*), приводимого в действие эксцентриком *1*, посаженным на вал коробки скоростей. Резервуаром для масла служит станина. Масло в резервуар заливают через угольник *19* (рис. 136) до середины маслоуказателя *5*. Работу системы смазки контролируют по протеканию масла в маслоуказателе *6*. Масло из резервуара сливается через патрубок *18*.

Смазка подшипников, зубчатых колес коробки подач и механизма переключения подач производится от отдельного плунжерного насоса, смонтированного в коробке подач. Масло заливают в консоль через угольник *16* до середины маслоуказателя *17*. Работу системы смазки контролируют по маслоуказателю *3*. Слив масла производится через коробку *15*.

Смазку узлов коробки скоростей хобота осуществляют разбрызгиванием. Масло заливают в хобот через пробку *9* до середины маслоуказателя *8*. Масло из резервуара сливается через пробку *7*, расположенную в нижней части хобота станка. Узлы

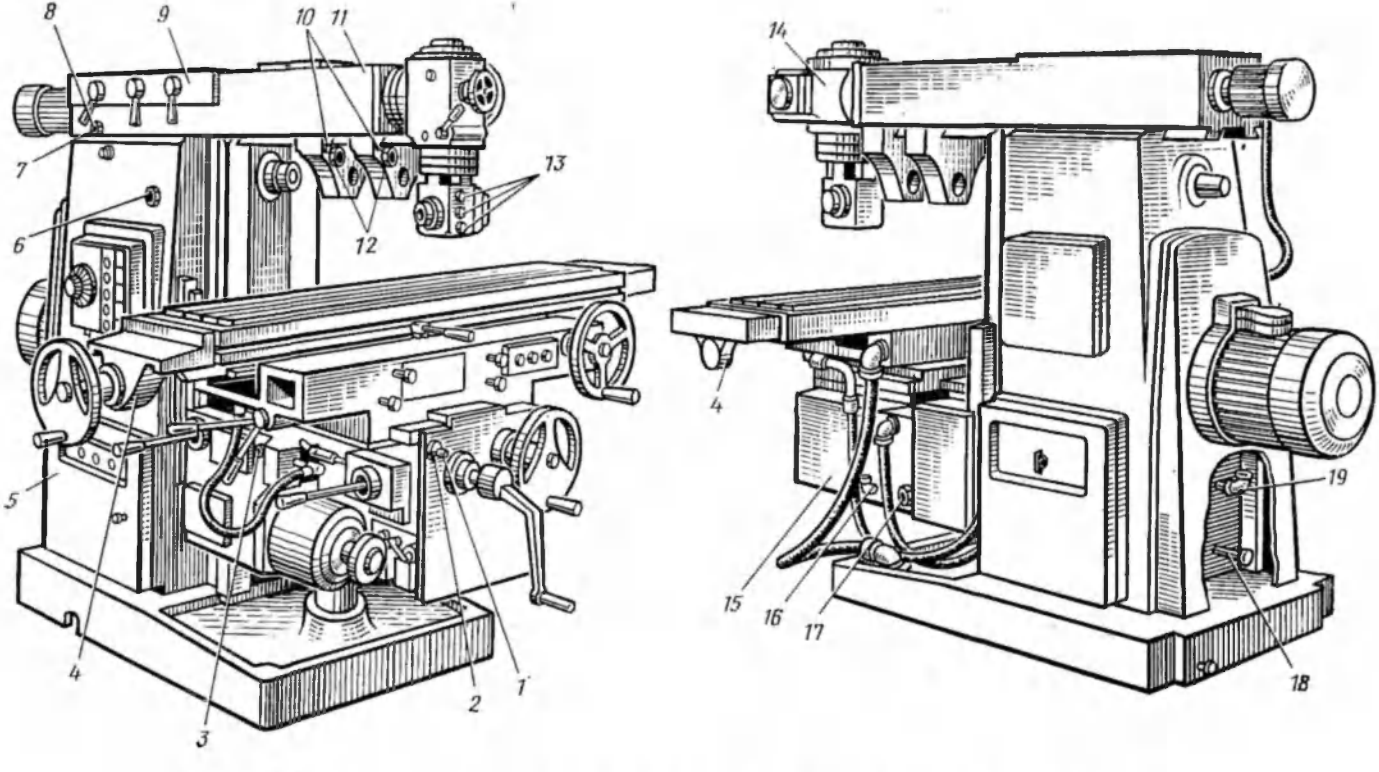


Рис. 136. Схема смазки широкоуниверсального консольно-фрезерного станка мод. 6Р82Ш

накладной и поворотной головок и концевых опор продольного винта смазывают через масленки *11*, *13* и *14* с помощью шприца.

Направляющие консоли, салазок, стола, механизм продольного хода стола смазываются периодически от плунжерного насоса, смонтированного в консоли. Насос засасывает масло из резервуара консоли. Кнопками *1* и *2* управляют потоком масла к смазываемым узлам. Для смазки подшипников серьги используют капельную масленку. Масло заливают в корпус серьги через пробку *10* и контролируют по маслоуказателю *12*. Смазку опор винта продольной подачи производят шприцеванием через масленки *4*. Для смазки таких узлов станка, как поворотная и накладная головки, опоры продольного ходового винта, где установлены отдельные масленки для шприцевания, применяют консистентную смазку. Остальные узлы станка смазывают индустриальным маслом 30.

Перед пуском станка необходимо проверить уровень масла в резервуарах по соответствующим маслоуказателям, прошприцевать через масленки все точки смазки, прокачать несколько раз ручной насос для смазки направляющих и механизма продольного хода стола. После пуска станка масло через 2—3 мин должно показаться в глазках контрольных маслоуказателей.

Схема смазки продольно-фрезерного станка мод. 6610 показана на рис. 137.

В станке смазываются подшипники и зубчатые пары фрезерных головок *2* и *3*, коробки подач *7* и *17* вертикальных и боковых фрезерных головок, коробки *5* привода подачи боковых головок, редуктор *13* привода подач стола *14*, редуктор *11* механизма перемещения траверсы *16*, редуктор *20* механизма зажима траверсы, червячная коробка *15* и муфта *12* привода стола, каретки *21* фрезерных головок, механизм поворота *22* фрезерных головок. Кроме того, смазываются винтовые пары *4*, *8* и *19* механизмов подачи фрезерных головок, подъема и зажима траверсы, направляющие *18* кареток, направляющие *6* станины, оси *9* направляющих роликов троса и сам трос *1*, ось *10* поворота подвески кнопочной станции. Буквами *Н*, *М* и *С* обозначены наливная горловина, маслоуказатель и место слива масла для каждого смазываемого узла станка. В станке используют все системы и способы смазки.

Система смазки фрезерной головки состоит из плунжерного насоса *3* (рис. 138,*а*), который засасывает масло через фильтр *1* и обратный клапан *2* из резервуара корпуса фрезерной головки и нагнетает его через обратный клапан *4* и распределитель *5* по трубопроводам *6* к зубчатым колесам и подшипникам головки. Плунжерный насос приводится в действие от кулачка *7* (см. рис. 38,*а*), расположенного на валу *II* коробки скоростей. Контроль за смазкой осуществляют по маслоуказателю и с помощью манометра *7* (рис. 138,*а*).

Смазку подшипников шпинделя в пиноли (см. рис. 126,*а*) про-

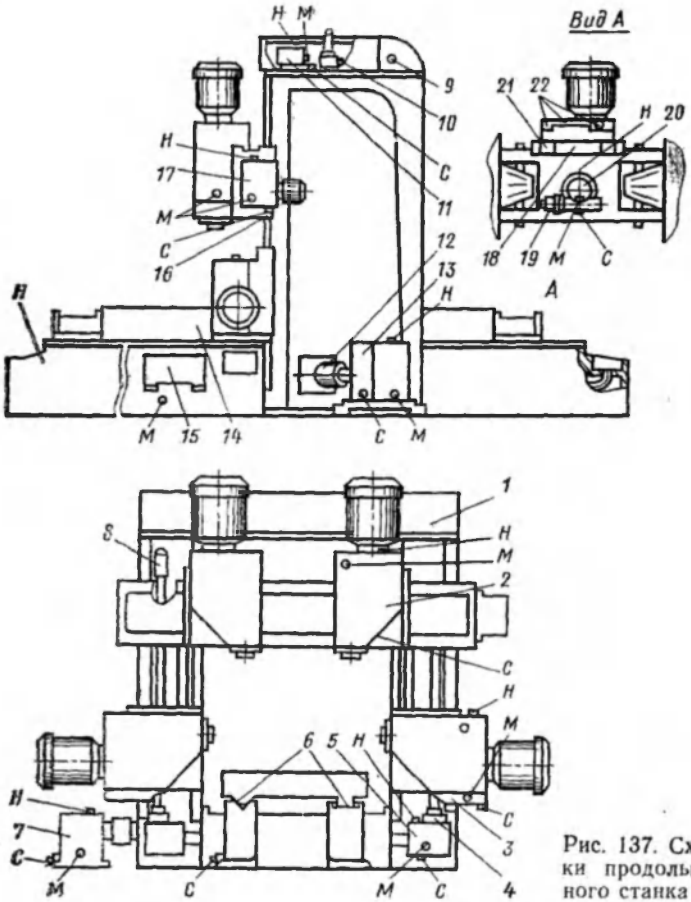


Рис. 137. Схема смазки продольно-фрезерного станка мод. 6610

изводят вручную консистентной смазкой. Для смазки переднего радиального подшипника необходимо снять фланец *6*, а смазку передних упорных и заднего радиального подшипников производят через предусмотренные в пиноли отверстия, закрываемые пробками.

Смазка коробок подач вертикальных и боковых фрезерных головок, коробок привода подачи боковых головок, редуктора привода подач стола, редукторов механизмов перемещения и зажима траверсы осуществляется разбрызгиванием масла, залитого в корпуса соответствующих узлов.

Смазка направляющих станины *5* и червячной коробки *7* привода стола производится от отдельного шестеренного насоса *2* (рис. 138, *б*). Резервуаром для масла служит станина. Шестеренный насос засасывает масло из резервуара через фильтр *1* и

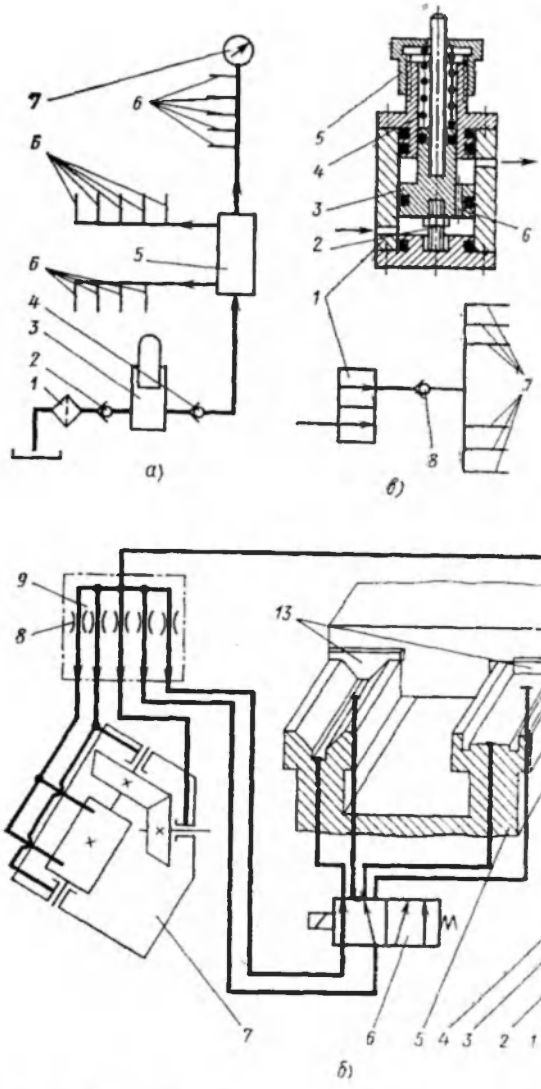


Рис. 138. Схема смазки узлов продольно-фрезерного станка мод. 6610:

а—фрезерной головки; *б*—направляющих станины и червячной коробки привода стола; *в*—каретки

подает его через пластинчатый фильтр *4* к маслораспределителю *9*. В маслораспределителе имеются дроссели *8*, с помощью которых регулируется количество масла, подаваемого к каждому месту смазки: зубчатым парам и подшипникам червячной коробки, направляющим станины. Масло к каждой направляющей станины подводится в двух точках. Когда стол расположен над одной из точек, подача масла в другую точку прекращается путем переключения золотника *6* кулачком, установленным на столе.

Давление масла в системе регулируют напорным золотником *3* и контролируют по манометру *10*. Кроме того, в системе смазки предусмотрен автоматический контроль за давлением масла с помощью реле *11*, которое дает команду на остановку стола при снижении давления в системе смазки. Для защиты направляющих стола от попадания стружки, пыли, воды на торцах стола установлены скребки *13*, по бокам стола закреплены щитки *12* и, кроме того, направляющие станины закрывают телескопическими щитками (см. рис. 63).

Направляющие кареток и гайки ходовых винтов смазывают под давлением с использованием дозаторов, приводимых в действие от гидросистемы зажима и отжима кареток. При подаче команды с пульта управления станком на перемещение каретки сначала срабатывает гидравлический механизм отжима и одновременно масло поступает в нижнюю полость цилиндра дозатора *1* (рис. 138,*в*), поршень *3* перемещается вверх и выдавливает масло из верхней полости цилиндра через клапан *8* в трубопровод *7* на смазку направляющих каретки и гайки ходового винта.

После остановки каретки срабатывает механизм ее зажима, одновременно нижняя полость цилиндра дозатора соединяется со сливом, поршень под действием пружины *4* перемещается вниз, а масло через дросселирующее отверстие *6* в поршне заполняет верхнюю полость цилиндра.

Количество масла, подаваемого дозатором за один цикл отжима и зажима каретки, регулируется в дозаторе винтом *2*, который ограничивает ход поршня. Кроме того, частично расход масла на смазку можно отрегулировать колпачком *5*, сжимающим пружину *4*; чем больше сжата пружина, тем при меньшем ходе поршня вверх уравновесятся силы, действующие на поршень снизу и сверху. Для остальных элементов станка, таких, как механизм поворота фрезерных головок, оси направляющих роликов троса, оси рычагов зажима траверсы и др., применяют консистентную смазку через пресс-масленки шприцем.

Во время эксплуатации станка необходимо постоянно следить за работой системы смазки, уровнем масла в резервуарах, своевременно вручную производить смазку узлов станка согласно прилагаемой к станку инструкции, содержать станок в чистоте, следить за исправностью различных устройств (уплотнений, щитков, скребков и т. п.), защищающих трущиеся пары (направляющие, винтовые и зубчатые передачи, подшипники и т. п.) от загрязнения.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ФРЕЗЕРОВЩИКА

В понятие «рабочее место» входит оборудование, технологическая и организационная оснастка. Технологическая оснастка включает режущий, измерительный и вспомогательный инструмент, приспособления и техническую документацию. Организа-

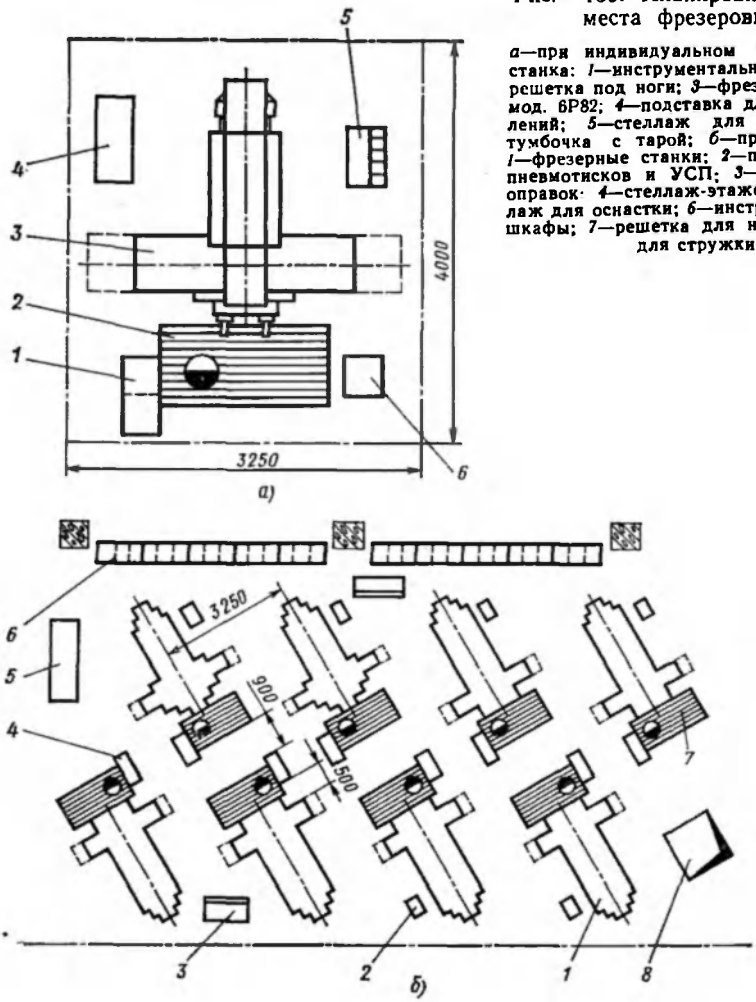


Рис. 139. Планировка рабочего места фрезеровщика:

а—при индивидуальном расположении станка: *1*—инструментальный шкаф; *2*—решетка под ноги; *3*—фрезерный станок мод. 6Р82; *4*—подставка для приспособлений; *5*—стеллаж для оправок; *6*—тумбочка с тарой; *б*—при групповом: *1*—фрезерные станки; *2*—подставка для пневмотисков и УСП; *3*—стеллаж для оправок· *4*—стеллаж-этажерка; *5*—стеллаж для оснастки; *6*—инструментальный шкафы; *7*—решетка для ног; *8*—бункер для стружки

ционная оснастка состоит из устройств для размещения на рабочем месте технологической оснастки, заготовок и обработанных деталей, а также подъемно-транспортных устройств, местного освещения и т. п., создающих рабочему условия для безопасной и производительной работы.

Однако это только условия, а действительно безопасная и производительная работа обеспечивается соответствующей организацией рабочего места, организацией труда и условиями труда.

Рациональная организация рабочего места включает в себя следующие операции: планировку рабочего места и его внешнее оформление, количество и расположение заготовок, обработан-

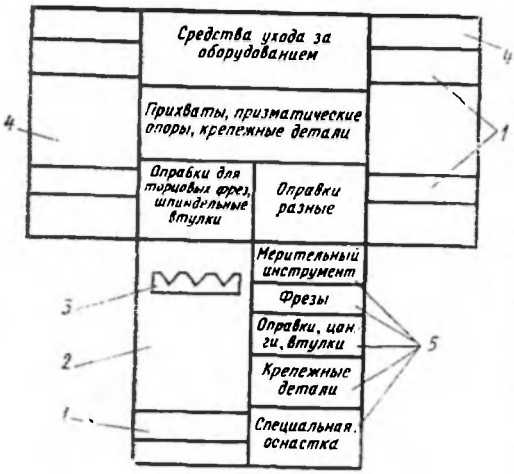


Рис. 140. Схема размещения инструмента и оснастки в инструментальном шкафу фрезеровщика:

1—карманы для слесарного инструмента; *2*—дверца правой секции нижнего отделения; *3*—держатель для слесарного инструмента; *4*—дверца верхнего отделения; *5*—выдвижные ящики

ных деталей и инструмента на рабочем месте, соблюдение санитарно-гигиенических норм, чистоту рабочего места и т. д.

Типовая планировка рабочего места фрезеровщика при индивидуальном расположении консольно-фрезерного станка *3* приведена на рис. 139, *а*. Слева от рабочего расположен инструментальный шкаф *1*, справа — стол или тумбочка с тарой для заготовок и обработанных деталей. Слева от станка установлена подставка *4* для приспособлений, справа — стеллаж *5* для оправок.

На рис. 139,*б* дан пример группового расположения фрезерных станков *1*, при котором инструментальные шкафы *6* вынесены за пределы рабочих мест, а на рабочем месте установлен стеллаж-этажерка *4* для подготовленных к работе инструмента, оснастки, заготовок и обработанных деталей (в таре).

Такие приспособления, как делительные головки, поворотные столы, пневмотиски и т. п., следует хранить на стеллажах и подставках, которые должны быть установлены на участке. Производительной работе станочника способствует удобное расположение инструмента и оснастки (рис. 140).

Набор инструмента и оснастки, используемых при работе на фрезерных станках, определяется типом станка, номенклатурой обрабатываемых деталей, технологическим процессом и соблюдением требования о наличии на рабочем месте только самого необходимого, постоянно используемого инструмента и оснастки.

Важное место среди факторов повышения производительности труда и обеспечения безопасности работы на производстве занимает улучшение условий труда. Сюда относится создание удобных в управлении станков, поддержание чистоты и порядка на рабочем месте, снижение уровня шума, оптимизация воздушной среды и освещенности рабочих мест, снижение утомляемости от монотонного труда и др.

Из многих требований к системе управления станком выде-

лим лишь требование легкости и удобства управления. Усилия на рукоятках не должны превышать 6—8 кгс, а на рукоятках, часто используемых для управления, не более 4—4,5 кгс. Если наряду с ручным передвижением узла возможно и механическое, то предельно допустимое усилие на укоятке должно быть 16 кгс.

Органы управления станком необходимо располагать рационально. Считается наиболее оптимальной зоной расположения органов управления по фронту 1000 мм, по высоте 800—1300 мм и глубине 250 мм. В этой зоне необходимо располагать наиболее часто применяемые органы управления, тогда утомляемость рабочего будет наименьшая.

Чистоту и порядок на рабочем месте следует поддерживать постоянно. Заготовки, обработанные детали и приспособления следует хранить в специально отведенных местах. Рядом со станочником должно находиться только то, что требуется для выполнения данной операции.

Проходы между станками должны быть свободными. При уходе за станком надо следить за тем, чтобы масло из смазочных устройств не вытекало на пол, не разливалась смазочно-охлаждающая жидкость, не разбрасывались обтирочные материалы.

Повышенный шум, продолжительное время воздействующий на нервную систему рабочего, приводит к быстрой утомляемости, снижению работоспособности, появлению различных заболеваний, поэтому необходимо постоянно вести борьбу с шумом, а там, где это невозможно, создавать акустически противошумные помещения, изолировать механические участки от шумных цехов (заготовительного, штамповочного, котельно-сварочного), применять средства личной защиты от шума. Уровень шума на рабочем месте должен быть не выше 70 дБ.

Оптимальная освещенность на рабочем месте должна быть 200—500 лк, а наименьшая допустимая 150—200 лк. Освещенность состоит из естественного (дневного) света, проникающего через фонари и окна, и искусственного освещения в виде электрических ламп, одни из которых создают общее цеховое освещение, а другие установлены непосредственно на рабочем месте.

Недостаточная освещенность рабочего места заставляет рабочего напрягать зрение, что приводит к утомлению, может явиться причиной травм и снижает производительность труда.

Оптимизация воздушной среды, окружающей станочника на рабочем месте, способствует повышению производительности труда и сохранению здоровья. Оптимальными должны быть состав и чистота воздуха, его температура и влажность. Температура воздуха зимой в механическом цехе должна быть не ниже 16—18°, а летом не выше 28°. Запыленность воздуха и содержание в нем вредных веществ не должны превышать установленных санитарно-гигиенических норм. Для этого в цехе устанавливают нагревательные приборы, применяют искусственную и используют естественную (через фонари и окна на участке) вентиляцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ачеркан Н. С.** Металлорежущие станки. Т. I и II. М., «Машиностроение», 1965, 764 с., 628 с.

2. **Ачеркан Н. С.** Расчет и конструирование металлорежущих станков. М., Машгиз, 1952, 745 с.

3. **Барбашов Ф. А.** Фрезерное дело. М., «Высшая школа», 1975. 214 с.

4. **Башта Т. М.** Гидропривод и гидроавтоматика. М., «Машиностроение», 1972. 320 с.

5. **Башта Т. М.** Машиностроительная гидравлика. М., «Машиностроение», 1971, 672 с.

6. **Болотин Х. Л., Костромин Ф. П.** Станочные приспособления. М., «Машиностроение», 1973. 344 с.

7. **Бурков В. А.** Пружинно-гидравлические устройства для механизированного зажима инструмента с коническим хвостовиком.— «Станки и инструмент», 1974, № 2. 20 с.

8. **Двенадцатая** Европейская станкостроительная выставка 1971 г. в Милане. М., НИИМАШ, 1972. 40 с.

9. **Кобринский А. Е.** Числа управляют станками. М., «Наука», 1967. 163 с.

10. **Кобуладзе А. Н., Прунис Л. М.** Инструментальные автооператоры обрабатывающих центров с горизонтальным расположением шпинделя. — «Станки и инструмент», 1974, № 5. 34 с.

11. **Копылов Р. Б.** Работа на фрезерных станках. Л., Лениздат, 1971. 416 с.

12. **Кучер А. М., Киватицкий М. М., Покровский А. А.** Металлорежущие станки. Л., «Машиностроение», 1971. 307 с.

13. **Лещенко В. А.** Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением. М., «Машиностроение», 1975. 288 с.

14. **Маталин А. А., Дашевский Т. Б., Княжицкий Н. И.** Многооперационные станки. М., «Машиностроение», 1974. 320 с.

15. **Международная** станкостроительная выставка 1972 г. в Чикаго. М., НИИМАШ, 1972. 127 с.

16. **Международная** станкостроительная выставка 1973 г. в Ганновере. М., НИИМАШ, 1974. 144 с.

17. **Металлорежущие** станки. М., «Машиностроение», 1970. 464 с. Авт.: В. К. Тепныкичиев, Л. В. Красниченко, А. А. Тихонов и др.

18. **Станкостроение СССР.** М., НИИМАШ, 1970. 118 с.

19. **Чернов И. Н.** Металлорежущие станки. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1972. 408 с.

20. **Шихельман Х. Л.** Фрезерование на прецизионных станках. М., «Машиностроение», 1971. 130 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава первая

Общие сведения о фрезерных станках

1. Основные понятия 5
2. Основные типы фрезерных станков и их компоновка 7
3. Классификация станков 16
4. Закономерности построения механизмов главного движения и подач 17

Глава вторая

Основные механизмы и узлы фрезерных станков

1. Механические передачи 19
2. Гидравлические передачи 28
3. Типовые механизмы и узлы фрезерных станков 41

Глава третья

Фрезерные станки общего назначения

1. Горизонтально-фрезерные станки 69
2. Широкоуниверсальные фрезерные станки 76
3. Вертикально-фрезерные станки 78
4. Продольно-фрезерные станки 83

Глава четвертая

Специализированные фрезерные станки

1. Шпоночно-фрезерные и фрезерно-центровальные станки 93
2. Фрезерные станки непрерывного действия 98
3. Копировально-фрезерные станки 101

Глава пятая

Основные понятия о фрезерных станках с программным управлением

1. Общие положения 109
2. Кодирование программ 110
3. Системы, элементы и узлы программного управления станками . . . 111
4. Вертикально-фрезерный станок с числовым программным управлением мод. 6Р13Ф3 125
5. Многооперационные станки 131
6. Тенденции развития фрезерных станков 141

Глава шестая

Приспособления для фрезерных станков

1. Приспособления для установки и закрепления заготовок 143
2. Приспособления для закрепления фрез 149
3. Приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков 153

Глава седьмая

Сведения по эксплуатации фрезерных станков

1. Регулировка узлов фрезерных станков 162
2. Смазка узлов фрезерных станков 171
3. Организация рабочего места фрезеровщика 178
Список литературы 182

ИБ № 1447

Александр Григорьевич Ничков

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Редактор Л. И. Воронина
Технические редакторы Л. Т. Зубко, А. И. Захарова
Корректор А. А. Снастина
Обложка художника Е. Г. Шубенцова

Сдано в набор 8/VI 1977 г.
Подписано к печати 17/VIII 1977 г. Т-09296.
Формат 60×90 1/16
Бумага типографская № 1
Усл. печ. л. 11,5 Уч.-изд. л. 11,4
Тираж 30 000 экз. Заказ 2892. Цена 45 коп.

Издательство «Машиностроение», 1078885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., д. 3.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Хохловский пер., 7.

45 коп.

Москва • Машиностроение • 1977