

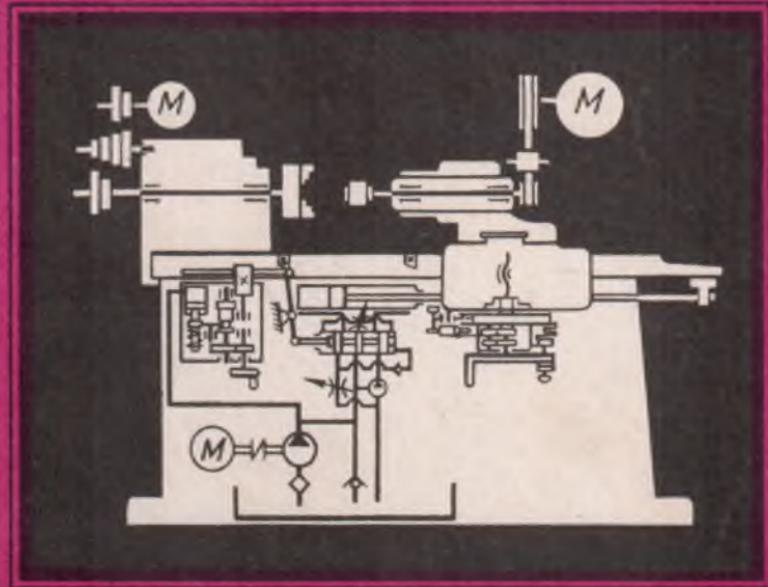
БИБЛИОТЕКА



СТАНОЧНИКА

В. В. Лоскутов

# ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ



БИБЛИОТЕКА



СТАНОЧНИКА

Основана в 1976 году

В. В. Лоскутов

# ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

2-е издание,  
переработанное и дополненное

103202



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1988

ББК 34.637.3  
Л79  
УДК 621.924.1

Редакционная коллегия:

доц. В. Н. Гулин, доц. А. В. Коваленко, инж. Г. Н. Кокшаров, доц. В. В. Кувшинский, канд. техн. наук В. А. Куприянов, проф. В. В. Лоскутов, инж. И. В. Маракулин, лауреат Государственной премии СССР проф. С. И. Самойлов, доц. Ю. И. Тулаев, д-р техн. наук проф. Ю. С. Шарин.  
Рецензент — инж. С. Е. Локтева.

Лоскутов В. В.

Л79      Шлифовальные станки.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.:  
Машиностроение, 1988.— 176 с.: ил.— (Б-ка станочника).  
ISBN 5-217-00252-2

Изложены основные типы шлифовальных станков, рассмотрены кинематические схемы, типовые детали и узлы. Во втором издании (1-е изд. 1976 г.) рассмотрены новейшие станки с ЧПУ. Значительное внимание удалено расширению технологических возможностей станков, вопросам автоматизации и средствам механизации.

Для рабочих-станочников и мастеров машиностроительных заводов.

Л 2704040000—234  
— 038(01)—88      234—88

ББК 34.637.3

ISBN 5-217-00252-2

© Издательство «Машиностроение», 1988

## ВВЕДЕНИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», принятых на XXVII съезде нашей партии сказано: «Обеспечить опережающий выпуск металлорежущих станков с числовым программным управлением, станков типа «обрабатывающий центр», тяжелых и уникальных станков и прессов, оборудования для автоматизации сборки массовых изделий в машиностроении, роторных, роторно-конвейерных и других автоматических линий для машиностроения и металлообработки. Существенно расширить выпуск станков высокой и особо высокой точности».

Машиностроение — ключевая отрасль народного хозяйства, призванная обеспечить научно-технический прогресс во всех отраслях народного хозяйства. Сердцевиной же машиностроения является станкостроение. Ускорителями научно-технического прогресса являются: микроэлектроника, вычислительная техника, приборостроение, вся система информатики, на базе которых появились станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Современное машиностроение немыслимо без применения шлифовальных операций, широкое применение которых обусловлено рядом причин: 1) при абразивной обработке наиболее производительно и экономично достигают высокого качества обрабатываемых поверхностей и необходимой точности деталей; 2) расширяется номенклатура деталей, изготавляемых из труднообрабатываемых материалов, что увеличивает возможности шлифования при одновременном росте производительности, экономичности и снижении шероховатости шлифуемых поверхностей; 3) непрерывно снижаются припуски на обработку в связи с совершенствованием заготовительных операций (ковка, штамповка, литье) и размеры заготовок максимально приближаются к размерам готовой детали.

Шлифовальные станки наряду с другими станками устанавливают в автоматические линии. Так, в станочном парке Волжского автомобильного завода 38% составляют станки для абразивной обработки, что объясняется высокими требованиями к точности обработки и качеству деталей автомобиля.

Производительность абразивной обработки повышают путем внедрения высокопроизводительного шлифования (скоростное, обтирочное), обеспечивающего точность обработки и низкую шероховатость поверхности. Широкое применение находят высокоэффективные абразивные инструменты из синтетических сверхтвердых материалов (синтетических алмазов и кубического нитрида бора).

## ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ШЛИФОВАНИЕМ

### 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ

Металлорежущим станком называют машину, предназначенную для обработки заготовки резанием с целью придания ей заданной геометрической формы, размеров и необходимого параметра шероховатости. Металлорежущие станки, у которых в качестве режущего инструмента применяют абразивы, называют шлифовальными станками.

**Технологический процесс** — часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства, т. е. технологический процесс предусматривает последовательное превращение заготовки в готовую деталь. Технологический процесс состоит из операции, установа, перехода, рабочего хода и позиции.

**Технологическая операция** — законченная часть технологического процесса, выполненная на одном рабочем месте.

**Установ** — часть технологической операции выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

**Технологический переход** — законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой.

**Рабочий ход** — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров и шероховатости заготовки.

**Позиция** — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования, для выполнения определенной части операции.

Технологический процесс влияет на производительность станка, его кинематику и конструктивное оформление. Поэтому, приступая к изучению станка, необходимо выяснить, какие детали, каких размеров, каким режущим инструментом будут обрабатываться и на каких режимах следует вести обработку.

В маршрутной карте приводят последовательность выполнения процесса изготовления детали по всем операциям с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах. Как правило, заготовка, прежде чем поступить на шлифовальный станок для обработки, до этого обрабатывалась на других станках (токарных, сверлильных и т. д.).

На рис. 1 показаны типовые детали, изготавляемые на шлифовальных станках. Среди них простые цилиндрические валики и сложные коленчатые валы двигателей, шлицевой вал и направляющие станины, кольца и длинные трубы (вали), червяки и зубчатые колеса, детали, образованные плоскими поверх-

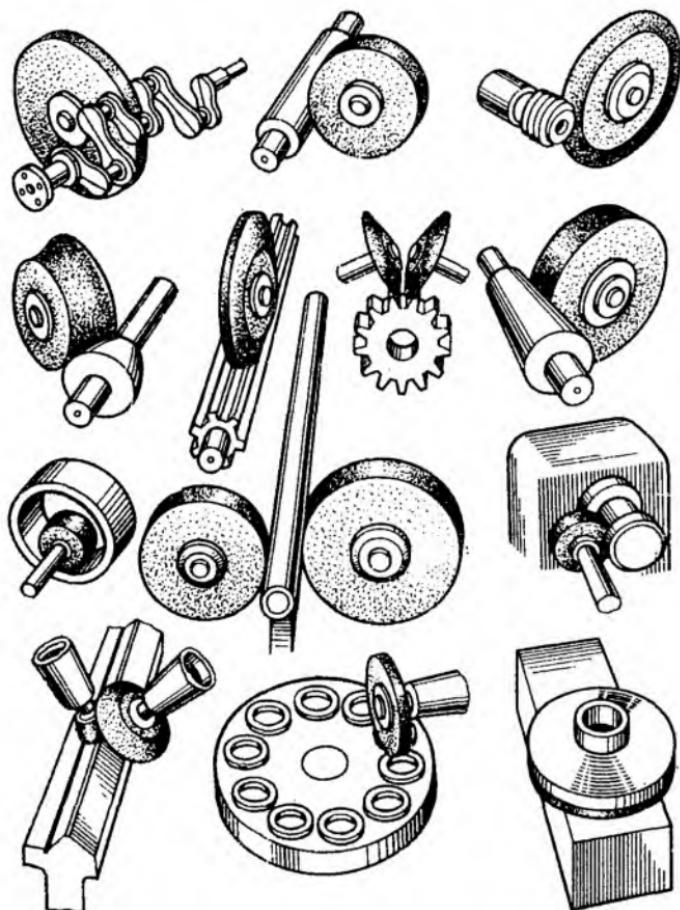


Рис. 1. Типовые детали, изготавляемые на шлифовальных станках

ностями, и детали, поверхности которых имеют сложную пространственную форму.

**Понятие о режимах шлифования.** Технологический процесс определяет те движения, которые должны совершать режущий инструмент и заготовка при обработке. В металлорежущих станках все движения резания делят на главное и движение подачи. Например, при изготовлении детали цилиндрической формы (рис. 2) необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга; вращение шлифуемой заготовки; возвратно-поступательное движение заготовки; периодическое поперечное перемещение шлифовального круга. Таким образом, составляющими режима при круглом наружном шлифовании являются: окружная скорость шлифовального круга, частота вращения заготовки, глубина резания (поперечная подача) и продольная подача заготовки.

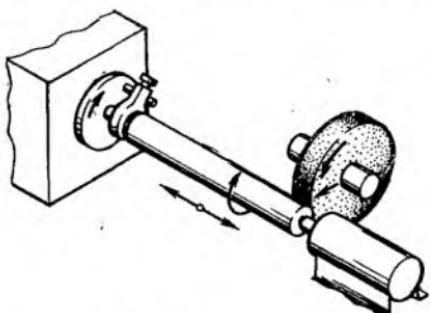


Рис. 2. Схема круглого наружного шлифования

движение, которое обеспечивает окружную скорость резания и измеряется в метрах в секунду. Окружная скорость круга, м/с,

$$v_k = \pi D n / (60 \cdot 1000),$$

где  $D$  — диаметр шлифовального круга, мм;  $n$  — частота вращения шлифовального круга, об/мин.

Окружная скорость заготовки обычно измеряется в метрах в минуту, так как она в 60—100 раз меньше окружной скорости шлифовального круга. Окружная скорость заготовки, м/мин,

$$v_z = \pi d n_z / 1000,$$

где  $d$  — диаметр заготовки, мм;  $n_z$  — частота вращения заготовки, об/мин.

**Глубина шлифования.** Поперечное перемещение шлифовального круга в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности за время одного продольного хода называют глубиной резания. Глубина резания представляет собой толщину слоя металла, снимаемого за один рабочий ход. При круглом чистовом шлифовании глубина резания равна 0,005—0,015 мм, при обдирочном шлифовании 0,01—0,025 мм.

**Продольной подачей** при круглом шлифовании называют путь, пройденный заготовкой (или кругом), за одну минуту или за время одного оборота шлифуемой заготовки. Продольная по-

дача при круглом шлифовании зависит от вида шлифования: при обтирочном шлифовании заготовок диаметром меньше 20 мм подача равна  $0,3 - 0,5H$ , где  $H$  — высота шлифовального круга; при обтирочном шлифовании заготовок большего диаметра из закаленной стали — до  $0,7H$ ; для заготовок из незакаленной стали — до  $0,75H$ ; для заготовок из чугуна — до  $0,85H$ ; при чистовом шлифовании — до  $0,2 - 0,3H$ .

## ✓ 2. ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ И ПОДАЧ

Каждая технологическая операция обработки резанием должна осуществляться с экономически выгодными режимами резания, обеспечивающими максимальную производительность станка при заданной точности шероховатости обрабатываемой поверхности. Выбор режимов резания зависит от глубины резания и подачи, режущей способности инструмента, качества обрабатываемого материала и др. Поэтому параметры резания необходимо регулировать исходя из конкретных условий обработки.

Регулирование элементов режима резания может быть бесступенчатым и ступенчатым. Бесступенчатое регулирование дает возможность установить любую скорость резания (подачу) в заданных пределах от минимальной величины до максимальной. С экономической точки зрения это целесообразно.

*Бесступенчатое регулирование* может быть осуществлено средствами механики и гидравлики. В качестве механического способа бесступенчатого регулирования применяют различные вариаторы скорости. Однако механические вариаторы скорости сложны, не всегда обеспечивают передачу необходимой мощности и обладают невысоким коэффициентом полезного действия (КПД).

*Ступенчатое регулирование* дает возможность установить ограниченное число частот вращения (подач) в заданных пределах от минимального до максимального значения регулируемого параметра. По этой причине величина регулирования не всегда может быть установлена оптимальной. Однако механизмы со ступенчатым регулированием компакты и имеют более высокий КПД по сравнению с механизмами бесступенчатым регулированием.

Из закономерностей, по которым могут быть расположены частоты вращения (подач) при ступенчатом регулировании, следует указать на геометрический и арифметический ряды частот вращений (подач).

**Геометрический ряд частот вращений.** Русский академик А. В. Гадолин в 1876 г. доказал целесообразность изменения частоты вращения шпинделя в станках по закону геометрической прогрессии. Геометрическая прогрессия — это ряд чисел, в ко-

тором каждый последующий член получается умножением предыдущего на одно и то же число, называемое знаменателем прогрессии. Например, ряд чисел 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 и т. д. представляет геометрическую прогрессию со знаменателем, равным 2.

Значение  $K = n_{\max}/n_{\min}$  называют диапазоном регулирования частоты вращения ряда ( $n_{\max}$  и  $n_{\min}$  наибольшая и наименьшая частота вращения). Величина  $K$  характеризует степень универсальности станка, чем больше  $K$ , тем более универсален станок.

Относительная потеря скорости резания  $\Delta v$  показывает, на сколько процентов изменится скорость резания при переходе с одной частоты вращения на другую (соседнюю) при одном и том же диаметре изготавляемой детали. Знаменатель геометрической прогрессии  $\varphi$  нормализован и приведен ниже:

$$\Phi \cdot \dots \cdot (\varphi - 1) 100\% / \varphi \cdot \dots \cdot \dots \quad 1,06 \quad 1,12 \quad 1,26 \quad 1,41 \quad 1,58 \quad 1,78 \quad 2 \\ 5 \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \quad 45 \quad 50$$

Приведем **механические устройства**, обеспечивающие бесступенчатое и ступенчатое регулирование скорости главного движения и подач.

Из большого числа механических бесступенчатых приводов рассмотрим вариатор с раздвижными стальными конусами и стальным промежуточным кольцом (рис. 3). На ведущем валу I расположены конусные диски 1 и 3. Диск 1 установлен жестко на валу, а диск 3 может перемещаться по шпонке вала, на валу II расположены конусные диски 2 и 4, из которых диск 2 может перемещаться, а диск 4 жестко укреплен на валу.

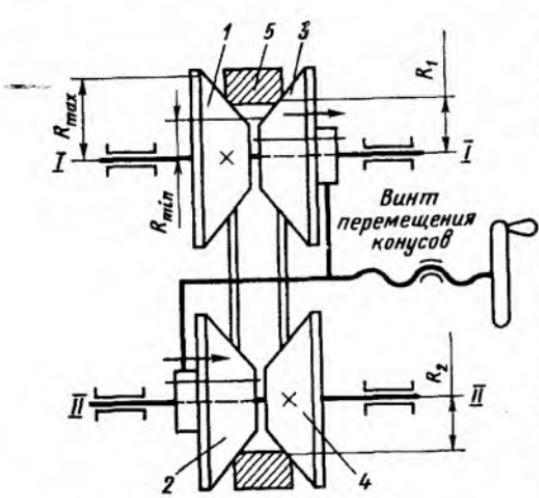


Рис. 3. Схема вариатора с раздвижными конусами и стальным промежуточным кольцом

Частоту вращения вала II изменяют перемещением конусных дисков 3 и 2, вследствие чего меняется положение кольца 5. Частота вращения ведомого вала

$$n_{II} = n_1 \frac{R_1}{R_2} \varepsilon,$$

где  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы ведущего и ведомого конусов в точках контакта с кольцом;  $\varepsilon = 0,98$  — коэффициент, учитывающий проскальзывание кольца.

Наибольшая частота вращения ведомого вала II

$$n_{II\max} = n_1 \frac{R_{\max}}{R_{\min}} \varepsilon.$$

Наименьшая частота вращения ведомого вала II

$$n_{II\min} = n_1 \frac{R_{min}}{R_{max}} \varepsilon.$$

Диапазон регулирования механизма

$$R = \frac{n_{II\max}}{n_{II\min}} = \left( \frac{R_{max}}{R_{min}} \right)^2,$$

где  $R_{max}$  и  $R_{min}$  — наибольший и наименьший радиусы ведущего и ведомого конусов в точках контакта с кольцом.

Вариаторы с раздвижными конусами имеют мощность 0,4 ... 8 кВт с  $R=6,9 \dots 12$ , при частоте вращения ведущего вала 1500 об/мин. Материалом конусов и кольца является шарикоподшипниковая сталь.

**Ступенчатое регулирование.** В шлифовальных станках круг приводят во вращательное движение от электродвигателя посредством клиноременной или плоскоременной передачи, реже от электродвигателя, встроенного в шлифовальную бабку и соединенного со шпинделем шлифовального круга. Ременная передача для вращения шпинделя шлифовального круга обеспечивает равномерную и безвибрационную работу при высоких окружных скоростях круга. Для компенсации уменьшения окружной скорости круга при его износе в процессе шлифования и правки в приводе шлифовального круга предусматривают сменные шкивы или ступенчато-шкивные передачи, дающие возможность повысить частоту вращения круга по мере его изнашивания.

На рис. 4 приведена двухваловая ременная передача. Путем смены шкивов  $d_1$  и  $d_2$ , расположенных на валах I и II, при постоянной частоте вращения ведущего вала I можно получить разные частоты вращений ведомого вала II. Передаточное отношение ременной передачи  $i = \frac{d_1}{d_2}$ , где  $d_1$  и  $d_2$  — диаметры шкивов, мм.

**Пример.** В круглошлифовальном станке ЗА151 вращение круга осуществляют от электродвигателя с  $n=980$  об/мин через ременную передачу. Наличие двух сменных шкивов диаметром 162 и 142 мм и шкива диаметром 185 мм на валу электродвигателя дает возможность получить две скорости вращения шпинделя круга.

Принимая  $d_1=185$  мм, а  $d_2=162$  мм или 142 мм, будем

$$\text{иметь } n_1 = 980 \frac{185}{162} = 1112 \text{ об/мин или } n_2 = 980 \frac{185}{142} =$$

$$= 1274 \text{ об/мин.}$$

Так как расстояние между центрами шкивов  $185+162$  не равно расстоянию  $185+142$ , то необходимо обеспечить натяжение ремня.

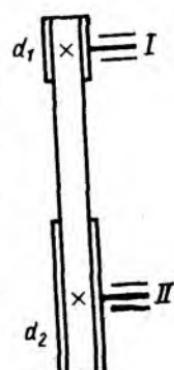


Рис. 4. Ременная передача

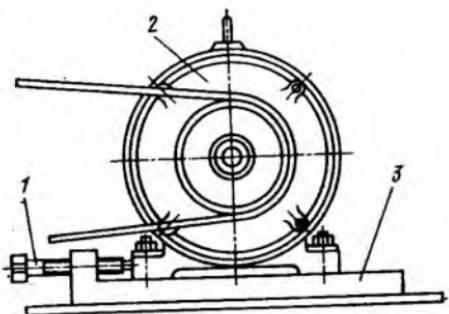


Рис. 5. Схема натяжения ремня

На рис. 5 показана схема натяжения ремня. По салазкам 3 перемещают электродвигатель 2 с помощью винта 1. На рис. 6, а показана ступенчато-шкивная передача на две частоты вращения, что исключает смену шкивов. Вращение с вала I передается на вал II через шкивы  $d_1/d_2$  и  $d_3/d_4$ . Частоты вращения ведомого вала II

$$n_1 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \epsilon \text{ и } n_2 = n_1 \frac{d_3}{d_4} \epsilon,$$

где  $n_1$  — частота вращения вала I;  $d_1 \dots d_4$  — диаметры шкивов.

Для использования одного ремня на всех ступенях необходимо, чтобы  $d_1 + d_2 = d_3 + d_4$ . Такое соотношение диаметров принято на универсально-заточном станке ЗМ642Е в приводе вращения шпинделя несущего шлифовальный круг.

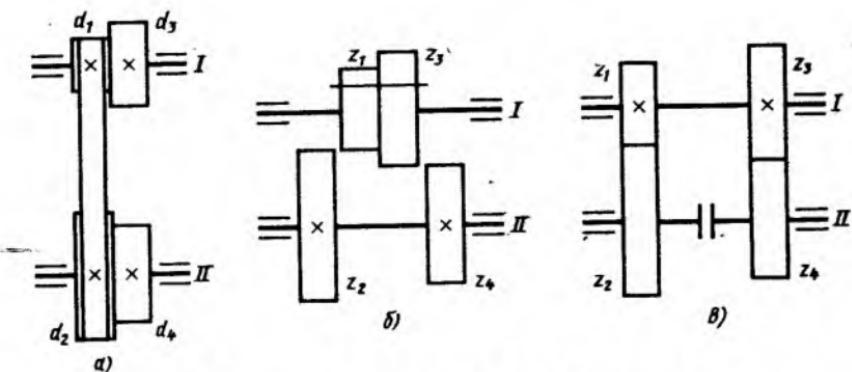


Рис. 6. Ступенчато-шкивная (а) и зубчатая (б) передачи для двух частот вращения

На рис. 6, б приведена коробка передач на две частоты вращения с передвижным блоком зубчатых колес  $z_1$  и  $z_3$ , которые могут перемещаться по шпонке вала I. На валу II колеса жестко соединены с валом шпонками. Так как зубчатые колеса одного модуля, то  $z_1 + z_2 = z_3 + z_4$ .

На рис. 6, в показана коробка передач для двух частот вращения с зубчатыми колесами находящимися в постоянном сцеплении. Колеса  $z_1$ ,  $z_3$  посажены на шпонках вала I и колеса  $z_2$ ,  $z_4$  — на валу II свободно и могут с ним соединяться посредством

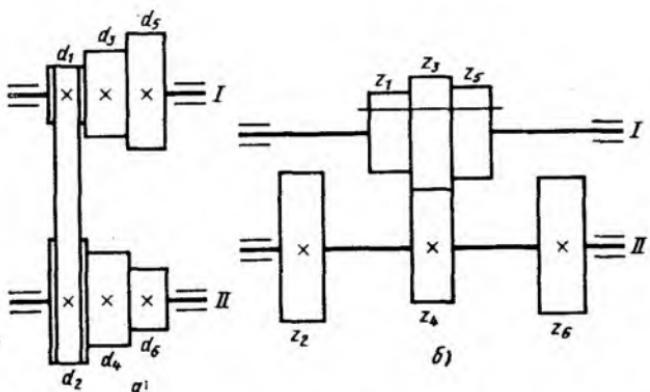


Рис. 7. Ступенчато-шкивная и зубчатая передачи для двух частот вращения

фрикционной муфты, дающей возможность быстро менять частоту вращения, не останавливая станка.

На рис. 7, а приведена ступенчато-шкивная передача с плоским ремнем для трех частот вращения и трехскоростная коробка передач с подвижным блоком зубчатых колес  $z_1, z_3, z_5$ . Частоты вращения этих передач определяют так же, как и двухскоростных передач.

Иногда в шлифовальных станках встречаются механизмы главного движения (подач) и с большим числом частот вращения. Так, вертикально-хонинговальный станок ЗК83У имеет коробку передач на девять частот вращения шпинделья, а плоскошлифовальный станок ЗЕ756 — на шесть частот вращения. Большое число частот вращения коробок передач в шлифовальных станках встречается редко.

На рис. 8 дана схема зацепления храпового механизма, состоящая из собачки 1 и храпового колеса 2. Собачка, получая периодическое движение, поворачивает колесо и тем самым перемещает рабочий орган станка.

Поперечная подача станка за один двойной ход, мм/дв.ход,

$$S_n = c \frac{k}{z} P_{x.v.}$$

где  $c$  — постоянное отношение передачи;  $k$  — число зубьев храпового колеса, захватываемых собачкой;  $z$  — число зубьев храпового колеса;  $P_{x.v.}$  — шаг ходового винта, мм.

Принимая  $k$ , равным 1, 2, 3..., получим

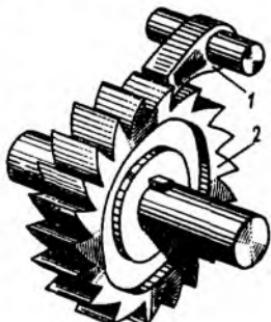


Рис. 8. Схема храпового механизма

ряд подач, расположенных, по арифметической прогрессии.

В шлифовальных станках широкое применение находят электродвигатели с бесступенчатым регулированием в большом диапазоне. Так, внутришлифовальный станок ЗМ227В имеет бабку изделия, в которой частота вращения шлифуемой заготовки изменяется от 60 до 1200 об/мин бесступенчато.

В последнее время появились высокомоментные электродвигатели для привода подач металлорежущих станков. Основное отличие высокомоментных электродвигателей от других двигателей постоянного тока в том, что вместо электромагнитного возбуждения двигателя используют возбуждение от постоянных магнитов. Эти двигатели обладают следующими преимуществами: допускают 6—10-кратную перегрузку по моменту в течение 20—30 мин; обеспечивают диапазон бесступенчатого регулирования частоты вращения от 2000 до 0,1 об/мин; дают возможность приводить в движение ходовой винт станка, что упрощает конструкцию привода подач; отсутствие обмотки возбуждения снижает общие тепловые потери и увеличивает КПД на 10—15%.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Металлорежущие станки, предназначенные для обработки заготовок абразивными инструментами, составляют шлифовальную группу. При обычном шлифовании достигают параметра шероховатости поверхности  $Ra = 1,25 \dots 0,32 \text{ мкм}$ , при точном шлифовании  $Ra = 0,38 \dots 0,08 \text{ мкм}$ , а при отделочных операциях  $Ra = 0,08 \dots 0,02 \text{ мкм}$ .

Предусмотрено разделение всех металлорежущих станков на девять групп. Группы делят на типы, а типы — по размерам станков или обрабатываемых заготовок.

Группа станков с абразивным инструментом обозначена цифрой 3 (первая цифра в обозначении станка). Вторая цифра указывает тип станка: 1 — круглошлифовальные; 2 — внутришлифовальные станки; 3 — обдирочно-шлифовальные; 4 — специализированные шлифовальные станки; 5 — не предусмотрен; 6 — заточные; 7 — плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом; 8 — притирочные и полировальные станки; 9 — разные станки, работающие с применением абразивного инструмента. Когда необходимо указать, что рассматриваемая конструкция станка усовершенствована, т. е. принадлежит к новому поколению станков, то в условное обозначение вводят букву А (ЗА64).

Третья, а иногда и четвертая цифры характеризуют основные параметры станка или детали. Так, на станке ЗМ151 обрабатывают заготовки диаметром 200 мм и длиной 700 мм, а на станке ЗМ152 соответственно 200 и 1000 мм.

Кроме станков, изготавляемых серийно, выпускают много специальных станков. Как правило, их обозначают условными заводскими номерами. Металлорежущие станки, в том числе станки шлифовальной группы, делят на универсальные, специализированные и специальные.

#### 4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И КОМПОНОВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

В зависимости от формы шлифуемой заготовки и вида шлифования различают шлифовальные станки: для продольного наружного шлифования (центровые и бесцентровые); плоскошлифовальные; для внутреннего шлифования; для профильного шлифования и специальные станки.

Станок состоит из отдельных сборочных единиц. К ним относят: станину стойки, траверсы, колонны, стол, переднюю и заднюю бабки, определяющие положение и характер движения шлифуемой заготовки, бабку шлифовального круга, суппорт.

Под компоновкой станка понимают объединение сборочных единиц и его механизмов в единое целое. Располагать сборочные единицы станка необходимо так, чтобы обеспечить удобное управление станком и наблюдение за его работой.

На рис. 9 приведены компоновки основных типов шлифовальных станков. Круглошлифовальный станок для наружного шлифования имеет следующие сборочные единицы и детали (рис. 9, а): станину станка 1, служащую основанием для размещения на нем сборочных единиц; рабочий стол 6, перемещающийся по направляющим станины; переднюю бабку 2, расположенную на станине и предназначенную для установки и передачи вращательного движения заготовки; заднюю бабку 5, служащую для поддержания правого конца заготовки; шлифовальную бабку 4, несущую на шпинделе шлифовальный круг 3 и получающую вращение от электродвигателя; панель управления 7, в которой сосредоточены механизмы и органы управления.

На рис. 9, б показана схема бесцентровошлифовального станка для шлифования наружных цилиндрических поверхностей. На станине 1 расположены: бабка шлифовального круга 2, на шпинделе которой установлен шлифовальный круг; опорный нож 3, на который опирается заготовка; бабка ведущего круга 4 для вращения заготовки и панель управления 5.

На рис. 9, в приведена схема внутришлифовального станка для шлифования цилиндрических и конических отверстий. На станине 1 установлены стол 5, совершающий возвратно-поступательное движение, и несущий шлифовальную бабку 4, которая сообщает шлифовальному кругу 3 вращательное движение; передняя бабка 2, на шпинделе которой крепят патрон или при-

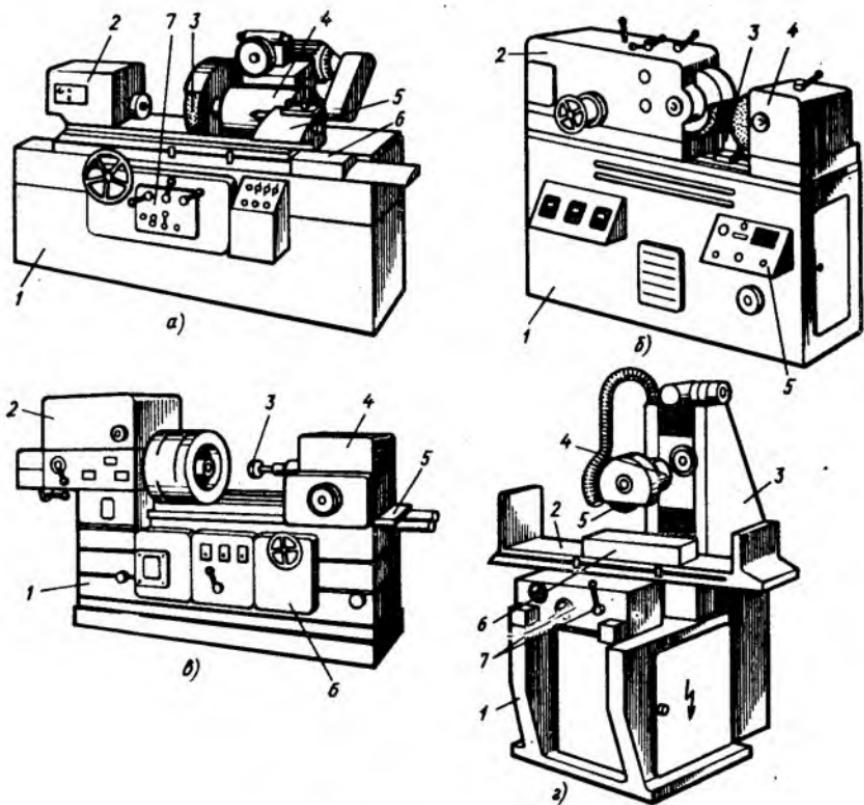


Рис. 9. Шлифовальные станки

способление для закрепления и вращения заготовки; панель управления 6.

На рис. 9, г показана схема плоскошлифовального станка. Назначение его сборочных единиц и деталей следующее: станина 1 и колонны 3 составляют основу станка; стол 2 совершает возвратно-поступательное перемещение в продольном и поперечном направлениях вместе с заготовкой, которую закрепляют на столе или электромагнитной плите 6; шлифовальная бабка 4, несущая на шпинделе круг 5, может перемещаться по вертикальным направляющим колонны 3; панель управления 7.

Станкостроительная промышленность изготавливает металло режущие станки пяти классов точности: Н — нормальной, П — повышенной, В — высокой, А — особо высокой, С — особо точные.

Наибольшее применение нашли шлифовальные станки нормальной и повышенной точности. Соотношение между показате-

лями точности при переходе от одного класса к другому для большинства станков принято по геометрическому ряду со знаменателем  $\varphi = 1,6$ . Например, допускается осевое биение шпиндельной бабки круглошлифовальных станков 4; 2,5; 1,6; 1 мкм соответственно для классов точности П, В, А, С. Высокую точность станков обеспечивают изготовлением основных деталей с высокой степенью точности, а также уменьшением тепловых деформаций путем выноса из станка части гидропривода, системы смазывания и охлаждения, резкого сокращения его вибраций путем динамической балансировки электродвигателей, планшайб, шкивов, а также конструктивным изменением элементов станка.

## 5. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ В ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Систему взаимодействующих звеньев, связывающих два рабочих органа станка или двигатель с исполнительным органом станка, будем называть кинематической цепью. Эта кинематическая связь может быть осуществлена механическими средствами, а также гидравлическими, электрическими и пневматическими.

Число кинематических цепей, из которых образуют кинематическую схему (структуру) станка, соответствует числу относительных движений между заготовкой и шлифовальным кругом. Таким образом, кинематическая цепь станка, как правило, состоит из ременных, зубчатых, червячных и др. передач, расположенных в определенной последовательности. Условное изображение кинематических цепей станка на плоскости чертежа называют кинематической схемой.

В станках наряду с механическими передачами применяют гидравлические, пневматические и электрические. Поэтому, кроме кинематической схемы станка составляют гидравлическую, пневматическую, электрическую или комбинированную.

**Кинематическая схема станка.** Элементы кинематических цепей согласно ГОСТ—2.770—68\* и ГОСТ 2.780—68 изображают на кинематических схемах условно. Кроме условного изображения указывают число зубьев зубчатых и червячных колес и их модуль, число заходов червяков, шаги ходовых винтов, диаметры шкивов, мощность и частоту вращения двигателей.

На рис. 10 приведена гидрокинематическая схема внутришлифовального станка, на которой вынесены звенья кинематической цепи: электродвигатель, ременная передача, шарикоподшипник вала, храповое колесо, цилиндр с поршнем, насос, зубчатая передача и реечная передача. Кинематическая схема станка включает следующие механизмы: главного движения, подач и ряда вспомогательных движений.

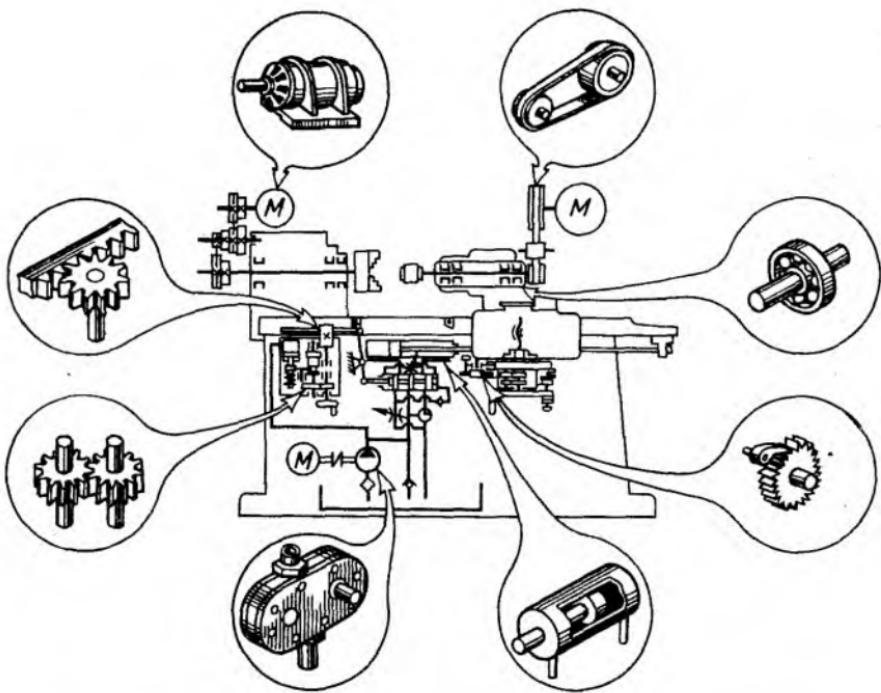


Рис. 10. Гидрокинематическая схема внутришлифовального станка

## 6. ЭРГОНОМИКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Эргономика изучает вопросы, связанные с тем, как обеспечить высокую производительность, надежность, безопасность оборудования, как создать условия наибольшего удовлетворения потребности человека в разумном, интересном труде с наименьшей его утомляемостью.

Эргономика — наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с тем, чтобы создать для него совершенные орудия и оптимальные условия труда. Основными вопросами эргономики являются: правильное расположение рабочего места, зоны управления, манипуляция рукоятками, обслуживание станка и др.

Основные требования к ручному управлению в станках приведены ниже. Рукоятки, рычаги включения и переключения, маховички и т. д. располагают так, чтобы шлифовщик мог управлять ими, находясь в удобном для него положении. Это избавляет его от лишних утомительных движений и непроизводительных затрат времени. В настоящее время изготавливают шлифо-

Рис. 11. Плоскошлифовальный станок ЗД741ЛВ с круглым столом и горизонтальным шпинделем

вальные станки, у которых основные органы управления концентрируют в одном месте. Примером может служить плоскошлифовальный станок ЗД741ЛВ с круглым столом и горизонтальным шпинделем для обработки заготовок периферией шлифовального круга (рис. 11) с пульта управления 1.

Органы управления станком снабжают надежными фиксаторами, исключающими их самопроизвольное включение (выключение). Силы на рукоятках и рычагах управления следующие: для рукояток включения не более 25 раз в смену — не более 80 Н; при частом включении — не более 40 Н; когда рукоятку или маховичок управления устанавливают с большой точностью, силы на них не должны превышать 10 Н.

Для безопасной работы необходимо соблюдать требования о соответствии между направлениями перемещаемых рычагов управления и перемещения включаемых частей станка (они должны совпадать).

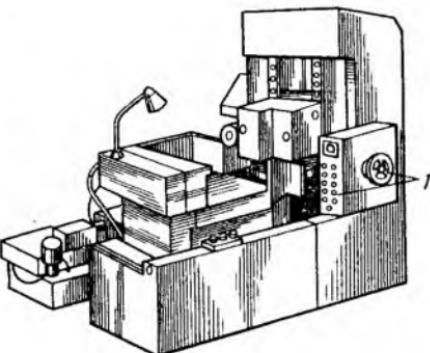
Эргономика учитывает также биомеханические возможности человека. Например:

рука человека двигается быстрее по горизонтали, чем по вертикали, правой рукой удобнее совершать вращение против часовой стрелки, а левой — по часовой стрелке;

там, где требуется быстрая реакция, необходимо использовать движение по направлению «на себя»; рукоятка управления подводом шлифовальной бабки должна перемещаться в направлении движения, так как при переводе рукоятки «на себя» круг должен подходить к заготовке, «от себя» — отходить от нее;

движение руки вперед и назад быстрее, чем движение в стороны;

движение руки менее утомительно, если оно направлено вниз; точные движения лучше выполнять сидя, чем стоя.



## ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ И УЗЛЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

### 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Для обеспечения необходимых движений в шлифовальных станках применяют ременную, зубчатую, червячную, винтовую, гидравлическую и другие передачи.

**Ременная передача.** На рис. 12, а показана передача, состоящая из шкивов *A* и *B*, установленных на параллельно расположенных валах с осями  $O_1$  и  $O_2$ , соединенных между собой ремнем. При вращении шкива *A* вследствие натяжений и возникновения между шкивами и ремнем силы трения будет вращаться и шкив *B*. В этом случае шкив *A* называют ведущим, а шкив *B* — ведомым. Оба шкива врачаются в одном направлении. Необходимое натяжение ремня для передачи нагрузки обеспечивают изменением межосевого расстояния.

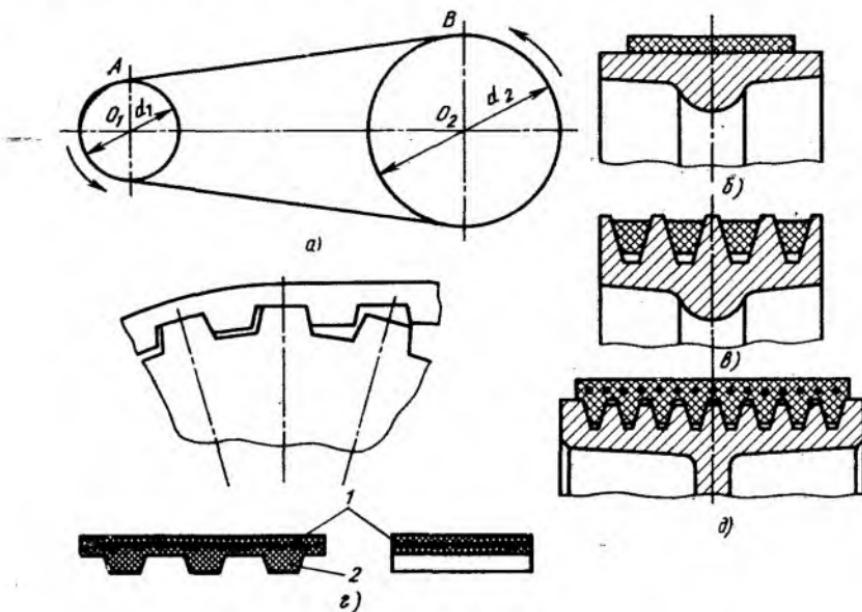


Рис. 12. Ременные передачи

Основные преимущества ременных передач по сравнению с зубчатыми следующие: плавная и бесшумная работа; смягчение толчков и ударов; предохранение от перегрузок благодаря проскальзыванию ремня. Недостатки ременных передач по сравнению с зубчатыми следующие: большие размеры, большие потери на трение и малый срок службы.

Плоские ремни (рис. 12, б) изготавливают из кожи, хлопчатобумажной пряжи, прорезиненной ткани и синтетических материалов. Кроме плоских широко применяют прорезиненные клиновые ремни, что позволяет улучшить сцепление ремня со шкивом, имеющим желобки соответствующего профиля, размеры которого стандартизованы (рис. 12, в). Преимущество клиновых ремней: гибкость, характерная для плоских ремней (рис. 12, д). Зубчатые ремни (рис. 12, е) имеют металлический трос 1, который расположен в резиновой или пластмассовой основе 2.

Скорость ремня  $v = \pi d n / (1000 \cdot 60)$ , где  $d$  — диаметр шкива, мм;  $n$  — частота вращения шкива (вала), об/мин.

Для станков принимают следующие предельные значения скорости вращения ремней: прорезиненных сшитых 25 м/с, кожаных сшитых 40 м/с, клиновых 20...25 м/с, бесшовных хлопчатобумажных 50 м/с.

**Зубчатая передача.** Посредством зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления передается вращательное движение от вала к валу. Для передачи вращательного движения между параллельными валами используют зубчатые колеса с прямыми (рис. 13, а), винтовыми (рис. 13, б) и шевронными (рис. 13, в) зубьями, а также зубчатые колеса с прямыми зубьями внутреннего зацепления (рис. 13, г). Для передачи движения между пересекающимися осями валов применяют конические колеса (рис. 13, д), а между скрещивающимися осями — червячные передачи (рис. 13, е). Зубчатые передачи являются самыми распространенными, как имеющие наименьшие размеры, массу, стоимость и потери на трение.

К зубчатым передачам, преобразующим вращательное движение в прямолинейное, относят реечные передачи (рис. 14, а). Если по неподвижной рейке перемещается зубчатое колесо в направлении часовой стрелки 1, то ось колеса будет перемещаться справа налево (по стрелке 2). Если ось зубчатого колеса неподвижна, а колесо вращается по часовой стрелке, то рейка будет перемещаться по стрелке 3. Винтовая передача (рис. 14, б), как и реечная, служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Винту сообщают вращательное движение, а гайка, навернутая на винт, удерживается от вращения. При вращении винта, она движется вдоль его оси.

На рис. 14, в показана передача винт-гайка качения (шариковая). Типовая шариковая передача винт-гайка качения содержит винт и гайку, комплект шариков и канал, соединяющий витки

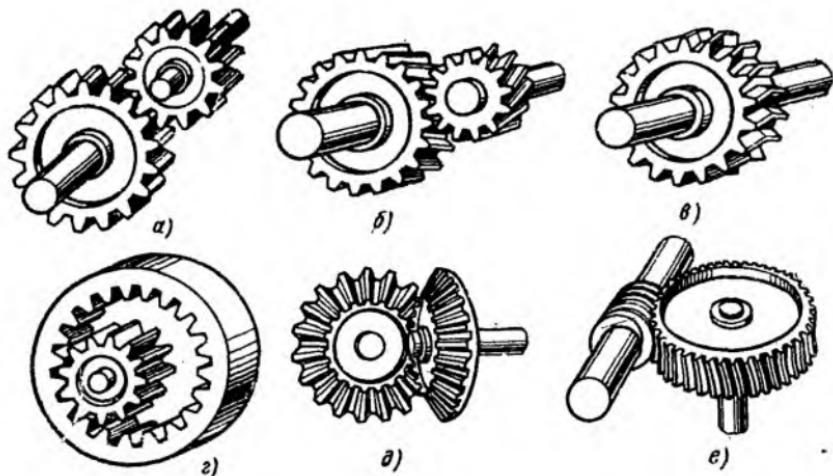


Рис. 13. Зубчатые передачи

гайки, который обеспечивает непрерывную циркуляцию шариков. Широкое применение передач винт-гайка качения обусловлено по сравнению с передачей винт-гайки скольжения (рис. 14, б), преобразующей вращательное движение в поступательное, рядом их преимуществ: возможность полного устранения зазора в резьбе и создания натяга, что повышает точность и равномерность перемещения рабочего органа станка; исключение или значительное снижение надежности перемещения рабочего органа при перевортировании; постоянство момента трения, что дает возможность осуществлять точные перемещения с малой скоростью; малые потери от трения.

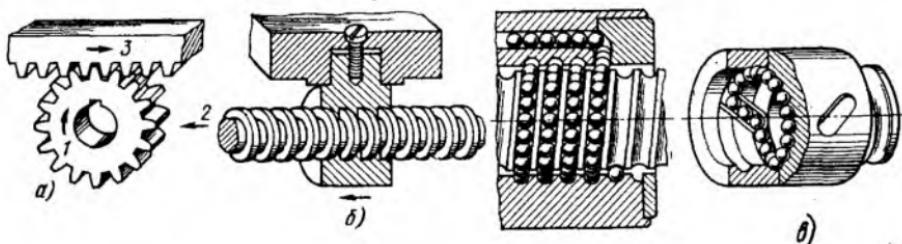


Рис. 14. Передачи, преобразующие вращательное движение в прямолинейное

## 2. ВАЛЫ, ШПИНДЕЛИ И ИХ ОПОРЫ

Вращающиеся детали машин (шкивы, зубчатые колеса, муфты и др.) устанавливают на валах или осях.

**Подшипники** являются опорами валов и вращающихся осей. Они воспринимают нагрузки и передают их на корпус станка. По виду трения их делят на подшипники скольжения и подшипники качения. По направлению воспринимаемых нагрузок подшипники скольжения делят на радиальные, предназначенные для восприятия нагрузок, перпендикулярных к оси вала, и упорные — для восприятия осевых нагрузок.

**Подшипники скольжения** применяют реже, чем подшипники качения. Подшипники скольжения надежно работают в быстроходных передачах, воспринимают ударные и вибрационные нагрузки, бесшумны и имеют малые радиальные размеры.

**Подшипники качения** представляют собой сборочную единицу, состоящую из тел качения — шариков или роликов, расположенных между кольцами и удерживаемых на определенном расстоянии друг от друга обоймой, называемой сепаратором. К преимуществам подшипников качения следует отнести: малую стоимость; небольшие потери на трение и незначительный нагрев при работе; малый расход смазочного материала. Недостатки подшипников качения следующие: высокая чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам; большие радиальные размеры и высокий уровень шума при большой скорости.

Для повышения точности станка подшипники качения в опорах шпинделя устанавливают с предварительным натягом. На рис. 15 показаны способы создания предварительного натяга подшипников качения. Предварительный натяг создают шлифованием внутренних колец (рис. 15, а) путем установки распорных втулок между кольцами на натяг  $a$  (рис. 15, б), применением пружин, создающих постоянство предварительного натяга (рис. 15, в), за счет деформации внутреннего кольца при затяжке его на коническую шейку шпинделя в роликовых подшипниках с цилиндрическими роликами (рис. 15, г).

На рис. 16 приведены прецизионные подшипники качения.

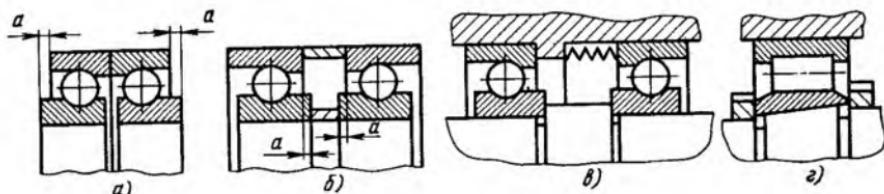


Рис. 15. Схема создания предварительного натяга подшипников качения

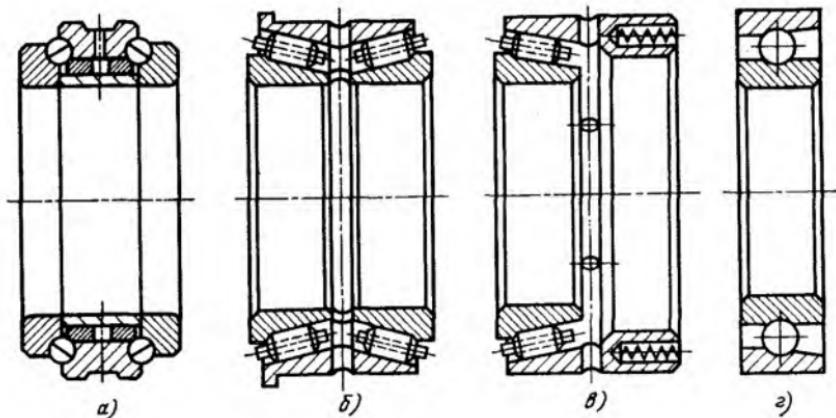


Рис. 16. Прецзионные подшипники качения:

*а* — упорно-радиальный; *б* — двухрядный конический роликоподшипник с буртом наружном кольце; *в* — однорядный конический роликоподшипник с широким наружным кольцом и встроеннымными пружинами для предварительного натяга; *г* — радиально-упорный шарикоподшипник

Наличие в наружном кольце отверстий диаметром 3—6 мм, а также полых роликов дает возможность подавать смазочный материал на дорожки качения и тем самым снижать нагрев опор.

**Станина** — это основная деталь станка, на которой устанавливают все его рабочие органы. Главное требование, предъявляемое к станине, состоит в том, чтобы установленные на ней рабочие органы в течение длительного периода работы обеспечивали необходимую точность. На станину устанавливают стол с Т-образными пазами и привод для возвратно-поступательного перемещения стола.

Столы могут быть прямоугольными с возвратно-поступательным перемещением (в круглошлифовальных станках), обеспечивающим продольную подачу, и круглыми (в плоскошлифовальных станках), обеспечивающими круговую подачу.

К станинам и столам предъявляют высокие требования по точности. Отклонение от прямолинейности станин и столов шлифовальных станков не должно превышать 0,005 мм на 1000 мм длины, а параметр шероховатости поверхности направляющих и столов  $Ra = 0,2 \dots 0,6$  мкм.

**Направляющие станков.** В шлифовальных станках широкое применение получили направляющие качения, обеспечивающие точное и плавное перемещение рабочих органов. Направляющие качения представляют собой сепараторы с вмонтированными в них точными роликами, которые располагают между сопряженными поверхностями скольжения. Направляющие станков являются ответственными и наиболее изнашивающимися поверхностями.

тами станины. Поэтому они должны быть прямолинейными и параллельны между собой, защищены от абразивной пыли и смазаны.

На рис. 17 показаны основные формы направляющих скольжения, которые делят на охватываемые и охватывающие. Горизонтальные или вертикальные плоские направляющие (рис. 17, а) просты в изготовлении и удобны для контроля. Их недостаток — плохая удерживаемость смазочного материала и необходимость в устройствах для регулирования зазора. Призматические треугольные направляющие (рис. 17, б) более сложны в изготовлении, чем плоские. Эти направляющие, выполненные как охватываемые, не склонны к загрязнению, но плохо удерживают смазочный материал по сравнению с V-образными направляющими. Направляющие в форме «ласточкина хвоста» (рис. 17, в) отличаются компактностью и простотой регулирования зазора клином или планкой.

В круглошлифовальных, внутришлифовальных и плоскошлифовальных станках в большинстве случаев применяют комбинированные, плоские и V-образные направляющие скольжения. В направляющих скольжения трудно получить малые подачи, что приводит к скачкообразному перемещению рабочих органов. Поэтому намечается тенденция к замене направляющих скольжения направляющими качения, у которых разность коэффициентов трения, покоя и движения незначительная (рис. 18).

**Шлифовальная бабка шлифовального шпинделя и привода к нему.** Шлифовальная бабка на большинстве шлифовальных станков осуществляет автоматическую или ручную поперечную подачу круга. Автоматическую поперечную подачу осуществляют прерывисто или непрерывно: прерывистую подачу производ-

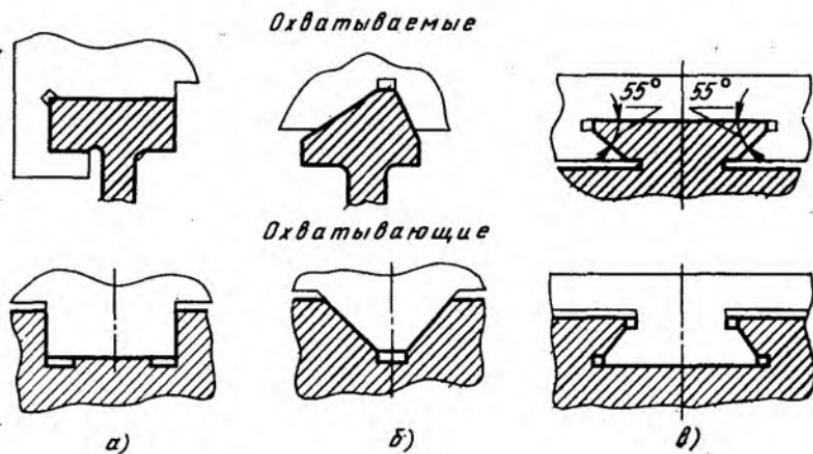


Рис. 17. Основные формы направляющих скольжения

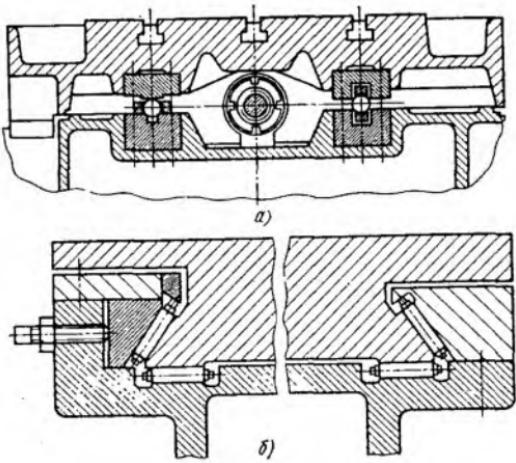


Рис. 18. Шариковые направляющие качения (а) на плоскошлифовальном станке и роликовые (б) на внутришлифовальном станке

дят в конце каждого двойного или одинарного хода от гидропривода, а непрерывную — методом врезания, также от гидропривода. Ручное перемещение бабки используют при наладках станка.

Шлифовальную бабку перемещают по направляющим, таким же по форме, как и предназначены

ные для перемещения столов. В шлифовальных станках большое применение находят направляющие качения и гидростатические направляющие, которые обеспечивают минимальные подачи порядка 0,001—0,002 мм.

Гидростатическими называют направляющие жидкостного трения, в которых наличие масляного слоя обеспечивают системой автоматического регулирования подачи масла под давлением. Гидростатические направляющие обеспечивают высокую точность и равномерность перемещения стола с низким коэффициентом трения.

Шпиндель шлифовального круга — одна из наиболее ответственных деталей станка. От конструкции шпинделя и его опор зависят точность размеров, форма изготавляемых деталей и параметр шероховатости поверхности. Поэтому к ним предъявляют высокие требования по жесткости, виброустойчивости, прочности и износостойчивости трущихся поверхностей. Шпиндель шлифовального круга расположен в корпусе бабки. Опоры шпинделя должны обеспечивать: малое отклонение оси вращения шпинделя круга; минимальное перемещение шпинделя под нагрузкой в радиальном и осевом направлениях; малый нагрев в условиях длительной эксплуатации; простую, надежную и точную регулировку; отсутствие вибраций (колебаний) во время работы; надежную защиту подшипников от попадания в них пыли, охлаждающей жидкости и т. д. В качестве опор шпинделей применяют подшипники скольжения и качения.

На рис. 19 показан самоустанавливающийся гидродинамический подшипник скольжения ЛОН-34. Во втулке 4 установлено пять самоустанавливающихся вкладышей 5. Каждый вкладыш опирается на сферическую опору в виде штыря 3, который за-

крепляют во втулке винтами 2 с шайбами 1. Вкладыши устанавливают сферическими опорами в направлении вращения шпинделя и в направлении его оси.

В прецизионных шлифовальных станках используют гидростатические подшипники. В отличие от гидродинамических подшипников в гидростатических подшипниках давление в масляном слое создают насосной установкой (рис. 20). Масло под давлением поступает в карманы. При увеличении нагрузки  $p$  шпиндель приближается к стенке вкладыша, и в этом месте зазор уменьшается, а давление повышается. В результате шпиндель возвращается в исходное положение. Для контроля давления масла используют манометры, показывающие давление в магистрали  $p_m$  и в карманах подшипника  $p_n$ .

Преимущество гидростатических подшипников по сравнению с гидродинамическими состоит в независимости положения оси шпинделя от частоты его вращения и вязкости масла. Гидростатические подшипники обеспечивают малое отклонение положения оси шлифовального круга и биение оси шпинделя  $e$ , равное 0,1 мкм. Эти подшипники долговечны, так как практически не изнашиваются. Гидростатические подшипники дают возможность уменьшить в 5—10 раз влияние погрешностей шеек валов и подшипников на отклонение положения оси шлифовального круга и обеспечивают постоянство положения оси вращения шпинделя.

На рис. 21 показан аэростатический подшипник шпинделя

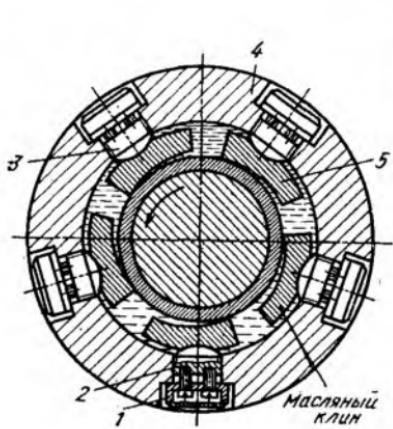


Рис. 19. Гидродинамический подшипник скольжения

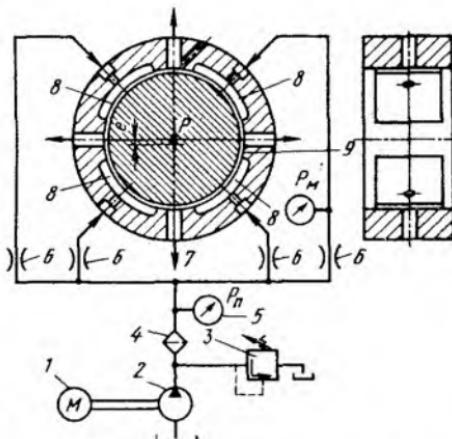
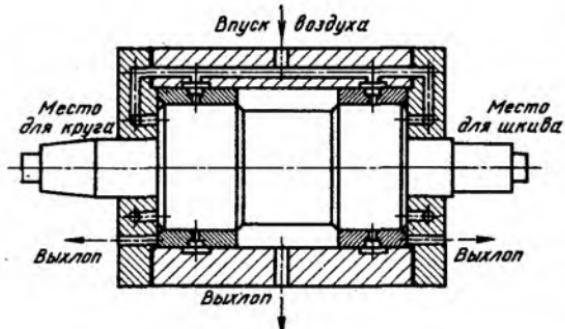


Рис. 20. Схема насосной установки гидростатического подшипника:

1 — электродвигатель; 2 — насос; 3 — предохранительный клапан; 4 — фильтр; 5 — манометр; 6 — дроссель и входные отверстия; 8 — карманы; 9 — перемычка

Рис. 21. Аэростатический подшипник



подшипника тонким слоем сжатого воздуха, вследствие чего уменьшаются износ и нагрев подшипников, трение, отклонение положения оси шлифовального круга и шероховатость поверхности заготовок.

### 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

**Общие понятия.** Гидравлический привод станков и промышленных роботов (манипуляторов) нашел широкое применение в станкостроении. Такой привод упрощает их кинематику, повышает точность, надежность работы, снижает металлоемкость и стоимость изготовления. Гидродвигатели в 3 раза меньше по размерам и в 15 раз меньше по массе, чем электродвигатели постоянного тока той же мощности. Широкое применение гидроприводов в шлифовальных станках объясняется следующими причинами: возможностью изменения скорости движения рабочих органов в широких пределах; плавностью перемещений, способствующей получению обработанной поверхности высокого качества; автоматической защитой механизмов станка от перегрузки с помощью предохранительных клапанов, поддерживающих установленное давление; автоматизацией обработки; самосмазываемостью механизмов и циркуляцией масла.

Наряду с положительными свойствами гидропривода отметим и его недостатки: колебание подачи рабочего органа в зависимости от температуры масла; невозможность точно координировать движение рабочих органов, например при нарезании резьбы; низкий КПД вследствие утечек жидкости; необходимость применения устройств для очистки смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

В качестве СОЖ в гидроприводах используют минеральные масла различных марок (индустриальные 12 и 20). Выпускаются масла турбинные 22П и ВНИИНП-403, которые по сравнению с индустриальными маслами обладают более высокими эксплуатационными свойствами.

круглошлифовального станка, в котором шпиндель находится в потоке сжатого воздуха, подаваемого от воздушной сети через внутренние каналы корпуса. Шейка шпинделя отделяется от поверхности

ционными свойствами вследствие легирования их синтетическими присадками и обеспечивают антиокислительную, смазывающую и антиизадирную способность. Как правило, рабочее давление в станочных гидроприводах не превышает 10 МПа.

**Гидравлическая схема** шлифовального станка включает привод, насос, рабочие органы, аппаратуру управления и другие вспомогательные устройства. Гидроцилиндры обеспечивают прямолинейное движение, а гидродвигатель — вращательное.

Аппаратура управления состоит из контрольно-регулирующих и распределительных устройств. К вспомогательным устройствам относят трубопроводы, уплотнения и фильтры.

Рассмотрим схему гидропривода стола круглошлифовального станка для получения возвратно-поступательного движения (рис. 22). Масло засасывается из резервуара 1 через всасывающий трубопровод нерегулируемого и нереверсируемого насоса 3, через обратный клапан 5 поступает в гидрораспределитель (золотник) 6. Пройдя гидрораспределитель, масло поступает по трубопроводу 8 в левую полость гидроцилиндра 10, двусторонний шток которого связан со столом 11, несущим переднюю и заднюю бабки. При этом происходит перемещение стола слева направо, при котором масло из правой полости гидроцилиндра по трубопроводу 9 через гидродроссель 4 возвращается в резервуар. При повышении давления в системе излишек масла выпускается через предохранительный клапан 2. Для перемещения стола справа налево соленоид 7 перемещает гидрораспределитель 6.

**Насосы.** Для подачи жидкости в гидравлическую систему применяют шестеренные, пластинчатые и поршневые насосы. Основным параметром, характеризующим работу насоса, является его подача. Под подачей насоса понимают количество поданного масла в единицу времени. Изменяя подачу насоса, можно регулировать скорость рабочих движений станка. Насосы могут быть с постоянной и регулируемой подачей.

Шестеренные насосы просты в изготовлении и эксплуатации, обладают малыми размерами и массой. Рабочими органами его являются находящиеся в зацеплении шестерни на валиках, рас-

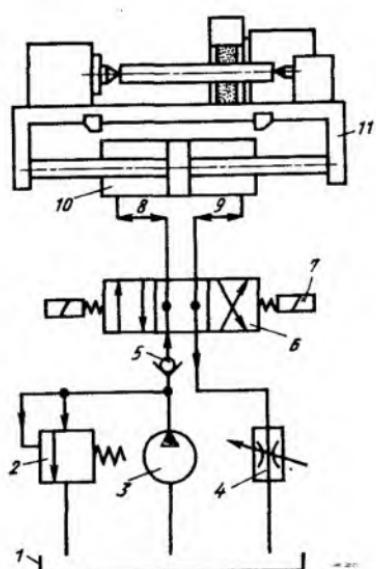


Рис. 22. Гидравлическая схема привода стола круглошлифовального станка

положенных в цилиндрических расточках корпуса. При вращении ведущей шестерни 4 (рис. 23) по часовой стрелке в место выхода зубьев шестерен 1 и 4 из зацепления благодаря высвобождению впадин между зубьями образуется разрежение. Происходит всасывание жидкости через канал 2 в полость всасывания 3. Заключенная во впадинах шестерен жидкость переносится в полость нагнетания в канал 5. Камеры 6 и 7, соединенные обводными каналами с полостями нагнетания и всасывания, разгружают опоры валов.

Пластинчатые насосы достаточно просты. Их делят на насосы одинарного и двойного действия, а также регулируемые и нерегулируемые. Широкое применение получили нерегулируемые пластинчатые насосы двойного действия (рис. 24).

На рис. 24, а показана схема пластинчатого насоса. Диск ротора 5 вращается в статорном кольце, внутренняя поверхность которого имеет эллиптическую форму. Такая форма поверхности статора дает возможность пластинам 6 совершать два двойных хода за один оборот диска ротора. Пластины, выдвигаясь из пазов ротора, образуют камеры, в которые засасывается масло из бака. При дальнейшем движении пластин размеры их уменьшаются и масло нагнетается в систему. Масло всасывается в окна 1, 2 и вытесняется через окна 3, 4. В течение одного оборота ротора масло подается в систему дважды, обеспечивая тем самым большую подачу насоса. Камеры нагнетания и всасывания расположены друг против друга, что дает возможность уравновесить силы, действующие на ротор. На рис. 24, б приведено устройство пластинчатого насоса двойного действия.

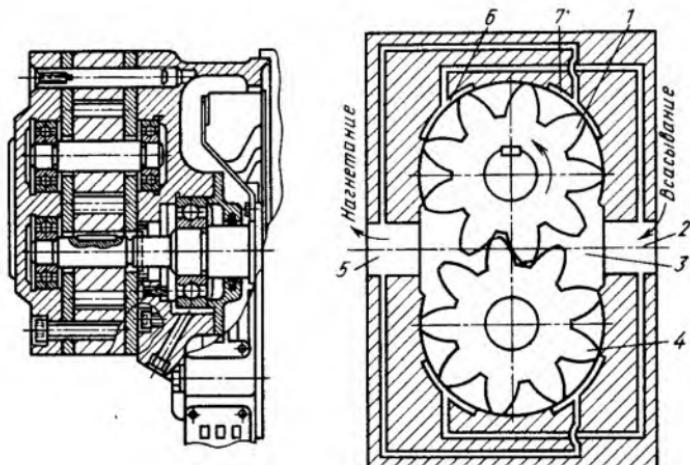


Рис. 23. Шестеренный насос внешнего зацепления

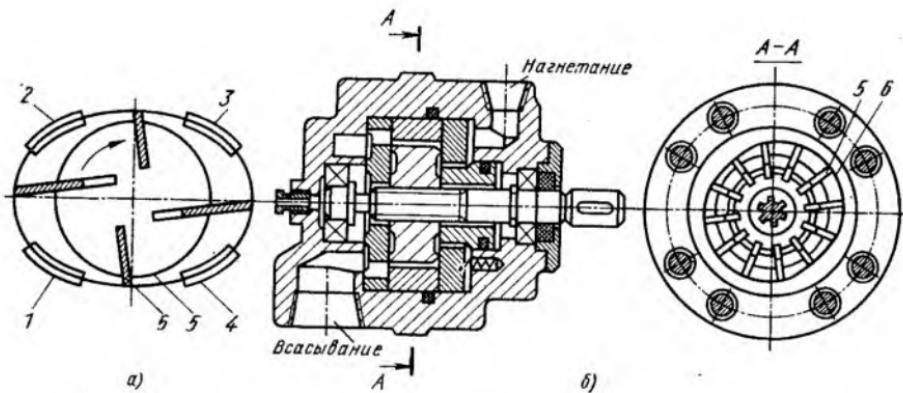


Рис. 24. Принципиальная схема (а) и конструкция (б) пластинчатого насоса двойного действия

Шестеренные насосы используют для вспомогательных приводов, например, гидропривода зажима, системы управления рабочими органами, подпитывающих гидросистем. Пластинчатые гидронасосы с пониженным шумом применяют в станочных приводах.

Для контроля и регулирования количества и давления масла, подаваемого в гидроцилиндр применяют **контрольно-регулирующие устройства**: обратные, предохранительные и редукционные клапаны, дроссели, регуляторы скорости, распределители и др.

*Обратный гидроклапан Г-51* предназначен для управления потоком жидкости в гидравлических системах и пропускания жидкости только в одном направлении. Гидроклапан 2 (рис. 25, а) может перемещаться в корпусе 4, преодолевая усилие пружины 1, которая прижимает его к коническому седлу 3. Жидкость может проходить через клапан, преодолевая усилие пружины. При обратном направлении жидкости гидроклапан 2 плотно прижимается к седлу. Конструкция клапана проста и обеспечивает надежное уплотнение между его конусом и седлом.

*Напорные гидроклапаны* применяют для предохранения гидравлических систем от перегрузки, поддерживая в них постоянное давление. Они могут быть использованы для дистанционного управления контролем расхода жидкости, а также для предотвращения

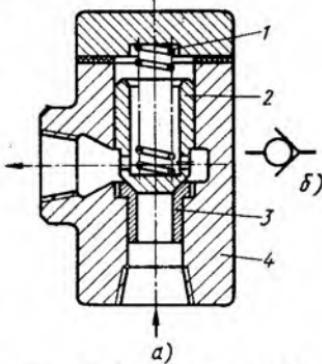


Рис. 25. Конструкция (а) и условное обозначение (б) обратного гидроклапана Г-51

самопроизвольного опускания поршня при его вертикальном расположении.

Принцип действия напорного гидроклапана основан на уравновешивании жидкости усилием пружины, действующей на гидроклапан. Когда предварительная затяжка пружины будет преодолена давлением жидкости, гидроклапан смещается, открывая доступ жидкости из полости с большим давлением в полость с меньшим давлением.

Напорные гидроклапаны (рис. 26) бывают: шариковые (рис. 26, а), конические (рис. 26, б), плоские (рис. 26, в) и плунжерные (рис. 26, г). На рис. 26, д показано условное обозначение этих устройств. Наиболее простым по конструкции является шариковый гидроклапан. Он малочувствителен к загрязнению, не требует притирки рабочих органов. Шариковые гидроклапаны применяют при небольших давлениях, так как они не обладают

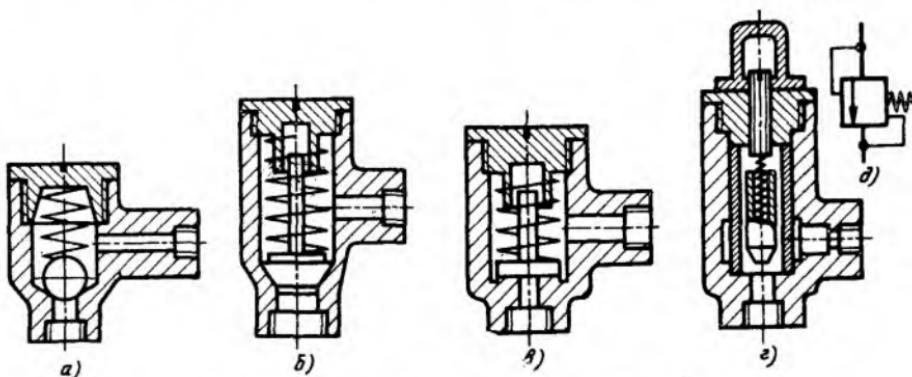


Рис. 26. Схемы напорных гидроклапанов

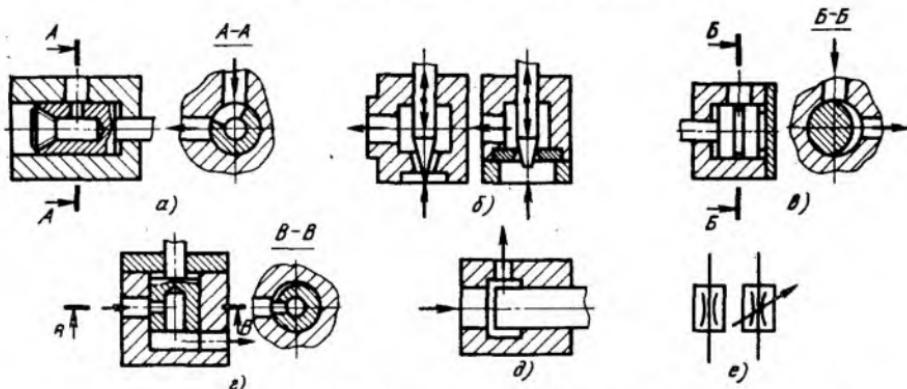


Рис. 27. Схемы гидродросселей:

а — щелевой; б — игольчатый; в, г — с эксцентрической проточкой; д — плунжерного типа;  
е — условные обозначения (нерегулируемый и регулируемый)

достаточной герметичностью. Конические гидроклапаны более совершенны. Тарелка конического гидроклапана хорошо центрирована и притерта к седлу. Шариковые и конические напорные гидроклапаны не обеспечивают стабильности давления при различных потоках рабочей жидкости. Этого недостатка не имеет гидроклапан с плоским седлом.

**Гидродроссели.** Для регулирования количества подаваемого масла нерегулируемым насосом применяют игольчатые, диафрагменные, щелевые и др. гидродроссели. Регулированием количества масла, протекающего через гидродроссель, изменяют скорость движения поршня (рис. 27).

На рис. 28 показан гидроклапан выдержки давления, который предназначен для контроля давления в гидравлических системах. При достижении заданного давления масло, поступающее через отверстие 1, давит на мембрану 2. Пружина 3 при этом сжимается, а рычаг 7, поворачиваясь вокруг оси, нажимает на микропреключатель 5. Перемещение клапана микропреключателя регулируют винтом 6, а давление — винтом 4.

**Поршневые гидроцилиндры** имеют поршни с односторонним или двусторонним штоком (рис. 29, а) и одинаковы при условии, что в правую и левую полости цилиндра подается одинаковое количество масла. Масло, подаваемое насосом в гидравлическую систему, давит на поршень, перемещая его и жестко связанный с его штоком стол станка.

Цилиндры с двусторонним штоком нашли применение преимущественно в станках шлифовальной группы. Их недостатком является большой размер стола, так как шток расположен по обе стороны цилиндра. Для уменьшения размеров стола и станины часто применяют цилиндры с односторонним штоком (рис.

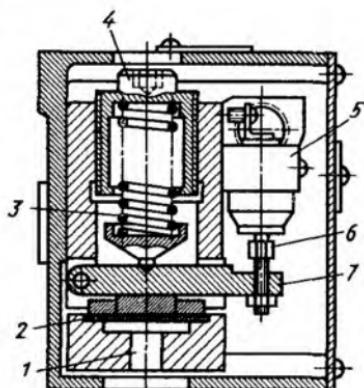


Рис. 28. Гидроклапан выдержки давления

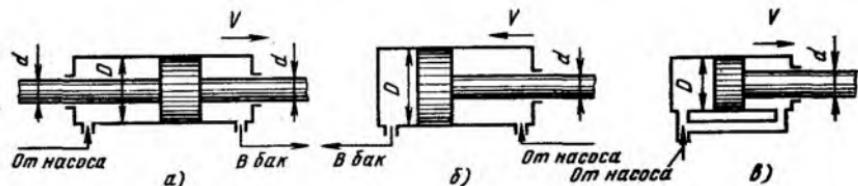


Рис. 29. Схемы гидроцилиндров

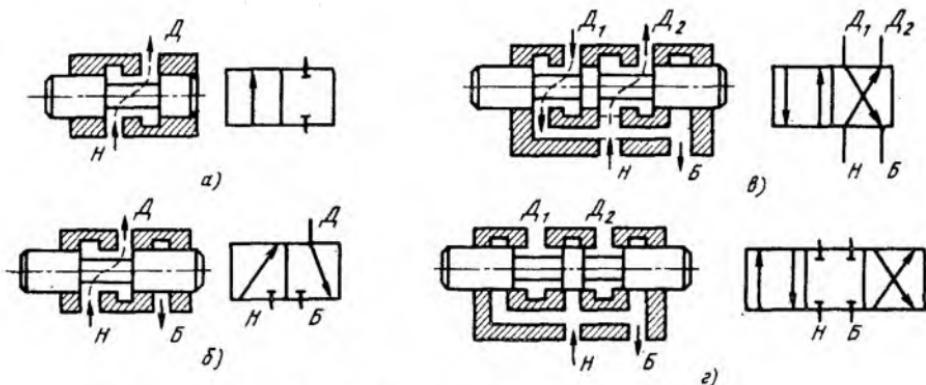


Рис. 30. Схемы гидрораспределителей

29, б). Скорости прямого и обратного ходов поршня с односторонним штоком различны.

Для поршня с односторонним штоком скорости движения прямого и обратного ходов станка, несмотря на неравные объемы правой и левой полостей цилиндра, можно получить равными, если обе полости соединить (рис. 29, в).

*Распределительные устройства.* Золотниковые распределители нашли широкое применение в гидроприводе вследствие их простоты и надежности. Они предназначены для распределения потоков масла по трубопроводам с помощью плунжера распределителя, который, перемещаясь в корпусе золотника, соединяет или перекрывает каналы. Кроме гидравлического управления золотником существуют ручное, механическое, электромагнитное, смешанное, путевое и дистанционное управление.

По числу подключенных внешних линий, по которым масло

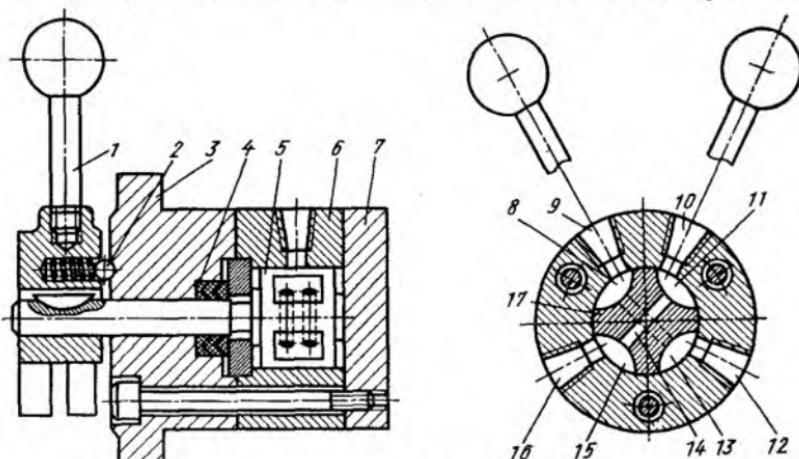


Рис. 31. Крановый гидрораспределитель

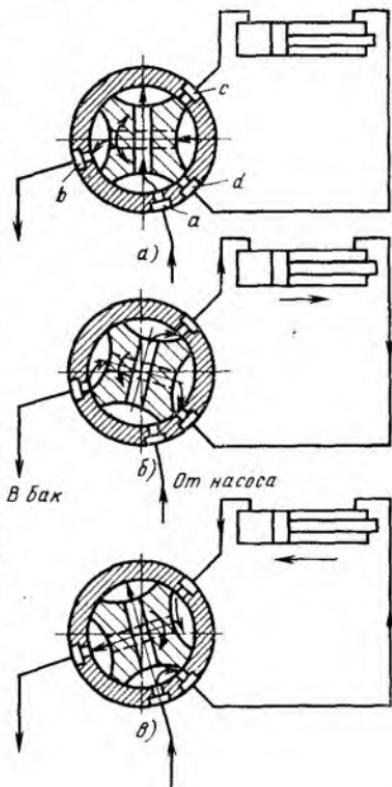
подводится к гидрораспределителю и отводится от него, различают двухлинейные, трехлинейные и четырехлинейные (четырехходовые) распределители (рис. 30). Число позиций изображают соответствующим числом квадратов.

На рис. 30, а слева показана схема гидрораспределителя, а справа — его условное обозначение. Согласно условному обозначению гидрораспределитель является двухпозиционным и двухлинейным. Насос *H* с полостью *D* может быть соединен или перекрыт. Согласно условному обозначению гидрораспределитель, показанный на рис. 30, б, двухпозиционный трехлинейный. Насос *H* и бак *B* перекрыты, насос *H* и полость *D* соединены, полость *D* соединена с баком *B*. На рис. 30, в показан двухпозиционный четырехходовой гидрораспределитель, в котором насос *H* и полость *D<sub>2</sub>*, полость *D<sub>1</sub>* и бак, насос *H* и полость *D<sub>1</sub>*, полость *D<sub>2</sub>* и бак *B* соединены между собой. На рис. 30, г показан трехпозиционный четырехходовой гидрораспределитель, в котором насос *H* и бак *B* перекрыты, а насос *H* и полость *D<sub>1</sub>*, полость *D<sub>2</sub>* и бак *B*, насос *H* и полость *D<sub>2</sub>*, полость *D* и бак *B* соединены между собой.

На рис. 31 приведен поворотный гидрораспределитель с механическим управлением. В корпусе крана *b* имеются четыре отверстия *9*, *10*, *12* и *16*. Корпус крана закрыт крышками *3* и *7*, крышка *3* имеет уплотнение *4*. От насоса масло поступает в отверстие *9* и далее по гидроцепи *8—5—17—13—12* к полости цилиндра. Тогда из другой полости цилиндра по гидроцепи *10—11—14—15—16* масло идет на слив. При повороте гидрораспределителя *5* на  $45^\circ$  рукояткой *1* вручную или же от упора стола станка отверстие *9* сообщается с камерой *8* и отверстием *10*, через которое масло поступает в цилиндр, и поршень движется в обратном направлении. Слив масла при этом происходит по гидроцепи *12—11—15—14—16*. Оба положения крана фиксируются фиксатором *2*.

При повороте гидрораспределителя *5* на  $45^\circ$  рукояткой *1* вручную или же от упора стола станка отверстие *9* сообщается с камерой *8* и отверстием *10*, через которое масло поступает в цилиндр, и поршень движется в обратном направлении. Слив масла при этом происходит по гидроцепи *12—11—15—14—16*. Оба положения крана фиксируются фиксатором *2*.

Рис. 32. Схемы присоединения гидрораспределителя к силовому цилиндру:  
*a* — рабочий орган станка неподвижен; *b* — движется слева направо; *в* — движется справа налево



На рис. 32 показаны схемы включения распространенного крана гидрораспределителя в систему управления силовым цилиндром. Насос соединен с каналом *a*; бак — с каналом *b*; каналы *c* и *d* — с гидродвигателем.

**Гидромотор.** Для осуществления вращательного движения в гидравлических системах станков применяют гидромоторы. На рис. 33 приведена схема гидромотора. На вращающемся валу *1* установлен ротор, состоящий из двух частей: цилиндровый блок *6* с поршнями *7*, свободно сидящий на валу, и барабан *2* с толкателями *9*, установленный на шпонке *8*. Такая конструкция дает возможность ротору самоустанавливаться в процессе работы гидромотора и устранить перекосы поршней. В наклонной рассточке корпуса размещен упорно-радиальный шарикоподшипник *10*, на который опираются толкатели *9*.

Ротор концентрично расположен в корпусе и опирается на упорный диск, имеющий каналы *11* и *12* для подвода и отвода масла. Пружинами *3* цилиндровый блок *6* поджимается к диску. В диске имеются полукольцевые каналы, разделенные двумя перемычками. По одному каналу масло подводится к ротору, а по другому — отводится.

Масло, поступающее к окнам на роторе, воздействует на поршни *7*, выдвигает их и прижимает к подшипнику *10*. Так возникают тангенциальные силы, которые врашают толкатели вместе с барабаном, валом *1* и блоком *6*. Частота вращения вала *1* гидромотора определяется расходом масла. Через внутреннее отверстие вала *1* подается масло для смазывания толкателей *9*. Для удобства поворота вала *1* на его конце имеются лыски *5*. Поворотом заглушки *4* удаляют воздух, проникший в гидромотор.

**Гидравлическая панель Г34-1.** Гидравлической панелью называют такое устройство, в котором сосредоточено несколько элементов гидравлического управления. Гидравлическая панель реверса Г34-1 предназначена для управления возвратно-посту-

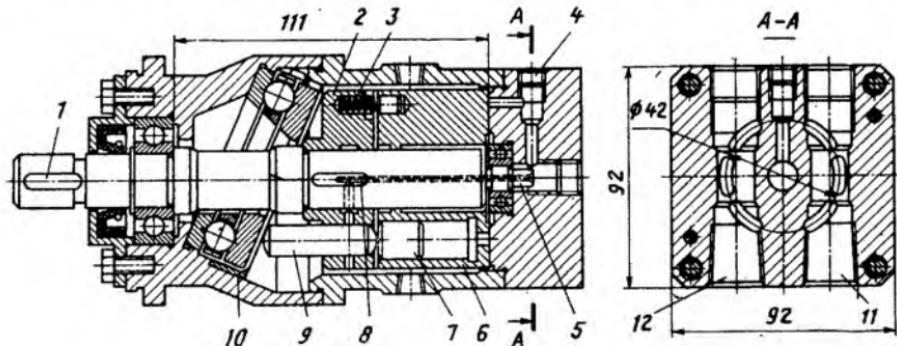


Рис. 33. Гидромотор

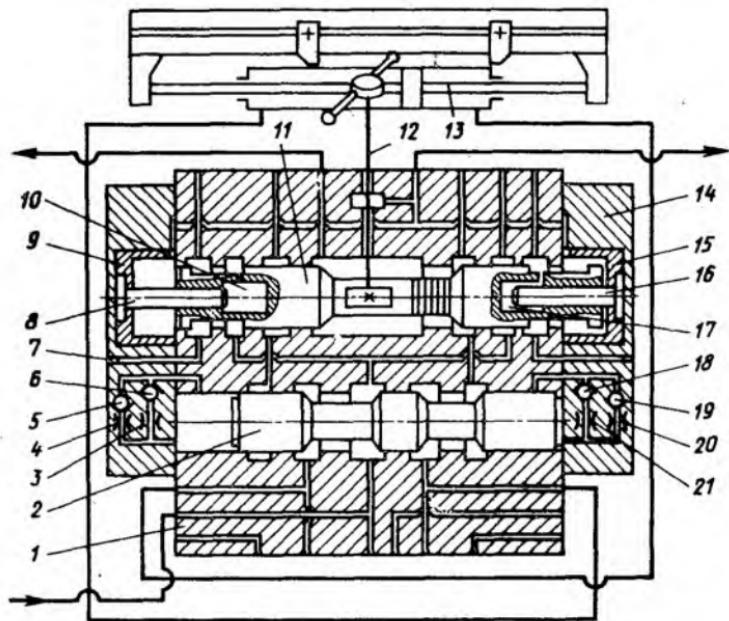


Рис. 34. Гидравлическая панель ГЗ4-1

пательным движением столов шлифовальных станков. Панели обеспечивают плавное реверсирование и возможность регулирования времени выдержки (до 6 с). Они работают на минеральном турбинном масле 22 или 22П при температуре 10...60°C и давлении 0,5...2,5 МПа.

На рис. 34 показана схема гидравлической панели реверса, включающая только реверсивный механизм. В чугунном корпусе 1 размещены реверсивный золотник 2, золотник 11 и валик-шестерня 12. В боковых крышкиах 7 и 14 расположены дроссели 3 и 20, регулирующие плавность разгона стола, шариковые обратные клапаны 5, 6, 18, 19 и втулки 9, 15, удерживающие от осевого перемещения плунжеры 8 и 16, расположенные во внутренних выточках 10 и 17 золотника 11.

Для перемещения стола справа налево масло под давлением по канавкам корпуса 1 и золотника 2 поступает в правую полость гидравлического цилиндра 13. При этом одновременно из левой полости гидравлического цилиндра масло вытесняется по канавкам корпуса 1 и золотника 2 в проход, образуемый правым конусом золотника 11, и через дроссель регулирования скорости стола в бак, а часть масла сливаются по цепи управления. Дроссель регулирования стола не показан, но он расположен на магистрали перед сливным баком, или, как говорят, регулирование скорости дросселя, подключено на «выходе». Стол дви-

жется справа налево, пока правый упор, расположенный на столе станка, не надавит на рычаг валика-шестерни 12 и золотник 11, который перемещается влево, правым своим конусом постепенно перекроет выход масла из левой полости гидравлического цилиндра. Таким образом происходит плавное торможение стола.

За время движения стола справа налево, включая путь торможения, масло поступает под левый торец золотника 2 и в камеру 10, при этом правый торец золотника 2 и камера 17 соединены с левым торцом. Следовательно, золотники 2 и 11 надежно удерживаются в правом положении. В конце пути торможения стол станка через рычаг управления и валик-шестерню 12 перемещает золотник 11 через среднее положение. При этом в камеру 17 подается масло под давлением, а камера 10 соединяется со сливом, чем создается дополнительное давление для перемещения золотника 11 из среднего положения в крайнее левое. Одновременно масло подается к правому торцу золотника 2, а полость под левым торцом этого золотника соединяется со сливом и золотник 2 перемещается влево.

При перемещении золотника 2 из крайнего правого положения в среднее масло к его правому торцу поступает через обратный клапан 19 и дроссель 21, а масло из его левой торцовой полости сливается свободно, минуя дроссель 4. При прохождении золотником 2 среднего положения происходит реверсирование стола и открывается канал, через который масло поступает к правому торцу золотника, минуя дроссель 21. Одновременно перекрывается канал, по которому масло свободно сливается из левой торцовой полости золотника 2, и масло проходит через дроссель 4 и обратный клапан. Дросселем 4 изменяют скорость перемещения золотника 2 при его движении из среднего положения в левое положение и тем самым обеспечивают необходимую плавность хода стола независимо от настройки дросселя 21. Работа гидравлической панели при реверсировании стола справа и слева аналогична. Гидравлическую панель монтируют на подпанельной плите, к которой подводят трубопроводы.

**Очистка рабочих жидкостей.** Для тонкой очистки рабочих жидкостей в гидравлических системах применяют магнитные сепараторы (фильтры), которые очищают ее от взвешенных в ней ферромагнитных частиц в результате воздействия магнитного поля. Основным рабочим элементом оператора является постоянный магнит.

На рис. 35 показан магнитный сепаратор, в котором отдельным загрязняющих частиц является помещенная в магнитном поле ферромагнитная решетка. Магнитный сепаратор состоит из корпуса 1, крышки 2 и магнитного пакета, который плотно прижат пружиной 5 к буртику в нижней части корпуса. В пакет входят трубчатый магнит 7 и латунная трубка 9, к торцам кото-

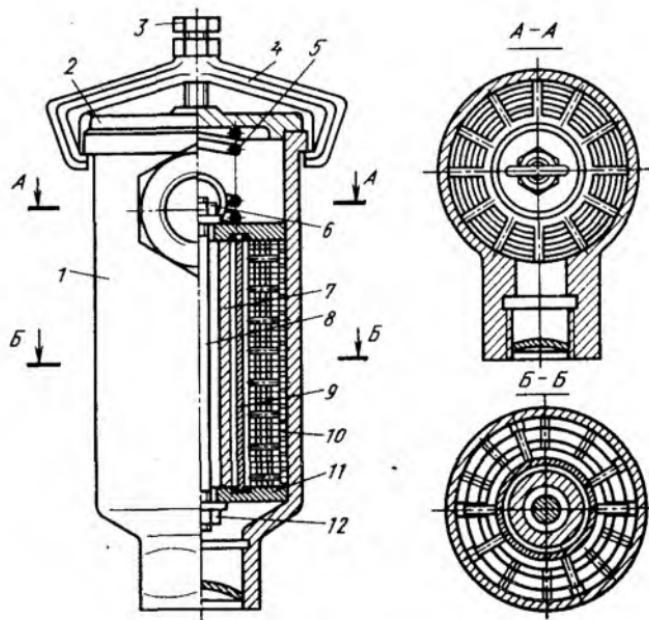


Рис. 35. Магнитный сепаратор

рой винтом 8 и гайками 6 и 12 плотно прижаты зубчатые шайбы 11.

На трубку надета решетка 10, состоящая из двух половинок, которые плотно прилегают друг к другу. Каждая половинка решетки представляет собой многорядный сектор, состоящий из набора полосок, прикрепленных к планке на определенном расстоянии друг от друга. Корпус сепаратора и крышка уплотнены прокладкой из маслостойкой резины и крепятся скобой 4 и винтом 3.

Загрязненное масло поступает в верхние отверстия корпуса, проходит между зубцами шайбы 11 и попадает в отверстия решетки. Решетка, находясь в магнитном поле, создаваемом магнитом 7, задерживает ферромагнитные частицы и другие примеси. Очищенная жидкость выходит через отверстие в дне корпуса.

Проблема надежности шлифовального станка связана с фильтрацией рабочей жидкости, поэтому не случайно повышение требования к ее фильтрации увеличивает долговечность работы станка. По степени очистки различают фильтры: грубой очистки, пропускающие частицы до 0,1 мм; нормальной очистки (до 0,01 мм); тонкой очистки (до 0,005 мм) и особо тонкой очистки (до 0,001 мм).

#### 4. МЕХАНИЗМЫ МАЛЫХ ПОДАЧ

В прецизионных шлифовальных станках широкое применение нашли механизмы малых перемещений, или микроподачи. Они обеспечивают высокую стабильность импульсных (толчковых) перемещений и плавность непрерывной подачи со скоростью 0,01 мм/мин. При отделочном шлифовании чем меньше подача, тем меньше параметр шероховатости шлифуемой поверхности. Малая скорость или малая импульсная микроподача обеспечивает точную установку круга по заданной координате и гарантирует высокую точность обработки при высоком качестве остальных параметров.

По способу действия различают следующие механизмы малых перемещений: механические и электромеханические; гидравлические и гидромеханические; термодинамические (тепловые); магнитострикционные и упругосиловые.

Корпус шлифовальной бабки механизма микроподачи прецизионного круглошлифовального станка ЗЕ153 (рис. 36) установлен на направляющих качения, что способствует получению равномерности и точности перемещения. Микроподачу осуществляют следующим образом. Кнопкой «врезная подача» на пульте управления станком включают электродвигатель, от которого посредством зубчатых передач и электромагнитной муфты сообщают поступательное перемещение винту 3, передающему движение двум рычажным передачам 1 и 4 от червячной передачи 5. Винт 3 с гайкой смонтированы на качающемся корпусе 2. Таким образом, корпус шлифовальной бабки поворачивается на шарнире 1, выполненном в виде крестообразного пружинного шарнира. Применение упругого элемента в шарнирной опоре шлифовальной бабки дает возможность исключить внешнее трение и зазоры в соединении и обеспечить высокую чувствительность.

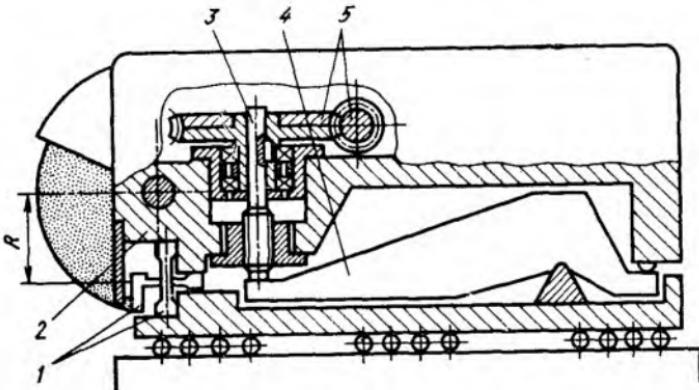


Рис. 36. Шлифовальная бабка с механизмом микроподачи круглошлифовального станка ЗЕ153

На рис. 37, а показан магнитострикционный привод, основанный на свойстве ферромагнитных материалов деформироваться при намагничивании. Стержень из сплава железо-кобальт или ферритов, охватываемых катушкой, при намагничивании перемещает подвижной рабочий орган станка. Перемещение  $\Delta l_m$  достигает 8—10 мкм на 100 мм длины стержня, что ограничивает использование этого привода.

**Упругосиловой привод.** На рис. 37, б показан механизм микроперемещения для поперечной подачи бабки шлифовального круга. Микроперемещение осуществляют путем упругого деформирования рессоры. На рессору 1 давит рабочая жидкость, подаваемая из гидроцилиндра 2, благодаря чему шлифовальная бабка 3 получит поперечное перемещение по станине 4. Недостатком привода с упругим звеном является ограниченная величина перемещения бабки в пределах упругих деформаций.

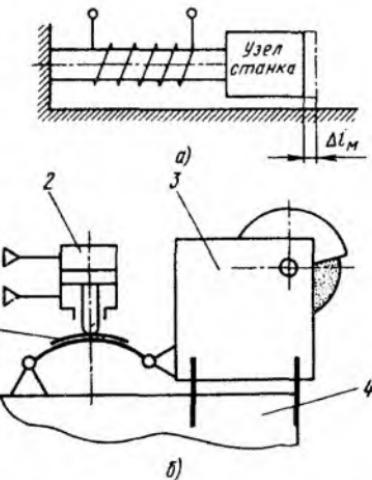


Рис. 37. Магнитострикционный (а) и упругосиловой (б) приводы подачи

## 5. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Под точностью обработки понимают степень приближения действительного размера к размеру, указанному на чертеже. Чем меньше разность между действительным размером и размером, проставленным на чертеже, тем выше точность обработки.

Под надежностью понимают свойства объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Технологическая надежность станка — это его свойства сохранять в заданных пределах и во времени значения показателей, определяющих качественное протекание технологического процесса (точность обработки и качества изготовленной поверхности деталей).

Основным требованием к конструкции шлифовальных станков является обеспечение высокой жесткости, от которой зависят точность и производительность. Под действием сил резания при

шлифовании технологическая система станок—приспособление—инструмент—деталь упруго деформируются, поэтому форма и размеры шлифуемой заготовки меняются. Деформация технологической системы зависит от ее жесткости. Под жесткостью понимают способность упругой системы оказывать сопротивление действующим силам. Жесткость — это отношение действующей силы к деформации, вызываемой этой силой:  $C = P/y$ , где  $C$  — жесткость,  $P$  — действующая сила,  $H$ ;  $y$  — деформация, мкм.

Жесткость ставка складывается не только из жесткости деталей, но и из контактных жесткостей стыковых соединений. Жесткость отдельных деталей и сборочных единиц влияет на производительность шлифования. Как известно, на внутришлифовальном станке наименее жесткой является шлифовальная бабка, в особенности оправка, несущая консольно расположенный шлифовальный круг.

Увеличение жесткости ее шпинделя достигают путем увеличения его диаметра при применении воздушных подшипников, исключающих ограничения на диаметр шпинделя по критерию окружной скорости.

В круглошлифовальных станках для получения необходимой жесткости задней бабки и отсутствия смещения ее центра при зажиме пиноли, пиноль монтируют на шариковых направляющих с натягом.

Увеличение жесткости шлифовальных станков достигают: уменьшением числа звеньев кинематической цепи; повышением жесткости корпусных деталей; применением замкнутых коробчатых форм для корпусов шпиндельных и задних бабок, стоек, по-перечин и т. д.; увеличением диаметра ходовых винтов, опорных шеек шпинделей; применением многовкладышевых самоустанавливающихся на сферических опорах подшипников и т. д.

**Температурные деформации станков.** Перемещения, вызванные изменениями температуры, называют температурными деформациями. Они возникают: а) от источников теплоты внешней среды (солнечных лучей, отопительных устройств и др.) в результате колебаний температуры в течение суток (опытным путем доказано, что двухчасовой нагрев солнечными лучами передней стенки круглошлифовального станка ЗА151 приводит к отклонению от прямолинейности перемещения стола на 45 мкм); б) от источников теплоты внутри станка (электродвигателей, подшипников, гидравлических систем) и теплоты, выделяющейся при шлифовании.

Основной причиной теплообразования являются внутренние источники теплоты. Колебания температуры масла в гидросистеме изменяют его свойства и приводят к нестабильности работы гидропривода станка. Поэтому в гидросистему прецизионных станков встраивают холодильные установки, обеспечивающие постоянство температуры.

Подшипником главного шпинделя наряду с гидросистемой выделяется наибольшее количество теплоты. Наличие тепловых деформаций показывает, что работа станков по автоматическому циклу требует в первые 1,5—2 ч работы станка более внимательно следить за размером изготавляемых деталей и проводить частые подналадки или предварительно разогревать станок.

На рис. 38, а приведена схема тепловой деформации плоскошлифовального станка с вертикальным шпинделем. Шпиндельная бабка нагревается при тепловыделении электродвигателя шпинделя и трения в опорах. Теплота, переходящая в стойку, вызывает ее неравномерный нагрев, что приводит к нарушению заданного углового положения торца шлифовального круга. Практически изменение указанного углового положения при перепаде температур на 4—5°C составляет до 0,01 мм на 1 м длины.

Для устранения тепловых деформаций менее нагретые стенки стоек нагревают воздухом. Тёплый воздух подается в стойку по трубопроводам и с помощью щитков направляется вдоль задних стенок (рис. 38, б), что снижает неравномерность нагрева стоек. Отклонение от параллельности торцов снижается с 0,012 мм до 0,003—0,005 мм на длине 1 м.

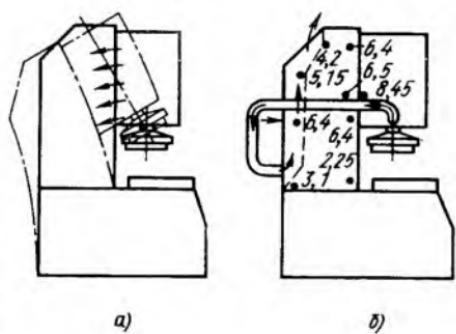
Для снижения тепловых деформаций источники теплоты выносят из станины и изолируют их, выравнивают температурное поле станин и стоек и создают цехи и участки с постоянной температурой (термоконстантные цехи и участки). Эффективным способом снижения тепловых деформаций станков является охлаждение механизмов, как источников теплообразования. С этой целью создают циркуляцию воздушных или гидравлических потоков внутри некоторых механизмов станков (например, передней опоры шпинделя).

Получают развитие системы, обеспечивающие автоматическую компенсацию тепловых деформаций станков за счет применения устройств, осуществляющих изменение температурного поля станка путем встраивания в него тепловых труб.

На рис. 39 показана тепловая труба, представляющая собой

Рис. 38. Тепловые деформации шлифовальных станков:

а — зависимость изменения положения оси шпинделя плоскошлифовального станка относительно оси заготовки от времени нагрева масла в подшипниках; б — деформирование шлифовальной бабки от теплового потока: температурное поле станка при включенном подогреве (цифры на чертеже показывают отклонения температуры в градусах в различных точках станка от нормальной)



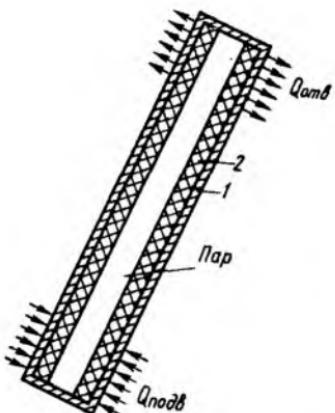


Рис. 39. Схема работы тепловой трубы

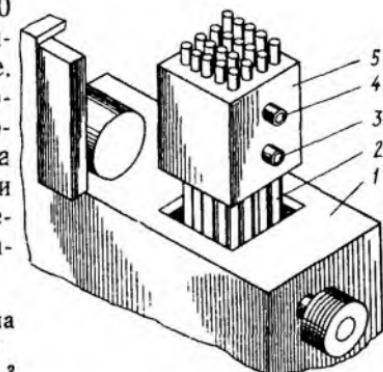
таким образом, при работе тепловой трубы образуется непрерывный замкнутый цикл: испарение — перенос пара — конденсация — возврат конденсата.

Встраивание в станок тепловых труб дает возможность отводить излишнюю теплоту на теплосъемник-холодильник, расположенный в станке, отводить излишнюю теплоту с целью возвращения его в станок во время перерывов в работе или во время работы на режимах малых тепловыделений; перераспределять теплоту между деталями и механизмами станка.

На рис. 40 показана установка тепловых труб на бесцентрово-шлифовальном станке ЗМ182. В шлифовальной бабке станка вдоль ее масляной полости размещены 20 тепловых труб из коррозионно-стойкой стали, работающих на ацетоне. Теплообменник установлен на корпусе бабки и подключен к водопроводной сети. Испытание станка ЗМ182, оборудованного тепловыми трубами, позволяет сократить смяжение по диаметру вала в 1,4—1,5 раза.

Рис. 40. Схема установки тепловых труб на бесцентрово-шлифовальном станке ЗМ182:  
1 — шлифовальная бабка; 2 — тепловые трубы; 3 и 4 — штуцеры подвода и отвода воды; 5 — теплообменник

замкнутый герметичный сосуд 1 любой формы, боковая поверхность которого выложена капиллярно-пористым веществом 2, пропитанным рабочей жидкостью. Если к одному из концов трубы подвести источник теплоты  $Q_{\text{подв}}$ , то жидкость внутри нее начнет испаряться и кипеть. При этом часть теплоты уйдет на парообразование. Давление у другого (холодного) конца трубы мало, и пар устремится туда, унося с собой теплоту. У холодной стенки тепловой трубы пар будет конденсироваться, выделяя теплоту  $Q_{\text{отв}}$ . Образовавшаяся жидкость по капиллярам трубы будет возвращаться назад, вновь испаряться и т. д. Таким образом, при работе тепловой трубы образуется непрерывный замкнутый цикл: испарение — перенос пара — конденсация — возврат конденсата.



## КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

## 1. МЕТОДЫ КРУГЛОГО ШЛИФОВАНИЯ

Наружное круглое шлифование заготовок типа тел вращения можно осуществлять продольными рабочими ходами, врезанием и уступами.

**Шлифование продольными рабочими ходами** (рис. 41, а). Шлифуемая заготовка 2, вращаясь на неподвижных центрах, совершают продольное перемещение вдоль своей оси с подачей  $S_{np}$  (мм/мин). В конце двойного или каждого прохода шлифовальный круг 1 подают в направлении, перпендикулярном к оси заготовки 2, на установленную глубину шлифования или поперечную подачу  $S_n$ , равную глубине  $t$  шлифования. Этот способ выгодно применять для шлифования заготовки с цилиндрической поверхностью большой длины. Глубину шлифования выбирают не более 0,05 мм.

**Глубинное шлифование** (рис. 41, б) как разновидность шлифования с продольной подачей круга применяют при обработке жестких коротких заготовок со снятием припуска до 0,4 мм за один проход. Основную работу резания выполняет коническая часть круга, а цилиндрическая часть его только зачищает по-

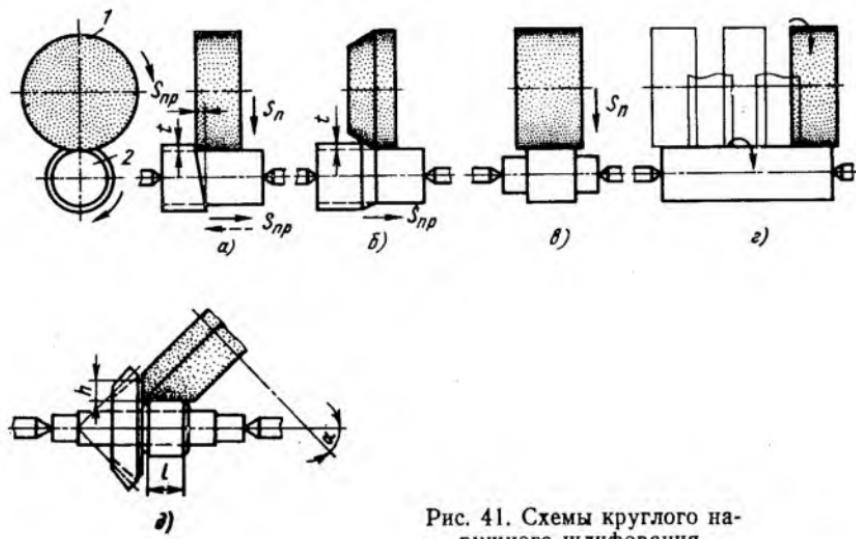


Рис. 41. Схемы круглого наружного шлифования

верхность заготовки. Таким образом, при глубинном шлифовании совмещают обдирочное и чистовое шлифование.

Иногда применяют шлифование двумя установленными рядом кругами, причем круг для обдирочного шлифования выбирают с более крупным зерном и большей твердостью, чем круг для чистового шлифования. Для удобства правки первого круга между кругами устанавливают прокладку толщиной 5—6 мм. При глубинном шлифовании необходим полный сход круга со шлифуемой заготовки.

**Врезное шлифование** (рис. 41, в) применяют при обдирочном и чистовом шлифовании цилиндрических заготовок. Шлифование проводят одним широким кругом, высота которого на 1—1,5 мм больше длины шлифуемой поверхности. Заготовка не имеет продольной подачи. Поперечную подачу круга на заданную глубину проводят непрерывно или периодически. Для получения поверхности с меньшим отклонением формы и параметром щероховатости кругу сообщают дополнительное осевое колебательное (осциллирующее) перемещение (до 3 мм) влево и вправо.

Преимущества обработки заготовки этим способом перед шлифованием продольными проходами следующие: подача круга проводится непрерывно; можно шлифовать фасонные заготовки профицированным шлифовальным кругом; на шпиндель можно устанавливать два или три круга и шлифовать одновременно несколько участков заготовки.

Недостатки способа врезания: вследствие высокой производительности выделяется большое количество теплоты; круг и заготовка нагреваются сильнее, чем при обычном шлифовании, поэтому шлифование необходимо проводить с обильным охлаждением; происходит более быстрое искажение геометрической формы круга, и поэтому требуется более частая его правка.

**Шлифование уступами** (рис. 41, г). При этом способе сочетается шлифование продольными проходами и врезное. Этот способ применяют при шлифовании длинных заготовок. Вначале шлифуют один участок вала при поперечной подаче круга, затем соседний с ним участок и т. д. Края участков при шлифовании перекрывают друг друга на 5—10 мм, однако обработанная поверхность получается ступенчатой. Поэтому на каждом участке снимают неполный припуск. Оставшийся слой, равный 0,02—0,08 мм, снимают двумя-тремя быстрыми продольными проходами.

Ступенчатые заготовки начинают шлифовать со ступеней большего диаметра; при различной длине ступеней высоту шлифовального круга выбирают равной длине наименьшей ступени и шлифование проводят уступами.

Под **обдирочным шлифованием** понимают шлифование, предназначеннное для удаления с заготовки дефектного слоя материала после литья, ковки, штамповки, прокатки и сварки.

При чистовом шлифовании в отличие от обдирочного преследуется цель достичь необходимых форм и параметра шероховатости шлифуемой поверхности. Разделение шлифовальных операций на обдирочное и чистовое шлифование дает возможность повысить производительность шлифовальных станков и использовать при обдирочном шлифовании менее точное оборудование. Если обдирочное и чистовое шлифование проводят на точных станках, необходимо при обдирочном шлифовании применять пониженные подачи для сохранения точности шлифовального станка.

**Шлифование угловыми кругами** является одним из прогрессивных методов круглого шлифования, дающих возможность шлифовать торцы одновременно с прилегающим цилиндрическим участком заготовки (рис. 41, *д*). При этом ось круга располагают под углом  $\alpha$  к оси вращения заготовки (обычно этот угол равен  $30-45^\circ$ ). Подачу круга проводят перпендикулярно к его оси вращения. При таком методе шлифования имеет место линейный контакт между кругом и заготовкой, причем торец заготовки шлифуют периферийной частью заправленного круга. Шлифование заготовки проходит по методу врезания, который позволяет сократить число операций и повысить производительность шлифования в 1,5—2 раза, уменьшить параметр шероховатости поверхности и повысить стойкость круга. Угол между осью круга и заготовкой выбирают в пределах  $10-45^\circ$  в зависимости от отношения длины шлифуемого цилиндрического участка  $l$  к длине торцовой поверхности  $h$ . С увеличением угла  $\alpha$  условия обработки торца улучшаются, а цилиндрического участка — ухудшаются. Опыт показал, что количество шлама, образующегося в зоне контакта круга с торцом заготовки, больше, чем в зоне контакта с цилиндрической частью. Поэтому в зоне обработки торца круг быстро теряет свои режущие свойства, создается более напряженный температурный режим работы круга, и попадание СОЖ в зону затруднено. При развороте шлифовальной бабки с  $45$  на  $30^\circ$  подача на врезание в направлении торца в 1,7 раза меньше, чем подача в направлении цилиндрической поверхности. Припуск на шлифование торца оставляют в 1,5—2 раза меньше, чем на цилиндрической поверхности. Иногда применяют составные угловые круги с различными режущими характеристиками. Рекомендуются следующие углы установки круга: при  $l/h > 8$   $\alpha = 10^\circ$ ; при  $l/h = 1\dots 8$   $\alpha = 30^\circ$ ;  $l/h \leq 1$   $\alpha = 45^\circ$ .

## 2. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ ЦЕНТРОВОЙ ПОЛУАВТОМАТ ЗМ151

**Общие сведения.** Центровые круглошлифовальные станки делят на простые, универсальные и специальные. На простых круглошлифовальных станках возможен поворот верхнего стола на

угол  $\alpha=6^\circ$ , что дает возможность шлифовать конусы с малым углом при вершине. На универсальных круглошлифовальных станках кроме поворота верхнего стола возможен поворот как шлифуемой заготовки, так и шлифовального круга. Это дает возможность шлифовать на станках конусы с большим углом при вершине и торцевые поверхности.

В машиностроении применяют детали сложных профилей, например, коленчатые и распределительные валы, многошлифовальные валы, зубчатые колеса, кольца шариковых и роликовых подшипников, фасонные режущие инструменты. Для изготовления таких деталей применяют специальные полуавтоматы и автоматы.

Круглошлифовальные станки характеризуются наибольшими диаметром и длиной шлифуемой заготовки. Для станков общего назначения наибольший диаметр шлифуемой заготовки 100—1600 мм, а наибольшая длина 150—12 500 мм. Круглошлифовальные горизонтальные центровые станки общего назначения, в том числе с ЧПУ, с поворотными и неповоротными шлифовальной и передней бабками, предназначены для продольного и врезного шлифования.

Основные размеры станков с поворотной передней и шлифовальной бабками должны соответствовать следующим размерам заготовки, мм:

Наибольший диаметр заготовки . . . . .	60	100	140	200	280	400	560
Наибольшая длина заготовки . . . . .	140	180	250; 360	500; 1000	710; 1000; 1400	1000; 1400; 2000; 2800	1400; 2000; 2800

**Круглошлифовальный центровой полуавтомат ЗМ151** (рис. 42). По направляющим станины с помощью гидравлического привода перемещают стол в продольном направлении. Верхняя часть стола поворотная. Точность поворота стола контролируют индикаторным приспособлением. Шлифуемую заготовку устанавливают в неподвижных центрах передней и задней бабок и приводят во вращение поводком, укрепленным на планшайбе передней бабки станка.

#### Краткая техническая характеристика станка ЗМ151, мм

Заготовка:	наибольший диаметр . . . . .	200
	наибольшая длина . . . . .	700
Высота центров над столом . . . . .		125
Шлифовальный круг:		
	наибольший диаметр . . . . .	600
	наибольшая высота . . . . .	80

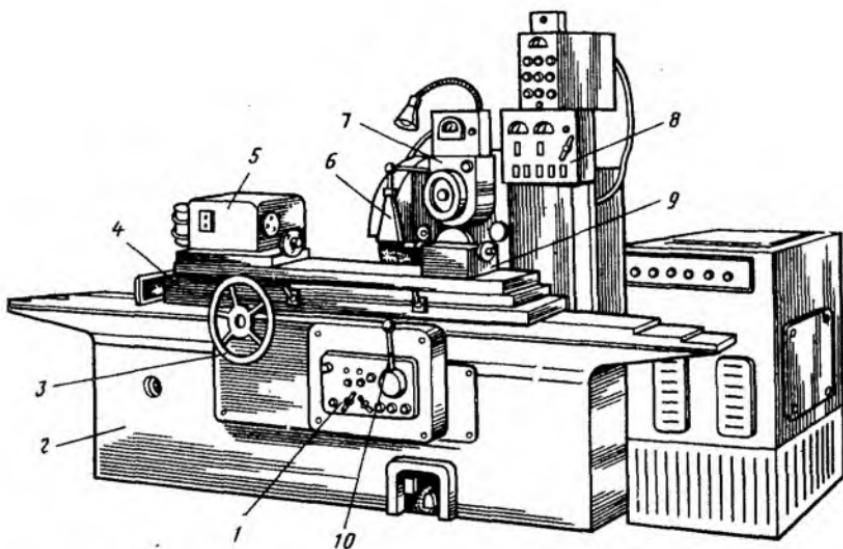


Рис. 42. Круглошлифовальный станок 3М151:

1 — панель гидравлического управления станком; 2 — станина; 3 — маховик чок ручного перемещения стола; 4 — стол; 5 — передняя бабка; 6 — шлифовальная бабка; 7 — механизм поперечной подачи; 8 — панель управления пуском насоса, шлифовального круга, вращением заготовки и регулированием подачи работой сигнальных ламп; 9 — задняя бабка; 10 — рукоятка быстрого подвода-отвода шлифовальной бабки, пуска гидравлического перемещения стола из зоны шлифования в зону правки и отвода стола

Регулирование частоты вращения заготовки бесступенчатое. Станок снабжен балансировочным механизмом, укрепленным на фланце шлифовального круга. Балансировку осуществляют во время его вращения. Очистку СОЖ от металлической стружки и абразивной пыли проводят магнитным сепаратором.

В станке гидроприводом осуществляется: продольное возвратно-поступательное перемещение стола, используемое при обдирочном и чистовом шлифовании, правке шлифовального круга; поперечные перемещения шлифовальной бабки, которые используют для быстрого ее подвода и отвода, обдирочной и чистовой подач; отвод пиноли задней бабки при отведенной шлифовальной бабке; блокировка механизма ручного перемещения стола; смазывание подшипников шпинделя шлифовальной бабки, направляющих стола, опоры и винта механизма быстрого подвода.

Насосная установка гидропривода станка включает насосы: спаренный пластинчатый с подачами 18 л/мин (для привода стола) и 12 л/мин (для привода остальных движений рабочих органов); шестеренные с подачей  $\theta=5$  л/мин (подают масло для смазывания опор шпинделя шлифовального круга); шестеренный с подачей  $\theta=1,5$  л/мин.

На рис. 43 приведена шлифовальная бабка круглошлифовального станка ЗМ151. Вращение круга осуществляют от двигателя, установленного на шлифовальной бабке, посредством клиноременной передачи. Шпиндель круга 1 расположен на двух подшипниках скольжения. Подшипники состоят из трех одинаковых вкладышей 8, представляющих собой сегменты. Вкладыши опираются на винты 6, имеющие сферические головки, поэтому вкладыши могут самоустанавливаться, создавая масляный клин 7 между шейкой шпинделя и вкладышами. Шпиндель шлифовальной бабки фиксируют в осевом направлении двумя бронзовыми кольцами 2 и 3, прижимаемыми с двух сторон к торцам бурта шпинделя корончатой гайкой 4, которую фиксируют контргайкой 5. В поперечном направлении шлифовальная бабка перемещается по направляющим качения 9.

Кинематическая схема круглошлифовального станка ЗМ151 (рис. 44) включает кинематические цепи главного движения, вращения заготовки, ручного перемещения стола, ручной поперечной подачи шлифовальной бабки; ручной подачи алмаза прибора правки; ручного отвода пиноли задней бабки и поворота верхней части стола.

**Главное движение.** Вращательное движение шпинделя шлифовального круга осуществляют от электродвигателя М2 мощностью  $N=7,5$  кВт и  $n=1460$  об/мин, установленного на шлифовальной бабке, с помощью клиноременной передачи. При наличии двух сменных шкивов диаметрами 147 и 128 мм и шкива диаметром 112 мм на валу электродвигателя шпиндель шлифовального круга может иметь две частоты вращения:  $m_1=1100$  и  $m_2=1275$  об/мин. При диаметре шлифовального круга 600 мм

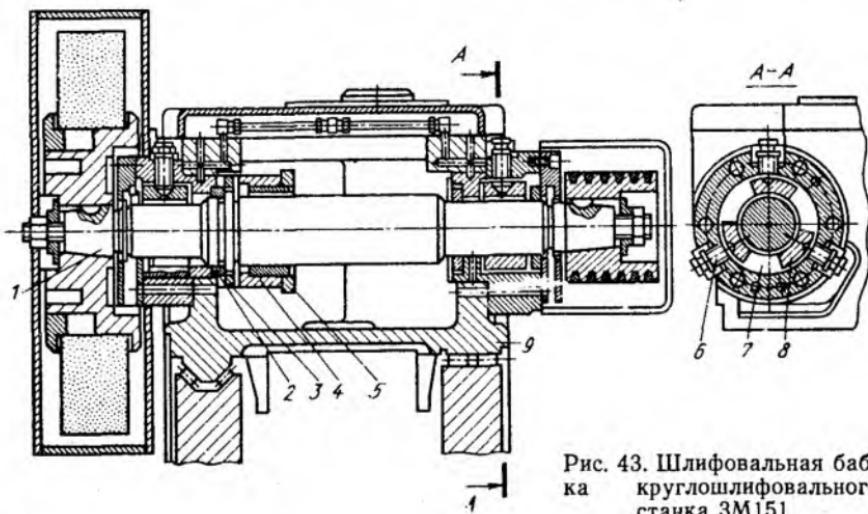
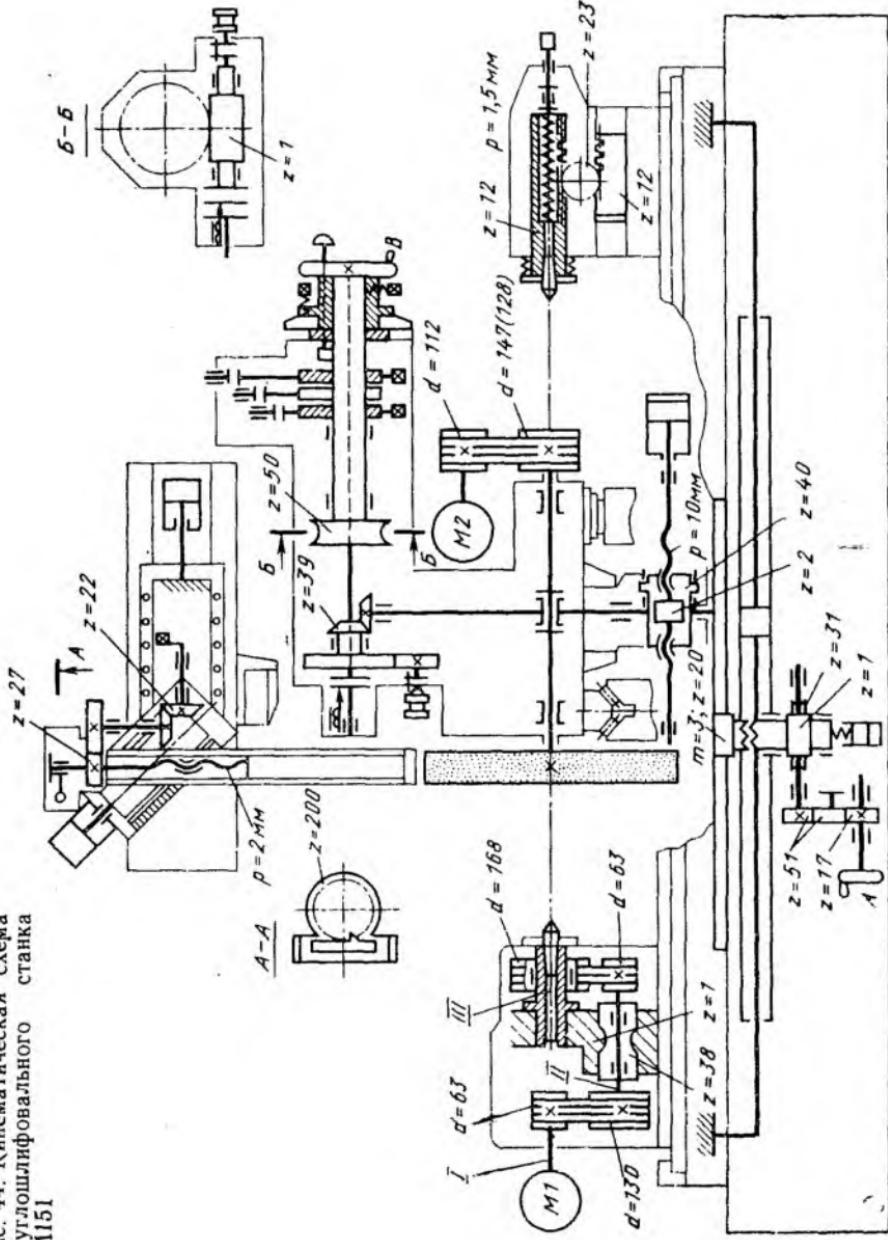


Рис. 43. Шлифовальная бабка круглошлифовального станка ЗМ151

Рис. 44. Кинематическая схема круглошлифовального станка 3М151



максимальная скорость резания 35 м/с. При диаметре шлифовального круга 450 мм минимальная скорость резания 29 м/с.

*Вращение шлифуемой заготовки.* Шпиндель передней бабки неподвижен, заготовка приводится во вращение поводком планшайбы, которая получает вращение от электродвигателя постоянного тока М1 мощностью  $N=0,8$  кВт и  $n=220\div2200$  об/мин через две клиноременные передачи. Частоту вращения заготовки регулируют бесступенчато в пределах 40—400 об/мин.

*Ручное продольное перемещение стола.* Ручное перемещение стола осуществляют вращением маховика А через цилиндрические колеса  $z=\frac{17}{51}$ ,  $\frac{51}{51}$ , червячную передачу 1/31, реечную шестерню  $z=20$ ,  $m=3$ . Продольная подача стола за один оборот маховика А равна 2 мм.

*Поперечные подачи шлифовальной бабки.* Шлифовальная бабка имеет следующие поперечные подачи: быстрое установочное перемещение относительно ходового винта; ручное перемещение; непрерывное автоматическое перемещение; автоматические периодические перемещения и дискретные (толчковые) периодические перемещения.

Механизм поперечных подач (рис. 45) установлен на корпусе шлифовальной бабки и шлицевой втулкой соединен с вертикальным валом механизма быстрого подвода. Ручную подачу шлифовальной бабки осуществляют вращением маховичка 1, вала 2 при включенном стопоре 3 и через электромагнитную муфту ЭМ, конические колеса  $z=39\div39$ , червячную передачу 2/40, ходовой винт с шагом 10 мм. Подача за оборот маховика 1, мм/об:

$$1 \frac{39}{39} \frac{2}{40} 10 = 0,5.$$

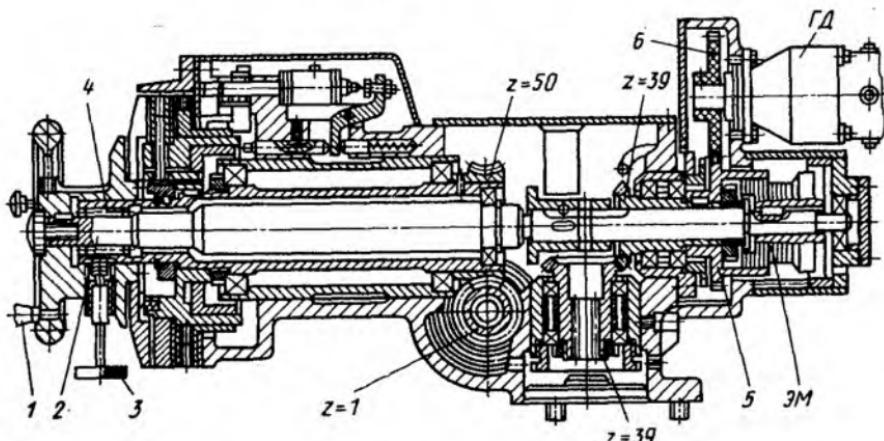


Рис. 45. Механизм подач круглошлифовального станка 3М151

Быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки осуществляют от гидродвигателя ГД, при выключенной ЭМ через цилиндрические колеса 6 и 5, конические колеса 39/39, червячную передачу 2/40, ходовой винт. Так как ЭМ отключена, то вал 2 и маховичок 1 не врашаются. Скорость быстрого перемещения равна 200 мм/мин.

Непрерывные автоматические подачи осуществляют от другого гидродвигателя, расположенного на одной оси с червяком  $z=1$  и включаемого ЭМ. Через червячную передачу 1/50 приводится во вращение полый вал 4, а включением стопора 3 приводят во вращение вал 2 и далее движение передают по цепи ручных подач на ходовой винт. Кинематическую цепь поперечной подачи следует записать так, мм/мин:

$$\text{гидродвигатель } \frac{1}{50} \frac{39}{39} \frac{2}{40} 10 = S_{\text{п.}}$$

Поперечную подачу  $S_{\text{п.}}$  регулируют гидродросселями, установленными на сливе гидродвигателя. Непрерывную подачу для врезного шлифования регулируют бесступенчато в пределах 0,1 ... 0,4 мм/мин.

Периодические автоматические подачи при продольном шлифовании осуществляют по той же кинематической цепи, что и непрерывные. В момент реверсирования стола при включении червячной передачи 1/50 происходит поперечная подача шлифовальной бабки, которую регулируют бесступенчато в пределах 0,0025 ... 0,05 мм.

Толчковая поперечная подача, равная 0,001 мм, осуществляется по кинематической цепи автоматических подач при включении ЭМ, червячной передачи 1/50 и стопора 3. Движение осуществляется от электродвигателя.

Задняя бабка (см. рис. 44) имеет ручной и гидравлический отводы пиноли. В коническом отверстии пиноли установлен упорный центр. Заготовка зажимается в центрах пружиной. Ручной отвод пиноли осуществляют рукояткой (на схеме не показана), которая вращает валик, несущий колесо  $z=12$ . Управление гидравлическим отводом пиноли осуществляют педалью, расположенной на передней стенке станка. Отвод проводят плунжером с рейкой  $z=12$ , к которому через гибкий шланг подводят масло от гидросистемы, и далее через колесо  $z=23$  перемещают пиноль.

### 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

**Установка заготовок на станке.** На центровых круглошлифовальных станках заготовки устанавливают в неподвижных центрах. Круглое шлифование на неподвижных центрах исключает влияние на точность обработки бieniaия подшипников и шпинделей. Заготовки шлифуют в упорных стальных центрах, патронах, оправках или приспособлениях.

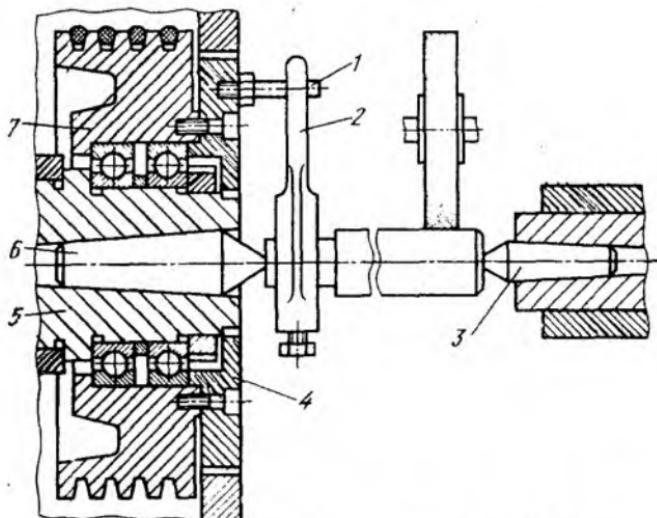


Рис. 46. Схема установки заготовки в упорных центрах круглошлифовального станка:

1 — поводковый палец; 2 — хомутик; 3 — задний упорный центр; 4 — поводковый диск; 5 — шпиндель передней бабки станка; 6 — передний упорный центр; 7 — шкив

На круглошлифовальных станках заготовки устанавливают на неподвижных центрах передней и задней бабок (рис. 46). Упорные центры имеют конический хвостовик, который легко входит в коническое отверстие передней и задней бабок и также легко вынимается из них. Рабочий конец центра шлифуют на конус с углом при вершине  $60^\circ$ . Этот конец центра входит в центральные отверстия на торце заготовки и поддерживает ее во время работы. Размеры применяемых упорных центров стандартизованы, и их различают по номерам.

Для установки заготовки между упорными центрами на ее торцах делают центровые отверстия. На рис. 47 показаны три

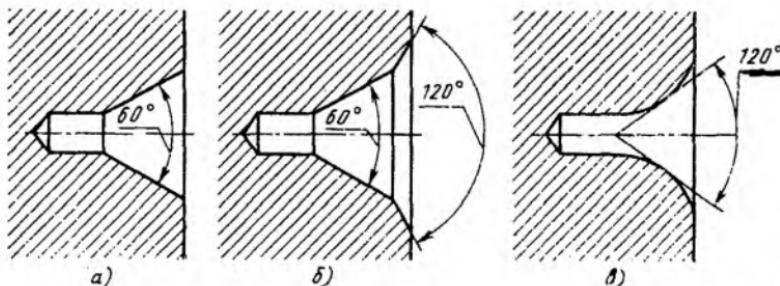


Рис. 47. Центровые отверстия без предохранительного конуса (а) с предохранительным конусом (б) и выпуклой образующей (в)

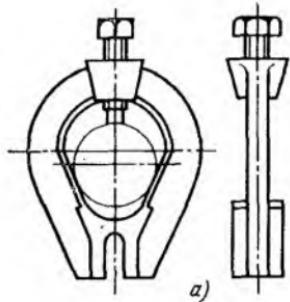
вида центровых отверстий. Большие погрешности в форме заготовки при обработке ее в упорных центрах происходят из-за неправильного выполнения центровых отверстий, что приводит к неполному прилеганию несущих поверхностей центровых отверстий заготовки к упорным центрам станка и тем самым к неравномерному износу центровых отверстий. Отклонение от соосности относительно общей оси станка в горизонтальной плоскости или отклонение от параллельности их в той же плоскости, а также отклонение от параллельности центров относительно направления перемещения стола вызывают конусообразность заготовки. Эти же погрешности в вертикальной плоскости ведут к образованию вогнутости образующей заготовки. Точность центрирования заготовки влияет на точность обработки заготовки. Применение центровых отверстий с выпуклой образующей снижает погрешности установки и повышает точность обработки.

В шлифовальных станках упорный центр задней бабки опирается на пружину, силу нажатия которой можно регулировать. При таком устройстве на заготовку со стороны центра действует постоянная сила, что уменьшает вибрации заготовки. При шлифовании заготовка нагревается и несколько удлиняется, перемещая задний центр вдоль его оси.

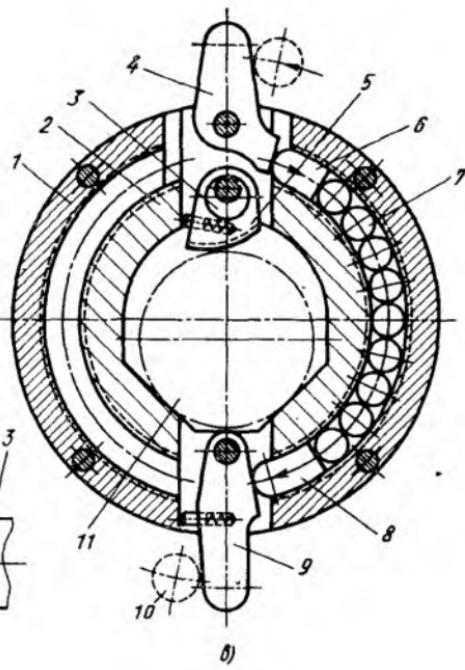
**Поводковые устройства** используют для сообщения заготовке вращательного движения. На большинстве станков поводковые устройства вращаются вокруг неподвижной втулки с установленным в ней упорным центром, что повышает точность шлифования.

Наиболее простым поводковым устройством для передачи вращательного движения заготовке является винтовой хомутик (рис. 48, а), но его установка и закрепление требуют много времени. Поводковые хомутики имеют одно плечо, поэтому форма заготовки в поперечном сечении искажается под давлением между поводком и хомутиком, она получается некруглой. Для сокращения времени на закрепление заготовки применяют поводковые устройства (рис. 49, б), позволяющие шлифовать заготовку за одну установку. Корпус 5 такого поводка навертывают на шпиндель 6 передней бабки. Закрепленный винтом 2 качающийся палец 1 входит во вспомогательное отверстие вала 3 и передает ему вращательное движение. Передний центр 4 срезан. Этот поводок можно применять только для заготовок, диаметр которых не менее 40 мм.

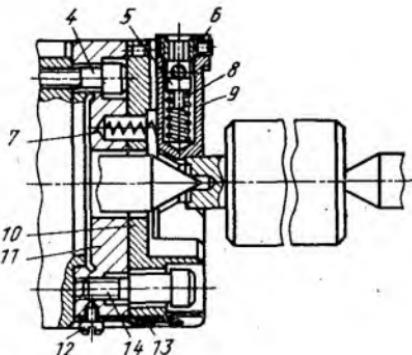
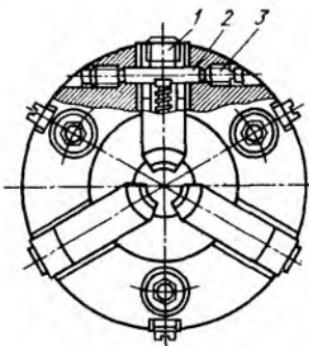
На рис. 48, в приведена схема хомутика с двумя поводками, дающая возможность устраниТЬ погрешность одноповодковых хомутиков. В кольцевом зазоре между корпусом 2 и крышкой 1 расположены шарики 7, хвостовики 4 и 9, нажимные сухари 6 и 8. Эксцентрик 5, установленный на кривошиле 3, служит для зажима шлифуемой заготовки, которая центрируется призмой, расположенной в корпусе 2. Поворотом кривошипа 3 эксцентрик ситет 5 поднимается или опускается, что дает возможность ис-



*a)*



*b)*



*д)*

Рис. 48. Поводковые патроны:

*а* — винтовой хомутик; *б* — поводковое устройство; *в* — хомутик с двумя поводками; *г* — самозажимной патрон

пользовать его для определенного диапазона диаметров шлифуемых заготовок.

Заготовку 11 с хомутиком устанавливают в упорных центрах, а планшайбу приводят во вращательное движение. Поводковый патрон планшайбы нажимает на хвостовик 4, который передает

усиление нажимному сухарю 6, шарикам 7, нажимному сухарю 8 и хвостовику 9, который прижимается к поводковому пальцу 10. Поэтому окружное усилие делится на равные части между обойми хвостовиками и горизонтальные составляющие взаимно уравновешиваются, как направленные в разные стороны.

На рис. 48, г показан самозажимной поводковый патрон. На диске 11, который крепят к шпинделю станка винтами 4, закрепляют винтами 14 планшайбу 10. Между отверстиями в планшайбе и винтами имеется большой зазор, поэтому планшайба может перемещаться относительно диска 11. Это дает возможность шлифовать заготовки, у которых ось центрового отверстия не совпадает с осью шейки. Плоские пружины 13, закрепляемые в пазах диска винтами 12, играют роль амортизаторов. Три радиально расположенных на планшайбе кулачка 9 перемещаются к центру под действием пружин 8. Другой конец кулачков через сухари 5 опирается на ось 2, закрепленную винтом 3. Расхождение кулачков регулируют пробками 1, которые стопорят винтами 6. В осевом направлении кулачки перемещают пружиной 7. Конструкция патрона допускает регулирование кулачков для зажима заготовок, у которых диаметры зажимной части отличаются на 5 мм.

**Шлифовальные оправки.** Заготовки с большими отверстиями шлифуют на оправках, которые устанавливают в упорных центрах. Центровые отверстия у оправок должны быть закалены и тщательно обработаны. Шлифовальные оправки бывают жесткими, разжимными и с гидропластовым зажимом.

На рис. 49, а приведена жесткая разжимная оправка. Шлифовальную оправку выполняют на длине  $L$  цилиндрической. Правый конец ее на длине  $M$  имеет конус для введения оправки в отверстие заготовки. Второй конец на длине  $H$  тоже конический и служит для заклинивания заготовки.

Обычно используют две оправки, что позволяет совместить время закрепления заготовки на одной оправке с временем шлифования заготовки на другой.

**Раздвижная оправка.** На рис. 49, б приведена шариковая оправка, применяемая для шлифования коротких заготовок. В сепараторе 3, на который надевают заготовку, предусмотрено для зажима заготовок шесть отверстий с шариками 2 диаметром 6—10 мм, которые контактируют с конусом корпуса оправки 1. Осевое перемещение сепаратора в оправке проводят зажимным винтом 5, воздействующим на скользящую втулку 4, к которой прикреплен сепаратор. При перемещении втулки раздвигаются шарики, которыми она центрируется и одновременно прижимается к осевому упору. Для обеспечения точного центрирования необходимо, чтобы размеры шариков по диаметру не отличались друг от друга более чем на 2 мкм, а установочный и центрирующий конусы были соосны.

**Оправки с гидропластовым зажимом.** При шлифовании тон-

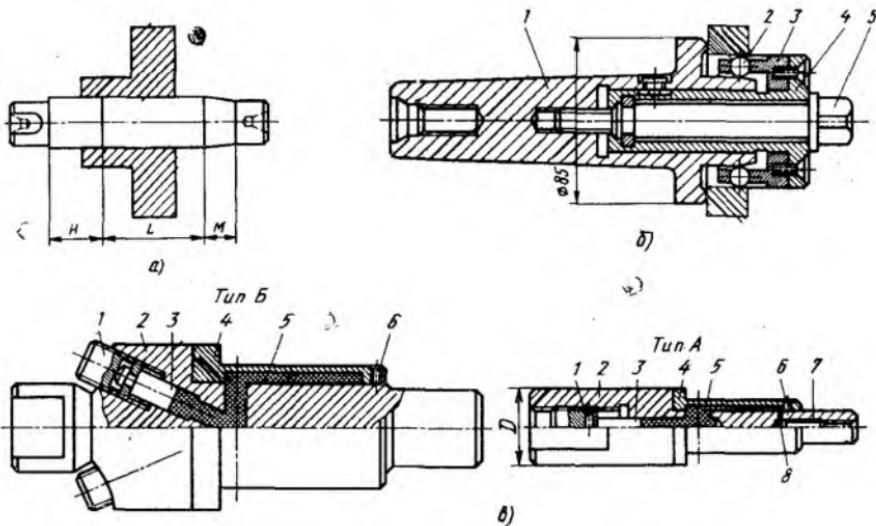


Рис. 49. Жесткая (а), разжимная (б) и с гидропластом (в) шлифовальные оправки

костенных заготовок применяют оправки с пружинящей гильзой, которые могут обеспечить достаточно точное центрирование заготовок на оправке. В этих оправках центрирующая часть не имеет прорезей и работает как тонкостенный цилиндр, испытывающий изнутри равномерное давление. Для создания этого давления используют пластинчатый наполнитель, называемый гидропластом.

На рис. 49, в показаны оправки двух типов: А — для заготовок диаметром 20 ... 40 мм; Б — для заготовок диаметром выше 40 мм. Для создания давления используют вязкий гидропласт. На корпус напрессованы втулка 2 и центрирующий цилиндр 4, который стопорят винтом 6. Толщина стенок цилиндра 2 мм. Пространство между корпусом и втулкой заполняют гидропластом 5. Усилие зажима обеспечивается плунжером 3 и винтом 1. В оправках типа А имеется отверстие для выхода воздуха, которое перекрывается прокладкой 8 и винтом 7.

**Люнеты.** Длинные и тонкие заготовки под действием сил резания при шлифовании прогибаются. Чтобы устранить прогиб, применяют особые подставки, называемые люнетами. Число устанавливаемых при круглом шлифовании люнетов определяют соотношением между диаметром и длиной заготовки. Чем они тоньше и длиннее, тем больше люнетов необходимо установить.

На рис. 50 показан люнет, корпус которого устанавливают на столе 1 станка. Заготовку 5 поддерживают двумя башмаками 6

и 4. Башмак 4 подводят к заготовке винтом 3, а башмак 6 устанавливают винтом 2 и двуплечим рычагом.

Рассмотрим две прогрессивные конструкции люнетов (рис. 51).

Люнет, обеспечивающий практически неизменное положение оси заготовки при обработке устанавливают на столе станка. На плите 2 (рис. 51, а) закреплены оси качающихся рычагов 3 и 5, губки которых армированы твердым сплавом. Контакт губок с

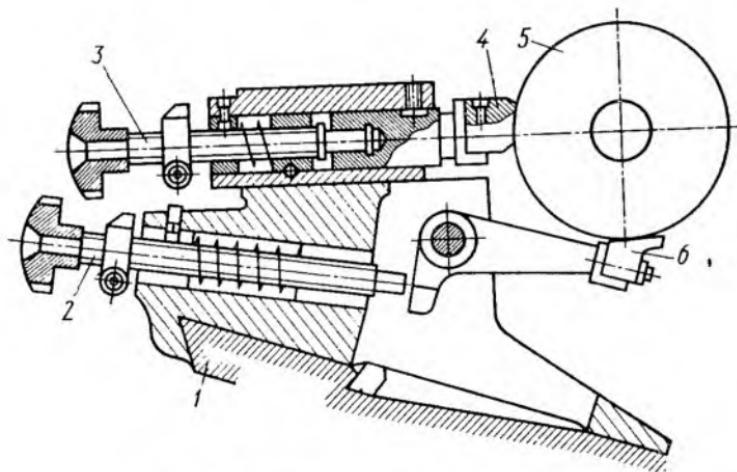


Рис. 50. Люнет круглошлифовального станка

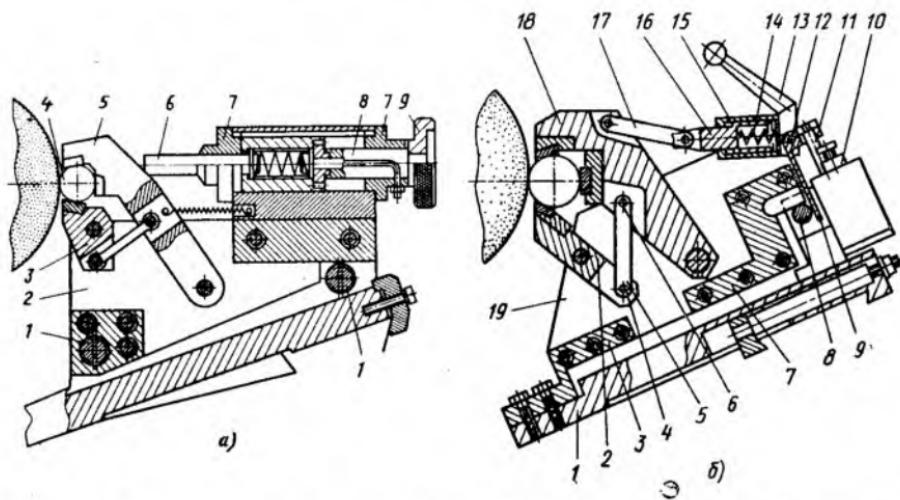


Рис. 51. Самоцентрирующий (а) и следящий (б) люнеты круглошлифовальных станков

заготовкой 4 обеспечивают толкателем 6 нажимного механизма, расположенного во втулке 7, путем поворота маховичка 9, связанного с валом 8, на котором нарезана резьба. Для настройки люнета поворачивают эксцентричные валики 1. При этом плита смещает оси заготовок в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Люнет настраивают по окончательно обработанной заготовке — эталонной заготовке. Губки люнета притирают алмазной пастой по эталонной детали на станке.

Люнеты целесообразно применять для шлифования заготовок малой жесткости, например ходовых винтов большой длины, штоков гидроцилиндров и т. д. На круглошлифовальном станке ЗА164 с применением трех люнетов, установленных с шагом 500 мм, шлифовали полые валы диаметром 45 мм и длиной 2000 мм. Отклонение диаметра профилированных валов в продольном сечении не превышало 0,01 мм, в поперечном сечении 0,002 мм и  $Ra=0,16$  мкм. Применение таких люнетов уменьшило время шлифования в 2 раза.

Для повышения производительности и точности шлифования нежестких заготовок на круглошлифовальных станках, применяют следящий люнет. Этот люнет используют в крупносерийном и массовом производстве потому, что его механизм обеспечивает слежение губок за изменением диаметра шлифуемой поверхности.

На рис. 51, б показана схема следящего люнета. Основание люнета 1 закрепляют на столе. Корпус люнета состоит из двух пластин 19, расположенных параллельно друг другу и жестко соединенных. Проставкой между пластинами служат упор 7 и верхняя часть упругого шарнира 3. На качающемся рычаге 18 закреплены две губки. Рычаг 2, на котором закреплена нижняя губка, связан с рычагом 18 посредством тяги 5 через оси 4 и 6. Оси, на которых установлены рычаги 2 и 18, жестко связаны с корпусом люнета. Нажимной механизм состоит из корпуса 15, установленного на ось 12, плунжера 16, пружины 14 и тяги 17, обеспечивающей постоянный контакт губок с заготовкой при шлифовании. Для отвода губок от детали корпус 15 поворачивают рычагом 13. Работа следящего люнета происходит следующим образом.

При обдирочном шлифовании корпус люнета соединен с основанием только упругим шарниром 3 и опирается на шток 10 гидравлического демпфера. При шлифовании эксцентрическая шейка заготовки качает корпус люнета на упругом шарнире, в результате чего происходит исправление бieniaя заготовки. Демпфер обеспечивает устойчивость процесса шлифования. Таким образом, биение исправляется благодаря действию переменной составляющей силы резания, возникающей из-за эксцентричного положения шлифуемой поверхности.

При чистовом шлифовании корпус люнета жестко соединяют

с основанием. Эксцентриковый валик 8 поворачивают против часовой стрелки и подводят его шейку под упор 7. Для увеличения жесткости связи корпуса с основанием служит плоская пружина 9, установленная на ось 12, ее натяг регулируют винтом 11. Таким образом, жесткое соединение корпуса с основанием обеспечивает высокую точность формы детали в продольном и поперечном сечениях.

Люнетами такого типа оснащены станки ЗА164, на которых шлифуют наружную цилиндрическую поверхность. Длина штока 1300 мм, диаметр и длина шлифуемой поверхности соответственно 55 и 1150 мм, припуск под шлифование 0,4...0,6 мм на диаметр; точность обработки 0,05 мм;  $Ra=0,63$  мкм. Благодаря применению люнета время обработки уменьшилось в 2 раза.

**Способы шлифования конических поверхностей** (рис. 52). Наружные конические поверхности можно шлифовать на круглошлифовальных станках при повороте стола, передней бабки или бабки шлифовального круга. Внешние конические поверхности, имеющие небольшой уклон, шлифуют в центрах с поворотом верхней части стола на угол уклона  $\alpha$ . Угол поворота проверяют по щкале, деления которой нанесены на прижимной пластине стола. Наибольший поворот стола до  $7^\circ$ , что дает возможность шлифовать конус с углом  $12\ldots14^\circ$  (рис. 52, а). Такая установка стола позволяет расположить образующую поверхность конуса параллельно направлению продольной подачи. Поперечная подача осуществляется бабкой шлифовального круга.

Конические поверхности с большим уклоном и небольшой длины можно шлифовать в патроне, поворачивая переднюю бабку на угол, равный углу уклона  $\alpha$  (рис. 52, б). Шлифование проводят с продольной подачей стола.

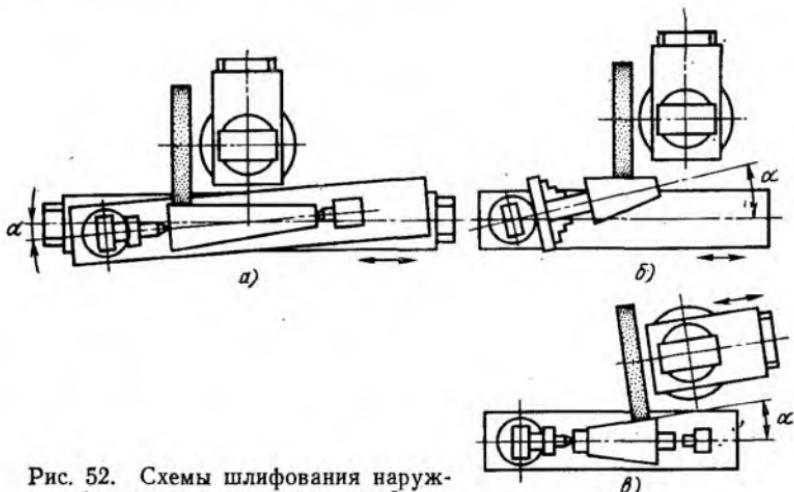


Рис. 52. Схемы шлифования наружных конических поверхностей

Внешние поверхности с большим уклоном и большой длины шлифуют в центрах с поворотом салазок бабки шлифовального круга в положение (рис. 52, в), при котором ось салазок параллельна образующей конуса. Угол поворота бабки также равен углу наклона  $\alpha$ . Продольная подача может быть осуществлена только перемещением бабки шлифовального круга вручную. Подачу на глубину проводят продольным перемещением стола влево. Подготовка станка и заготовки для шлифования конусов та же, как и для шлифования наружных цилиндрических поверхностей.

#### 4. НАЛАДКА КРУГЛШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Под наладкой станка понимают подготовку технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции (установка приспособления, переключение скоростей или подачи и т. д.).

При шлифовании заготовок контролируемые параметры постепенно изменяются и выходят из поля допуска вследствие размерного износа круга, упругих деформаций технологической системы, тепловых деформаций и др. Восстановление требуемой точности обработки достигают путем подналадки, т. е. дополнительной регулировки технологического оборудования и оснастки для получения утраченной точности станка. Для этого предусматривают механизмы регулировок. Прогрессивным методом восстановления изменившихся параметров станка является автоматическая компенсация, обеспечивающая требуемую точность обработки без вмешательства человека. Наладка каждого шлифовального станка имеет свои особенности. Типовой деталью для круглого наружного шлифования является валик.

Общие методические указания по наладке круглшлифовальных станков приведены ниже, конкретные условия наладки станка с учетом его особенностей приводят в инструкции по наладке и настройке, прилагаемой к каждому станку. Прежде всего необходимо выбрать шлифовальный круг, установить и закрепить его на станке, произвести балансировку и правку круга.

**При установке упорных центров** отверстия шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки должны быть сухими и чистыми. Перед установкой угол центра проверяют шаблоном. Хвостовики центров должны плотно прилегать к отверстиям передней и задней бабок. Вылет заднего центра должен быть равен полуторной высоте круга.

**При выверке центров** перемещают к передней бабке заднюю. Если центры бабок сходятся, то можно приступить к установке передней и задней бабок по длине заготовки. Если центры не совпадают, то поворотом передней бабки вправо или влево от нуля

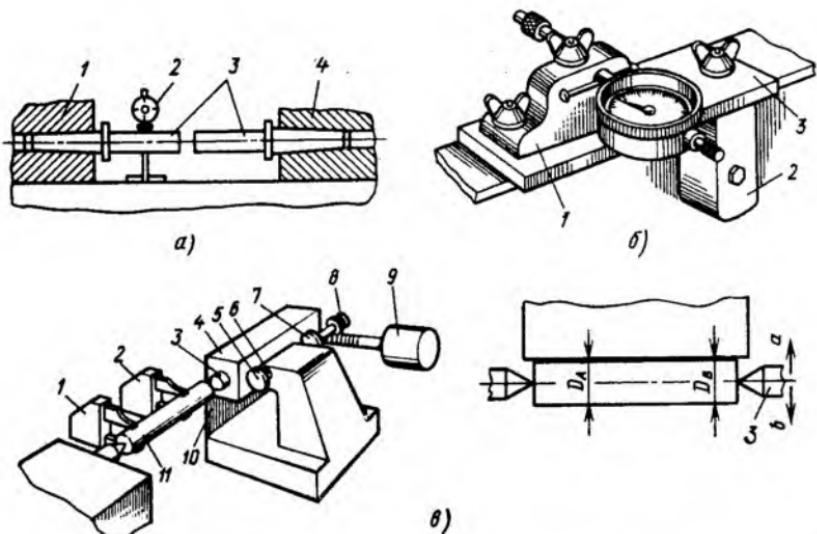


Рис. 53. Приспособления, применяемые при наладке:

*а* — схема проверки установки центров; *б* — приспособление с индикатором для отсчета угла поворота стола; *в* — устройство для автоматического регулирования цилиндричности детали

добиваются положения, при котором острия центров совпадут. Окончательную проверку следует выполнять по оправкам 3 (рис. 53, *а*), которые устанавливают вместо центров в переднюю 1 и заднюю 4 бабки. Положение их цилиндрических поверхностей проверяют индикатором 2 по длине образующей.

Перед установкой заготовки на станок необходимо тщательно проверить, нет ли на рабочих поверхностях упорных центров каких-либо повреждений. Давление пружины заднего центра проверяют следующим образом. Если при проворачивании вручную заготовка вращается со значительным усилием, то давление уменьшают, отодвигая вправо заднюю бабку. Если заготовка вращается очень легко, то ее прижимают упорным центром задней бабки.

Переднюю и заднюю бабки устанавливают по длине заготовки. При этом их можно установить в любом месте стола, но лучше, чтобы середина заготовки совпадала с осью поворота верхней части стола, что упрощает установку стола на заданный угол при шлифовании конических заготовок.

При длительном шлифовании большой партии заготовок, у которых длина шлифуемой поверхности меньше, чем наибольшее расстояние между центрами, рекомендуется время от времени переставлять переднюю и заднюю бабки на столе. Это дает возможность дольше сохранить точность станка вследствие равномерного изнашивания направляющих стола и станины.

После того как шлифуемая заготовка установлена в центрах, необходимо приступить к расстановке упоров для изменения направления движения стола. Упоры продольной подачи устанавливают так, чтобы при шлифовании круг не задевал за хомутик и не выходил из сопротивления с заготовкой. Проверка правильности их расстановки осуществляется перемещением стола вручную.

**Пробные рабочие ходы при наладке.** Проделав необходимые приготовления к запуску станка, включают электродвигатель шлифовального круга, затем электродвигатель вращения заготовки. После этого подводят круг к заготовке до появления искры и вручную перемещают стол. Если интенсивность искрения будет равномерна по длине заготовки, то можно включать автоматическую подачу. Сделав несколько проходов, микрометром проверяют диаметр заготовки с обоих концов и, если она окажется сошлифованной на конус, выверяют положение стола.

Эта выверка может быть проведена приспособлением, имеющим поворотные части 1 и 2 (рис. 53, б). Приспособление прикрепляют к нижнему столу станка сухарем 3. Поворачивая части 1 и 2, устанавливают индикатор в разных положениях по высоте и ширине стола. На заключительном этапе наладки тщательно проверяют ограждения заготовки и крепление кожухов.

На многих круглошлифовальных станках предусмотрено устройство (рис. 53, в) для автоматического регулирования цилиндричности заготовок 11, которое состоит из измерительной и управляющей частей. Измерительная часть имеет две головки 1 и 2, которые измеряют заготовку в двух сечениях по ее краям. Управляющее устройство состоит из дискретного (шагового) электродвигателя 9, червячной пары 8, эксцентриков 5 и 7, сидящих на валу 6 и воздействующих на корпус пиноли 4 задней бабки 3. Корпус пиноли заднего центра закрепляют на стальной пластине пружиной 10, которая под воздействием эксцентриков 5 и 7 может отжиматься и компенсировать возникающее отклонение от цилиндричности. Шаговый электродвигатель делает за один оборот шесть шагов, и эксцентрики поворачиваются на известный угол для компенсации отклонения от цилиндричности.

Направление перемещений *a* и *b* зависит от диаметра заготовки. Если  $D_B > D_A$ , то перемещение происходит в направлении перемещения *a* и, наоборот, если  $D_B < D_A$ , то перемещение происходит по направлению перемещения *b*.

## БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Схемы бесцентрового шлифования.** Типовые детали машин, которые изготавливают на бесцентрово-шлифовальных станках наружного шлифования, представляют собой тела вращения: детали подшипников качения, ступенчатые валики, гильзы, поршневые пальцы, валы крупных размеров, прутки и др.

Существуют два основных способа бесцентрового шлифования наружных поверхностей: напроход (или сквозное шлифование) и врезанием. Способом напроход (рис. 54, а) шлифуют гладкие заготовки без выступов при непрерывной подаче их между вращающимися абразивными кругами. Врезанием шлифуют цилиндрические, конические и фасонные заготовки (рис. 54, б, в). Заготовку устанавливают так, чтобы шлифование проходило одновременно по всей ее длине. Поэтому высота шлифовального круга больше, чем длина заготовки. Заготовки, имеющие выступ, можно шлифовать напроход и врезанием до упора.

**Принцип бесцентрового шлифования.** При бесцентровом наружном шлифовании заготовку при обработке не закрепляют в приспособлении, а она контактирует с упорным ножом 4 и двумя кругами, из которых шлифовальный круг 1 обрабатывает заготовку 2, а ведущий круг 3 вращает заготовку. Шлифовальный и ведущий круги врачаются с различными окружными скоростями: скорость шлифовального круга (30—50 м/с) во много раз больше скорости ведущего круга. Вследствие меньшей скорости

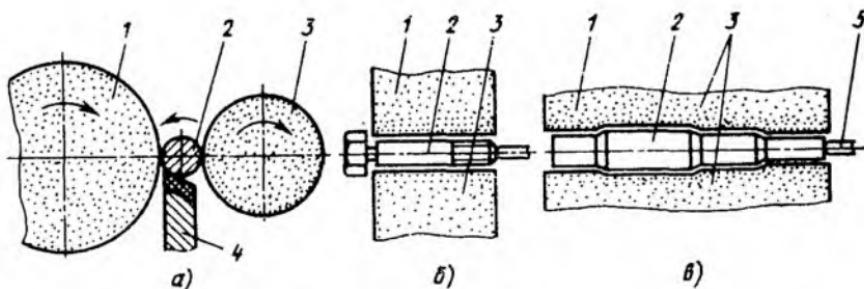


Рис. 54. Схемы обработки на бесцентрово-шлифовальном станке напроход (а) и врезанием (б, в):

1 — шлифовальный круг; 2 — заготовка; 3 — ведущий круг; 4 — упор; 5 — выбрасыватель

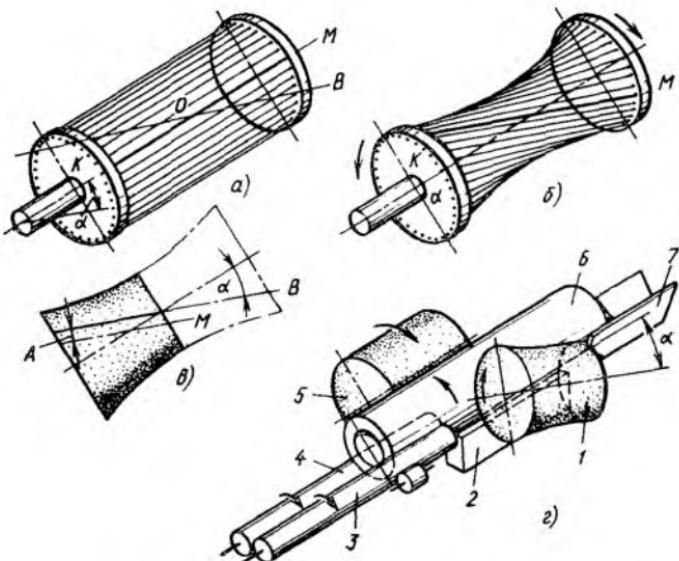


Рис. 55. Поверхность гиперболоида (а, б) и действительная форма абразивного ведущего круга (в, г):

1 — ведущий круг; 2 — поддерживающий нож; 3, 4 — загрузочные валики; 5 — круг; 6 — заготовка; 7 — направляющие планки

ведущего круга трение между шлифовальным кругом и заготовкой меньше, чем между заготовкой и ведущим кругом, поэтому линейная скорость заготовки в зоне контакта соответствует линейной скорости ведущего круга. Таким образом, скорость заготовки задается ведущим кругом. В качестве ведущих кругов используют мелкозернистые твердые круги на вулканитовой связке, однако они могут быть стальными, чугунными или алюминиевыми. Для перемещения заготовки вдоль оси, т. е. для сообщения ей продольной подачи, ведущий круг 3 устанавливают под углом  $\alpha = 1 \dots 8^\circ$  (рис. 55, б) по отношению к кругу 1.

Чтобы обеспечить касание ведущего круга с деталью по всей ширине круга, а не в одной точке, ему придают форму гиперболоида. Чтобы представить эту поверхность, рассмотрим модель, состоящую из двух дисков, между которыми натянуты нити (рис. 55, а). Любая нить КМ будет прямой линией, параллельной оси. Повернем диски в направлении стрелок (рис. 55, б). Образовавшаяся поверхность будет линейчатой поверхностью, но в диаметральном сечении будет кривая, называемая гиперболой. Такая поверхность называется гиперболоидом вращения. Подобная поверхность образуется на ведущем круге при правке. На рис. 55, в показана часть круга, имеющая форму гиперболоида.

Контакт ведущего круга с деталью будет по прямой линии  $AB$ .

Скорость продольной подачи определяется углом  $\alpha$  между осями кругов и скоростью вращения ведущего круга. Скорость вращения заготовки  $v_z = v_b \cos \alpha$ , где  $v_b$  — окружная скорость ведущего круга, м/мин. Продольная подача заготовки, м/мин:  $v_s = v_b \sin \alpha$ . При шлифовании методом врезания ведущий круг подают в поперечном направлении.

Бесцентровое шлифование — это один из технологических процессов, обеспечивающий высокую производительность, превышающую в несколько раз производительность центрового шлифования. Это достигается благодаря режимам резания и сокращению времени на установку, выверку и снятие заготовок. Кроме того, отпадает необходимость в центрировании заготовок, что позволяет уменьшить припуск на шлифование, так как заготовка центрируется по обрабатываемой поверхности. Повышенный режим шлифования возможен вследствие надежной опоры шлифуемой заготовки на нож и ведущий круг. Бесцентровое шлифование применяют в серийном и массовом производстве.

Недостатками бесцентрового шлифования являются: сложность наладки при высоких требованиях к цилиндричности заготовки; невозможность получения шлифуемой поверхности, концентрично расположенной относительно ранее обработанных центровых отверстий и шеек; сложность шлифования заготовок, которые не имеют замкнутой цилиндрической обрабатываемой поверхности, например при наличии лысок по длине заготовки и т. д.

**Классификация бесцентрово-шлифовальных станков.** Бесцентрово-шлифовальные станки делят на станки для наружного и внутреннего шлифования. Станки для наружного бесцентрового шлифования изготавливают как универсальные, так и специальные. В зависимости от расположения осей шлифовальных кругов их делят на станки с горизонтальным расположением осей (рис. 56, а, б) для большинства мелких и средних станков и с наклонным расположением осей кругов (рис. 56, в, г).

На рис. 56, а приведена схема, при которой возможно перемещение бабки ведущего круга 2 и суппорта с опорным ножом 3 относительно неподвижно закрепленной на станке шлифовальной бабки 1. К преимуществам этих станков относят большую жесткость шлифовальной бабки и стабильное положение оси круга, к недостаткам — зависимость положения оси заготовки от диаметра шлифовального круга. Поэтому по мере изнашивания круга необходимо заготовку приближать к кругу и переналаживать транспортно-загрузочное устройство. Если бабку ведущего круга сделать неподвижной, а перемещать шлифовальную бабку в суппорт опорного ножа, то жесткость бабки шлифовального



Рис. 56. Принципиальные схемы бесцентрово-круглошлифовальных станков:

I — с горизонтальной линией центров: а — с неподвижной шлифовальной бабкой; б — с подвижной шлифовальной бабкой и суппортом; II — с наклонной линией центров: в — с неподвижной шлифовальной бабкой и суппортом; г — с неподвижными шлифовальными бабками и неподвижным ножом

круга будет занижена. Транспортные устройства по мере изнашивания ведущего круга также необходимо подналаживать.

По схеме, приведенной на рис. 56, б, шлифовальная бабка 1 и бабка ведущего круга 2 подвижные, и опорный нож 3 закреплен на станине станка, обе бабки регулируют независимо друг от друга. Компенсация износа круга происходит перемещением бабки шлифовального круга. Бабку ведущего круга перемещают при настройке на новый размер заготовки и по мере изнашивания круга. Износ шлифовального круга примерно в 5 раз выше, чем износ ведущего круга. Такая компоновка принята для большинства станков. Она дает возможность быстрее и экономичнее осуществлять автоматизацию шлифования. Компоновка станков с неподвижным суппортом и подвижными бабками особенно удобна при обработке заготовок типа прутков, так как сокращается время на подналадку транспортных устройств при изнашивании кругов. При такой компоновке жесткость бабок понижена, что является недостатком этой системы.

На рис. 56, в, г приведены схемы станков, у которых оси кругов расположены наклонно. Такие станки эффективны при обработке тяжелых заготовок, так как при этом большая часть массы заготовки приходится на ведущий круг и сила сцепления ее с кругом возрастает.

По ГОСТ 2898—78Е установлены следующие основные параметры для бесцентрово-шлифовальных станков: наибольший диаметр шлифуемой заготовки 10, 20, 40, 80, 160, 320 мм; наименьший диаметр заготовки в зависимости от метода шлифования 0,2 ... 20 мм.

## 2. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ БЕСЦЕНТРОВЫЙ ПОЛУАВТОМАТ ЗЕ184В

Полуавтомат ЗМ184В (рис. 57) предназначен для наружного шлифования заготовок с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями. На станке шлифуют заготовки из стали, чугуна, цветных металлов и их сплавов, а также из неметаллических материалов (текстолита, пласти массы и т. д.). Параметр шероховатости шлифованной цилиндрической поверхности  $R_a \leq 0,1$  мкм, а отклонение от круглости цилиндрической поверхности 0,8 мкм.

Полуавтомат ЗЕ184В высокой точности является представителем нового поколения станков этого класса. По сравнению с полуавтоматом ЗМ184 в полуавтомате ЗЕ184В предусмотрены: увеличение высоты шлифовального круга в 1,6 раза; повышение мощности главного привода в 1,7—3 раза в зависимости от исполнения полуавтомата; повышение скорости продольного пере-

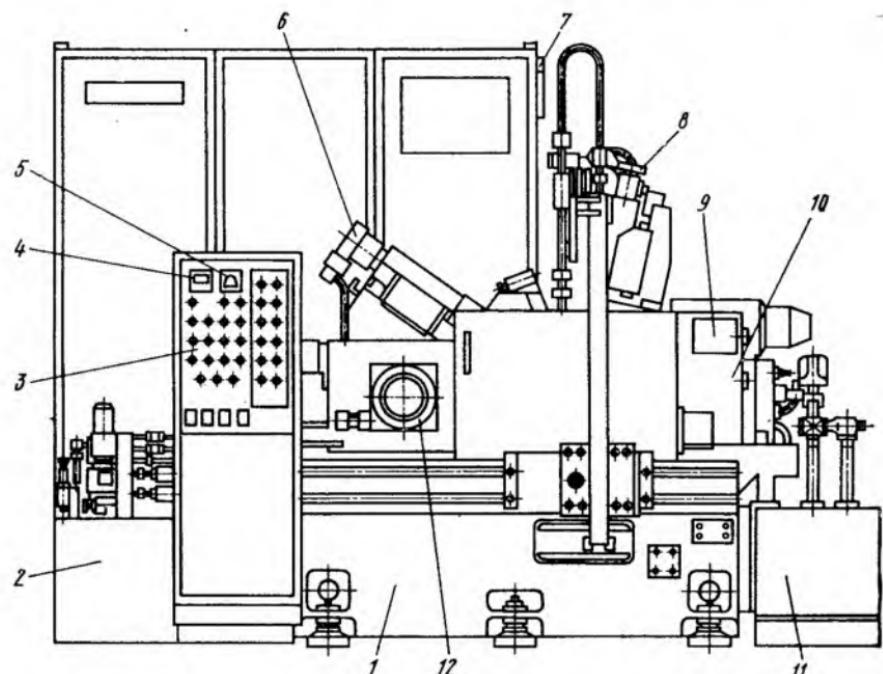


Рис. 57. Компоновки круглошлифовального бесцентрового полуавтомата ЗЕ184В:

1 — станина; 2 — гидроаппаратура; 3 — пульт управления врезного полуавтомата и устройство правки и подналадки; 4 — амперметр; 5 — вольтметр; 6 — лимб подачи алмаза и механизма правки круга; 7 — пульт управления, включающий реле времени, пуск цикла и общий стол; 8 — лимб подачи алмаза механизма правки ведущего круга; 9 — пульт управления правкой ведущего круга; 10 — ведущая бабка; 11 — гидробак; 12 — лимб механизма подачи шлифовальной бабки

мешения механизма правки в 2 раза; увеличение угла поворота бабки ведущего круга в 1,6 раза; автоматические циклы правки шлифовального круга и подналадки цикла работы шлифовальной бабки; очистка СОЖ магнитным сепаратором и т. д.

Бабка шлифовального круга и бабка ведущего круга подвижны. Суппорт и опорный нож неподвижны. Бабку ведущего круга можно установить в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$ , а наибольший угол наклона оси ведущего круга в вертикальной плоскости  $\pm 8^\circ$ . Шлифовальная бабка установлена на роликовых направляющих со стальными закаленными планками. Боковые направляющие также роликовые. Бабка ведущего круга установлена на направляющих скольжения.

#### Техническая характеристика станка ЗЕ184В, мм

Диаметр заготовки . . . . .	4—125
Диаметр круга:	
шлифующего . . . . .	500—390
ведущего . . . . .	350—290
Наибольшая высота круга . . . . .	250

**Кинематическая схема станка** (рис. 58). Вращательное движение шпиндель шлифовального круга получает от электродвигателя  $M_1$ , установленного отдельно от станка на плате через клиноременные передачи 315/200 и 180/200. Частоты вращения

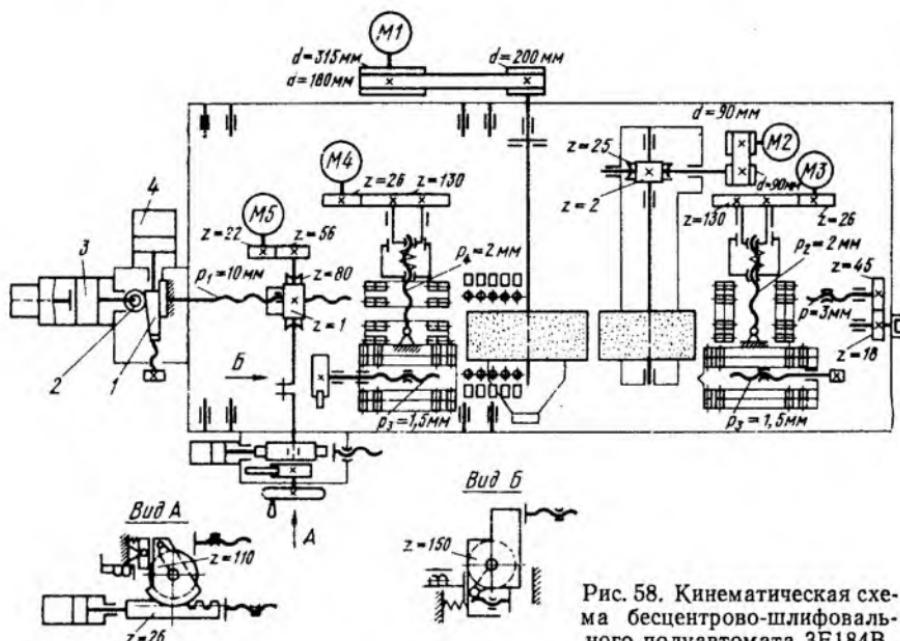


Рис. 58. Кинематическая схема бесцентрово-шлифовального полуавтомата ЗЕ184В

шпинделя шлифовального (режущего) круга соответственно будут  $n_1 = 2292$  и  $n_2 = 1337$  об/мин.

При шлифовальном круге диаметром 500 мм скорость резания при  $n_1 = 2292$  об/мин равна 60 м/с, а при  $n_2 = 1337$  об/мин — 35 м/с. По мере износа круга скорость резания уменьшается.

**Вращение ведущего круга.** Электродвигателем  $M2$  постоянного тока через ременную передачу 90/90 и червячную передачу 2/25 осуществляют бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя ведущего круга от 12 до 150 об/мин при шлифовании и до 300 об/мин при правке ведущего круга. Перемещение бабки ведущего круга осуществляют вручную через зубчатую передачу 18/45 и ходовой винт с шагом  $p = 3$  мм.

**Шлифовальную бабку можно перемещать** вручную и автоматически. Ручное перемещение осуществляют вращением маховичка  $A$  через червячную передачу 1/80. В ступице червячного колеса нарезана резьба с шагом  $p_1 = 10$  мм. За один оборот рукоятки бабка переместится на  $1 \frac{1}{80} \cdot 10 = 0,125$  мм. Вместе с маховичком  $A$  вращается храповое колесо  $z = 110$ . При повороте храпового колеса на один зуб бабка перемещается на 0,001 мм.

Автоматическое перемещение шлифовальной бабки осуществляют от гидроцилиндра через рейку  $z = 23$ , зубчатый сектор и храповое колесо  $z = 110$ . Подача при повороте храпового колеса на один зуб равна 0,001 мм. Работа и ускоренные перемещения осуществляются от гидроцилиндров 3 и 4 роликом 2 и клином 1.

Ускоренный подвод и отвод шлифовальной бабки осуществляют электродвигателем  $M5$  посредством зубчатой передачи 22/56, червячной передачи 1/80 и ходового винта с шагом  $p = 10$  мм. Скорость перемещения равна 74 мм/мин. Наибольшее установочное перемещение шлифовального (режущего) круга 140 мм, а бабки ведущего круга 150 мм.

**Правка шлифовальных кругов.** Привод продольных кареток правящих инструментов осуществляют электродвигателем  $M3$  и  $M4$  постоянного тока через зубчатые передачи 26/130 и ходовой винт с шагом  $p_2 = 2$  мм. Наибольшая скорость перемещения алмаза в продольном направлении 600 мм/мин, а наименьшая 30 мм/мин. Алмаз (алмазно-металлический карандаш) перемещают в радиальном направлении вручную винтами с шагом  $p_3 = 1,5$  мм через храповое колесо  $z = 150$ .

**Механизм врезного шлифования.** Шток гидроцилиндра 3 является продолжением ходового винта бабки шлифовального круга. В штоке предусмотрен паз, через который проходит клин 1, закрепленный на штоке гидроцилиндра 4. Клин предназначен для сообщения бабке шлифовального круга рабочей подачи от 0 до 5 мм/мин (копиры сменные). Гидроцилиндр 3 обеспечивает ускоренное перемещение бабки до 40 мм/мин.

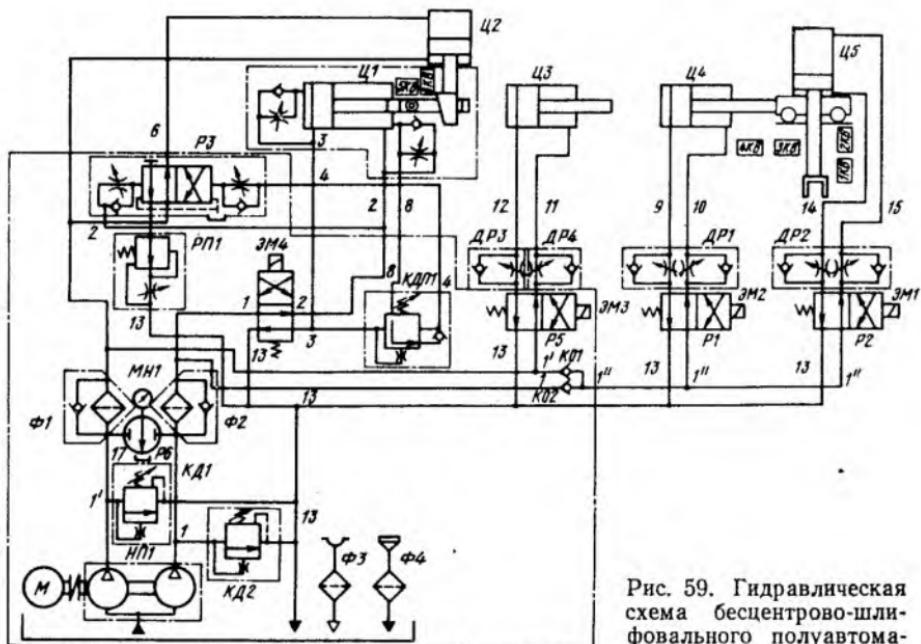


Рис. 59. Гидравлическая схема бесцентрово-шлифовального полуавтомата ЗЕ184В

**Гидравлическое оборудование полуавтомата** (рис. 59) обеспечивает: загрузку заготовок манипулятором в зону шлифования и выгрузку изготовленных деталей; цикл врезной подачи шлифовальной бабки, состоящий из быстрого подвода, рабочей подачи и отвода ее; подналадку шлифовальной бабки; смазывание подшипников шпинделя шлифовального круга от насоса.

Нажатием кнопки «Гидропривод» на пульте управления включается сдвоенный пластинчатый насос, обозначенный на схеме НП1. Потоки масла через фильтры Ф1 и Ф2 по магистралям 1 и 1" направляются в гидравлическую систему полуавтомата. Давление масла регулируют гидроклапанами давления КД1 и КД2, а визуально контролируют по манометру МН1, включаемому золотником Р6.

Нажатием кнопки «Пуск цикла» включается электромагнит Э1 гидрораспределителя Р2. Происходит подъем заготовки из зоны загрузки гидроцилиндром вертикального перемещения Ц5. В конце подъема срабатывает выключатель 2КВ, который дает команду на включение электромагнита Э2 гидрораспределителя Р1. Происходит перенос заготовки к зоне шлифования гидроцилиндром горизонтального перемещения Ц4. В конце хода срабатывает выключатель ЭКВ, который дает команду на отключение электромагнита Э1 гидрораспределителя Р2. Происходит опускание заготовки на нож.

В конце опускания срабатывает выключатель  $1KB$ , который подает команду на включение электромагнита  $\mathcal{E}4$  гидрораспределителя  $P4$ . Происходит быстрый подвод шлифовальной бабки. Перед контактом копира с роликом поршень гидроцилиндра  $Ц1$  перекрывает основное отверстие слива из штоковой полости гидроцилиндра. При этом масло поступает на слив только через тормозной игольчатый дроссель. Скорость перемещения шлифовальной бабки уменьшается и ролик плавно ложится на копир. В момент его контакта с копиром срабатывает гидроклапан последовательности  $KDP1$  с обратным гидроклапаном и переместит золотник гидрораспределителя  $P3$  в положение рабочей подачи. Поршень гидроцилиндра рабочей подачи  $Ц2$  будет перемещаться со скоростью регулятора потока  $RP1$ , настроенного на рабочую подачу бабки.

В конце хода копира срабатывает выключатель  $6KB$ , который установит реле времени  $PB1$  контроля выхаживания. По окончании выхаживания  $PB1$  отключает электромагнит  $\mathcal{E}4$  гидрораспределителя  $P4$ . Происходят быстрый отвод шлифовальной бабки и возврат копира подачи в исходное положение. Срабатывает выключатель  $5KB$ , который дает команду на включение электромагнита  $\mathcal{E}1$  распределителя  $P2$ . Происходит подъем изготовленной детали из зоны шлифования. В конце подъема срабатывает выключатель  $2KB$  и подает команду на отключение электромагнита  $\mathcal{E}2$  гидрораспределителя  $P1$ . Происходит перенос детали в зону загрузки-выгрузки. В конце хода выключатель  $4KB$  дает команду на отключение электромагнита  $\mathcal{E}1$  гидрораспределителя  $P2$ . Происходит опускание детали на призму, срабатывает выключатель  $1KB$ , который дает разрешение на повторение цикла.

**Подналадка шлифовальной бабки.** Нажатием кнопки «Подналадка» включается электромагнит  $\mathcal{E}3$  гидрораспределителя  $P5$ . Подналадку осуществляют гидроцилиндром  $Ц3$  шлифовальной бабки. По окончании подналадки реле времени отключает электромагнит  $\mathcal{E}3$ . При этом происходит возврат поршня гидроцилиндра  $Ц3$  подналадки в исходное положение.

Цифрами 1 ... 17 обозначены трубопроводы;  $DPI \dots DP4$  — гидродроссель;  $KO1$  и  $KO2$  — обратные гидроклапаны. Объем масляного резервуара  $v = 150$  л;  $\Phi 4$  — фильтр заливочный;  $\Phi 3$  — фильтр воздушный.

**Смазывание подшипников шпинделя шлифовального круга** (рис. 60). Вместимость масляного резервуара для смазывания  $v = 125$  л.

Масло к подшипникам шпинделя подает шестеренный насос  $HSH$  ( $N = 0,25$  кВт,  $n = 1500$  об/мин) с расходом масла  $Q = 8$  л/мин и давлением  $p = 0,5$  мПа. Затем масло через фильтр  $\Phi 1$ , теплообменник  $AT1$ , магистраль  $1C$ , подшипники шпинделя круга попадает на слив по магистрали  $2C$  через  $RPK1$  реле

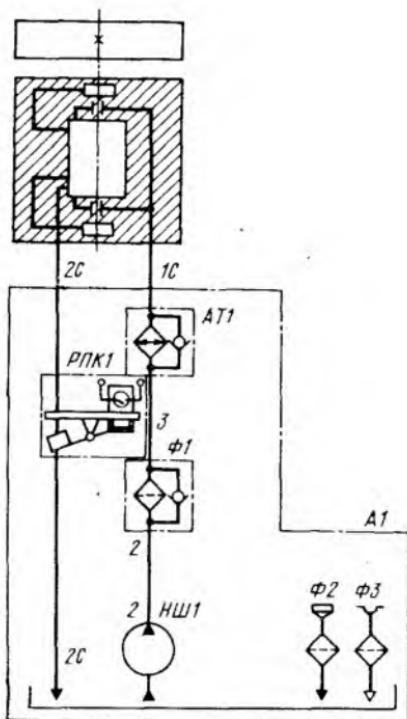


Рис. 60. Схема смазывания подшипников шпинделя шлифовально-грубошлифовального круга бесцентрово-шлифовального полуавтомата ЗЕ184В

потока, которое контролирует циркуляцию масла в системе смазывания. Масло, поступая в ковш, опускает его, и верхний рычаг замыкает электрическую цепь, включая электродвигатель привода шлифовального круга.

### 3. БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ШИРОКИМИ КРУГАМИ

Бесцентровое шлифование широкими кругами большой высоты выполняют по той же схеме, что и обычное

бесцентровое шлифование. В автоматических линиях для шлифования колец подшипников, роликов, валов и других деталей типа тел вращения применяют специальные бесцентровые круглошлифовальные станки с широкими кругами диаметром от 400 мм и выше, шириной (высотой) 500—800 мм. На этих станках шлифуют заготовки с диаметром наружной поверхности 3—360 мм.

Промышленность не выпускает шлифовальные круги высотой более 250 мм, поэтому применяют набор из трех-четырех кругов номинальной высоты: 63, 100, 150 и 200 мм.

Применение станков с кругами большой высоты дает возможность повысить производительность шлифования в 2—3 раза по сравнению со станками, имеющими обычную высоту круга и качество шлифования благодаря стабилизации режущих свойств круга.

Бесцентровые круглошлифовальные станки с широкими кругами выпускают с горизонтальным и наклонным расположением шпинделя. Станки с широкими кругами выпускают в двух компоновках: суппорт ножа неподвижен, а обе бабки могут перемещаться относительно него; суппорт ножа установлен на салазках бабки ведущего круга, бабка ведущего круга может перемещаться в поперечном направлении по отношению к заготовке,

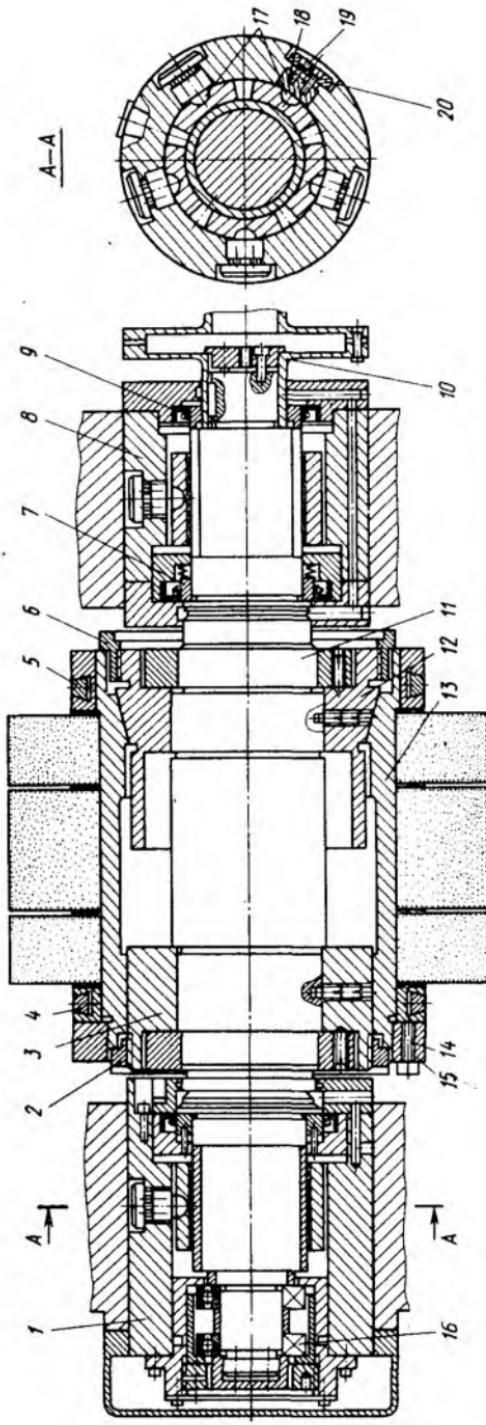


Рис. 61. Шпиндель бесцентрово-круглошлифовального станка СЛ510

либо относительно суппорта ножа, либо вместе с ним относительно бабки шлифовального круга; бабку шлифовального круга подают по мере изнашивания круга. Первая компоновка с неподвижным ножом обеспечивает постоянство положения оси заготовки независимо от износа кругов.

Рассмотрим конструкцию **шпинделья сборного шлифовального круга СЛ510** (рис. 61). Шпиндель 11 станка изготовлен из стали 45, на его шейки насыжены втулки из стали 38ХМЮА, которые являются шейками шпинделя. Пять самоустанавливающихся вкладышей монтируют в герметичных обоймах 1 и 8 на сферических штырях 17, которыми регулируют зазор между шейкой шпинделя и вкладышами и которые фиксируют винтами 19. Для предохранения от вытекания масла установлены крышки 20 и уплотнительное кольцо 18, а также уплотнения по торцу биметаллическими подпружиненными кольцами 7, подвижными в осевом направлении, и по наружной поверхности — манжетами, армированными металлическими кольцами 9. В левой опоре установлены подшипники 16, воспринимающие осевые нагрузки. Абразивные круги устанавливают на втулке 13, которая базируется на конус и цилиндрическую поверхность колец 3 и 12, посаженных на шпиндель. Для крепления втулки 13 служит гайка 2, а для снятия этой втулки со шпинделя — гайка 6. Закрепляют круги на втулке 13 гайкой 15 через промежуточную шайбу 4 и затягивают винтами 14.

Круги в собранном виде обтачивают по наружному диаметру для получения одинакового размера и устранения биения и подвергают динамической балансировке на установке с помощью сухариков 5, расположенных в кольцевых выточках. Шпиндель станка приводится во вращение мембранный муфтой 10.

#### 4. ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Из числа загрузочных устройств бесцентрово-шлифовальных станков широкое применение находят валковые устройства. Рассмотрим двухвалковое загрузочное устройство для загрузки станков при шлифовании напроход заготовок типа колец подшипников, втулок, гильз и т. п.

Валки 1 и 3 (рис. 62, а) устанавливают под углом относительно друг друга для создания осевого перемещения колец 2. Валок 3 цилиндрический и расположен горизонтально, а валок 1 конический, ведущий и расположен вершиной в сторону движения колец. При вращении валков кольца благодаря силе трения получают вращательное движение и одновременно перемещаются вдоль собственной оси. Длина валков около 1500 мм, что дает возможность накапливать в магазине несколько десятков колец. Заготовки укладывают вручную или автоматически. Валки могут быть коническими и более сложной формы.

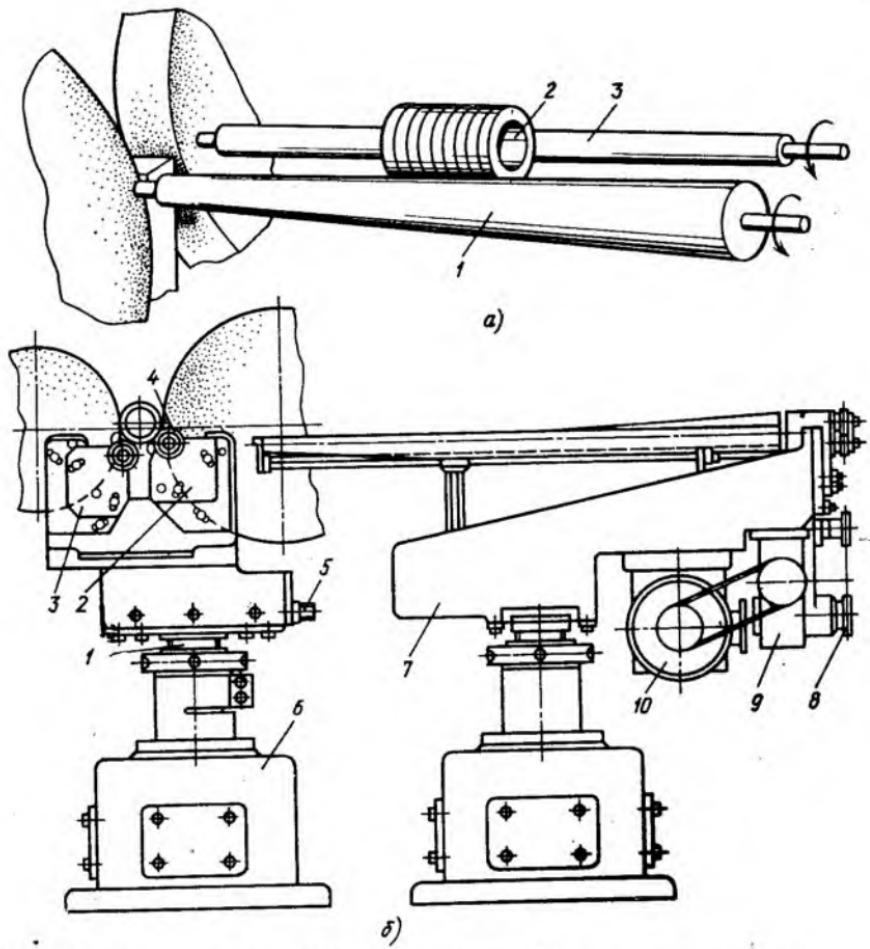


Рис. 62. Принцип работы (а) и конструкция (б) двухвалкового загрузочного устройства

Двухвалковое загрузочное устройство (рис. 62, б) состоит из корпуса 7 корытообразной формы, в котором установлены два валка 4, приводимые во вращение цепной передачей 8 от редуктора 9 с электродвигателем 10 постоянного тока, что дает возможность бесступенчато регулировать частоту вращения валков и подачу заготовки. Корпус 7 установлен на тумбе 6, относительно которой он может перемещаться при установке в вертикальном направлении по винту 1. Для небольшого горизонтального перемещения корпуса с валками относительно станка предусмотрены направляющие планки и винт 5. Валки относительно друг друга устанавливают поворотом планок 2 и 3 вокруг соответствующих осей.

## 5. НАЛАДКА БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Наладка бесцентрово-шлифовальных станков предусматривает выбор и балансировку шлифовального (шлифующего) и ведущего кругов, установку заготовки между кругами, правку ведущего и шлифовального кругов, установку боковых направляющих, наладку системы охлаждения и средств автоматизации.

**Выбор высоты установки оси заготовки.** Основное условие получения правильной геометрической формы заготовки — это установка ее оси выше или ниже линии центров кругов. Ориентировочная высота (рис. 63, а)  $h=0,1d+0,5$ . Размер для штангенвысотомера  $A=H\pm h+0,5d$ .

При наладке на сквозное шлифование опорный нож выбирают согласно диаметру заготовки и устанавливают его в приспособлении. При шлифовании заготовок диаметром до 12,5 мм ширина  $B$  опорного ножа немногим меньше диаметра заготовки, а для заготовок диаметром от 12,5 до 100 мм ширина  $B$  равна 12 мм. Длину опорного ножа выбирают в зависимости от высоты круга и длины заготовки. Опорный нож должен выступать по обе стороны кругов на величину, большую половины длины заготовки. Угол скоса опорного ножа  $\phi$  принимают в зависимости от диаметра заготовки и снимаемого припуска за проход в пределах  $10-35^\circ$ .

Зазор  $K$  между опорным ножом и образующей шлифовального круга при сквозном шлифовании выбирают в зависимости от  $d$ .

**Установка направляющих щечек.** Направляющие щечки устанавливают на выходе и входе из зоны шлифования (рис. 63, б). Наладку их проводят по эталонной детали или валику, устанавливаемому на опорный нож так, чтобы он касался только ведущего круга 6. Щечки 1 и 2 устанавливают с зазором  $t/2+(0,4 \dots 1)$  мм, где  $t$  — глубина шлифования. Направляющая щечка 4 смешается на  $0,012 \dots 0,025$  мм, а направляющая щечка 5 — на  $t/2$ . Направляющую щечку со стороны ведущего круга подводят к контрольному валику и щупом определяют параллельность ее расположения. Щечки регулируют и фиксируют винтами. Шлифование осуществляют кругом 3.

Искажения обрабатываемой поверхности происходят вследствие неправильного положения щечек и опорного ножа. При наклоне направляющих щечек в сторону ведущего круга (рис. 64, а) заготовки приобретают выпуклую образующую форму: они закругляются на входной стороне, а затем на выходной. Смещение направляющих щечек в сторону круга (рис. 64, б) вызывает образование вогнутой образующей заготовки. Аналогичные погрешности возникают и при правильном положении направляющих щечек, но при выпуклой контактной линии ведущего круга (рис. 64, в) или вогнутой (рис. 64, г), а также при нарушении

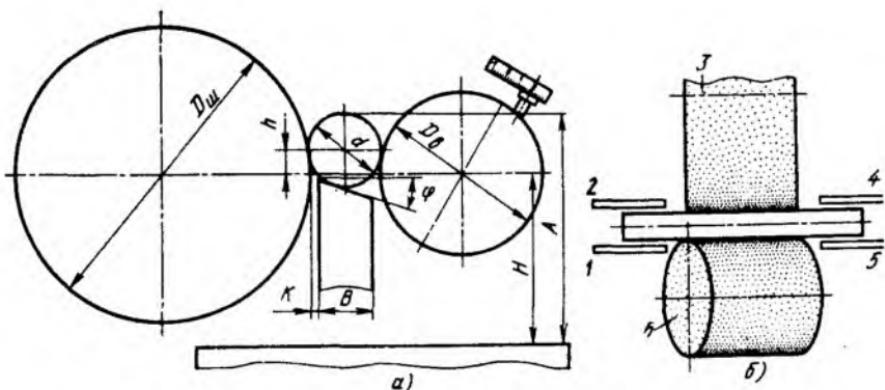


Рис. 63. Схемы наладки бесцентрово-шлифовального станка:

*a* — основные параметры; *d* — диаметр заготовки;  $D_w$  — диаметр шлифовального круга;  $D_b$  — диаметр ведущего круга;  $\alpha$  — угол скоса опорного ножа;  $h$  — высота оси заготовки над линией центров;  $h_0$  — смещение правящего инструмента;  $K$  — зазор между кругами и опорным ножом;  $H$  — высота линии центров кругов; *б* — установка направляющих щечек

правильного положения опорного ножа в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При врезном шлифовании проводят наладку упора и механизма выталкивания.

**Наладка бабки ведущего круга.** При сквозном шлифовании угол поворота ведущего круга

$$\sin \alpha = S/v = 1000 (\pi D_{b,k} n),$$

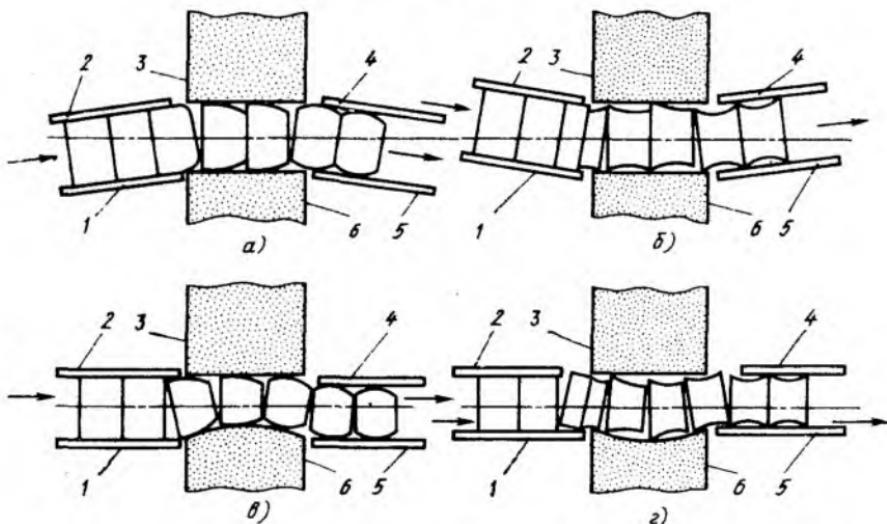


Рис. 64. Примеры неправильной установки направляющих щечек:

*1, 2, 4, 5* — щечки; *3* — шлифовальный круг; *6* — ведущий круг

где  $S$  — продольная подача заготовки, м/мин;  $v$  — окружная скорость ведущего круга, м/мин;  $n$  — частота вращения ведущего круга, об/мин;  $D_{в.к}$  — диаметр ведущего круга, мм.

---

## ГЛАВА V

---

### ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

#### 1. ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ

При внутреннем шлифовании диаметр шлифовального круга всегда меньше диаметра шлифуемого отверстия. Круги малых диаметров быстро изнашиваются и требуют частой правки. Наличие большой дуги контакта круга с поверхностью заготовки вызывает его повышенный нагрев. При диаметре отверстия 30—40 мм диаметр круга выбирают равным 0,95 диаметра отверстия. С увеличением диаметра отверстия от 50 до 150 мм диаметр круга принимают 0,85—0,75 диаметра шлифуемого отверстия. При очень больших отверстиях рекомендуется брать диаметр круга не более половины диаметра шлифуемого отверстия.

При небольшом диаметре круга трудно получить оптимальную скорость резания, так как необходима высокая частота вращения круга. Так, при шлифовании отверстия диаметром 8 мм со скоростью резания 30 м/с шлифовальный круг должен совершать 90 000 об/мин.

В качестве привода для шпинделей внутришлифовальных станков применяют ременной привод, встроенный электропривод и воздушную турбинку. Ременной привод применяют до  $n \leq 30\,000$  об/мин, встроенный электропривод — с 12 000 до 180 000 об/мин, а свыше — воздушную турбинку.

В качестве опор ротора при ременном приводе и встроенном электроприводе применяют подшипники качения. Для воздушной турбинки при  $n > 180\,000$  об/мин применяют подшипники скольжения на воздушном смазочном материале. Различают электрошпинNELи, смонтированные на жестких опорах и в упругих кольцах.

**Электрошпиндель на жестких опорах** (рис. 65, а) представляет собой асинхронный электродвигатель, работающий на повышенной частоте переменного тока (более 100 периодов в секунду), получаемой от генератора. Шлифовальный круг 1 с оправкой 2 устанавливают на шпинделе 4, смонтированном на подшипниках 3. Их смазывание осуществляют «масляным» туманом через отверстие 5. К статору 7 по каналу 6 подают для охлаждения антикоррозионную жидкость. Применение электрошпинделя дает возможность получить сравнительно простую конструкцию без ременной передачи, что повышает стойкость подшипников за счет разгрузки их от натяжения ремня. Электрошпинтели выпускают с частотой вращения 12 000—14 000 об/мин.

**Внутришлифовальный электрошпиндель с упругими опорами.** На рис. 65, б приведен электрошпиндель, подшипники качения которого смонтированы в упругих кольцах. Два подшипника 1 и 6 ротора 4 размещены в корпусе 2 электрошпинделя 10 на упругих кольцах 13 и 7. Упругое кольцо 8 выполнено с тремя внутренними и тремя наружными выступами. При контакте торцовых поверхностей упругих колец с поверхностями деталей электрошпинделя возникает трение. Для его исключения и восприятия осевых натягов пружинами 5 и предварительных натягов упругие кольца снабжены торцевыми втулками 9. Упорное кольцо 13 упирается своими торцевыми выступами в крышку 3, а торцевыми выступами, совмещенными с внутренними радиальными,— в бурт стопорной прокладки 12. Второй бурт стопорной прокладки упирается в наружное кольцо подшипника 1. Для исключения проворота упругого кольца под действием момента сил трения, приложенного к подшипнику 1, прокладку изготавливают с торцевым выступом, входящим в радиальный паз крышки 11.

Шпинделы эксплуатировались на ГПЗ-4 при изготовлении подшипников качения, при частоте вращения шлифовального круга 75 000 об/мин.

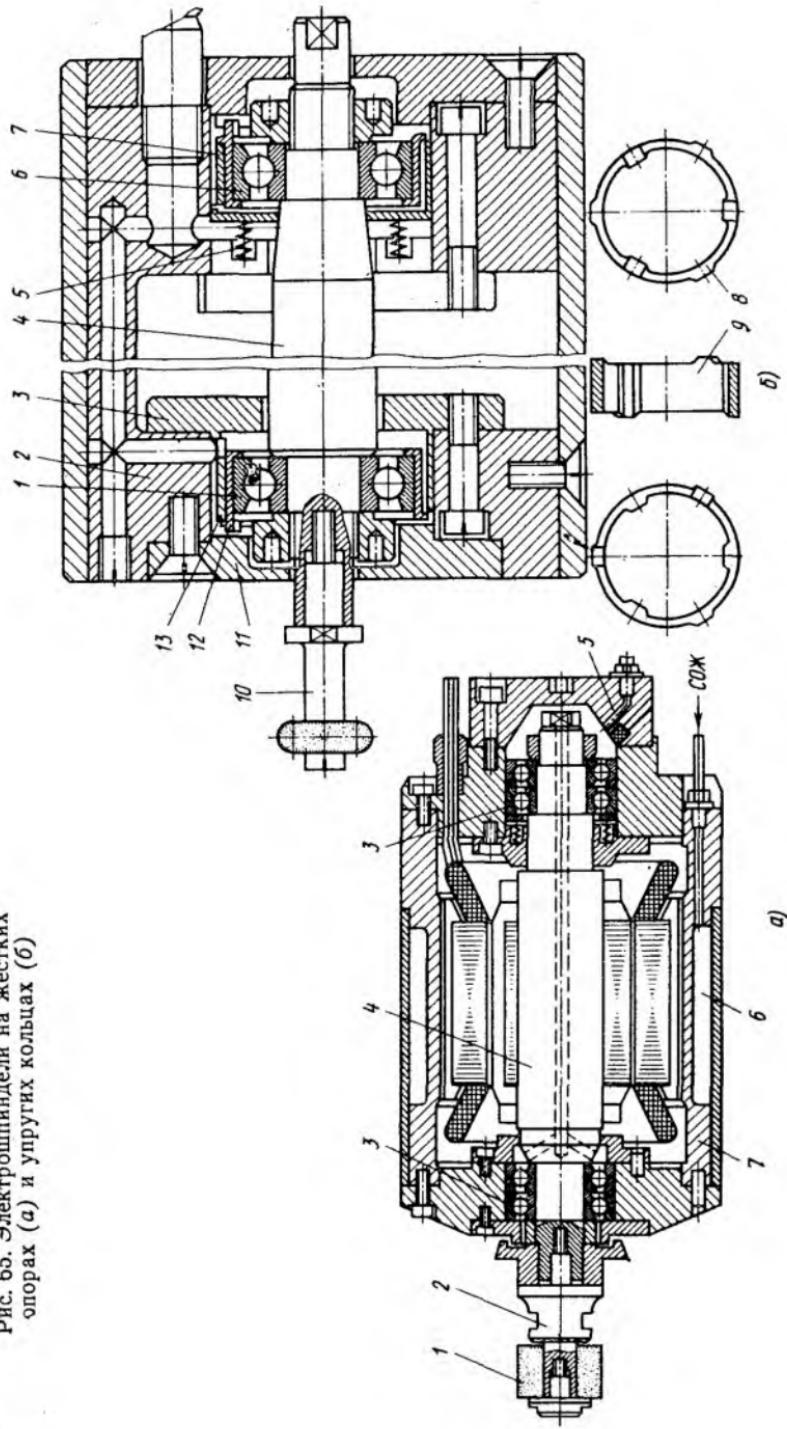
Ресурс шпинделей в 2,5 раза превышает долговечность электрошпинделям того же типа на жестких опорах, шероховатость обработанной поверхности снизилась в пределах класса.

Следовательно, применение упругих опор перспективно для внутришлифовальных станков электро- и пневмошпинделей с подшипниками скольжения на воздушном смазочном материале.

**Дискретный (шаговый) электродвигатель** — это импульсная синхронная машина, преобразующая электрические управляющие сигналы в дискретные перемещения рабочего органа станка.

Преобразование электрической энергии в механическую осуществляется в результате электромагнитного взаимодействия между статором 1 и ротором 2 (рис. 66). Под воздействием каж-

Рис. 65. Электрошлифовальни на жестких опорах (а) и упругих кольцах (б)



дого импульса ротор двигателя совершают угловое перемещение, называемое шагом.

На внутренней поверхности статора 1 смонтированы полюса с тремя рядами равных секций I, II, III. Ротор 2 также разделен на три секции, но каждая из них смешена по окружности относительно смежной секции на  $1/3$  междуполюсного расстояния.

Допустим, что в электрическую цепь включены обмотки II секции статора. При этом образовалось магнитное поле, которое, взаимодействуя с полюсными наконечниками ротора, повернет его в положение, соответствующее наименьшему магнитному сопротивлению, когда зубья ротора окажутся против полюсных наконечников II секции статора. Но так как в исходном положении зубья ротора сдвинуты на  $1/3$  шага, то ротор повернется тоже на  $1/3$  шага. При включении в цепь обмотки III секции статора ротор повернется еще на  $1/3$  шага. А включением I секции ротор закончит поворот на шаг.

Шаг  $p$  зависит от числа зубьев ротора  $z$  и числа обмоток  $k$ :  $p = 360/zk$ . Для случая, приведенного на рис. 66:  $p = 360/8 \cdot 3 = 15^\circ$ . Для изменения направления вращения ротора порядок включения обмоток меняют на обратный.

Шаговые двигатели выпускают с шагом (в градусах) на валу:

1; 1,5; 3; 4; 5; 6; 9; 12; 15; 18; 22,5; 36, что соответствует числу шагов за один оборот шагового двигателя:

360, 240, 120, 90, 72, 60, 40, 30, 24, 20, 16, 10.

Шаговый двигатель для перемещения рабочего органа можно использовать только в приводах малой мощности.

**Пример.** Определить поперечную подачу шлифовальной бабки, если шаговый двигатель за один оборот делает 120 шагов. Между шаговым двигателем и рабочим органом расположена червячная передача 1/40, вращающая ходовой винт его с шагом  $p = 6$  мм, за один импульс (шаг):

$$S_{\text{п}} = 1 \frac{1}{120} \frac{1}{40} 6 = 1,25 \text{ мкм.}$$

**Метод внутреннего шлифования.** Различают два метода: продольными ходами и врезанием. Для шлифования продольными ходами (рис. 67, а...г) необходимо: вращение круга 1 и заготовки 2, продольная подача круга 3 и поперечная подача круга 4.

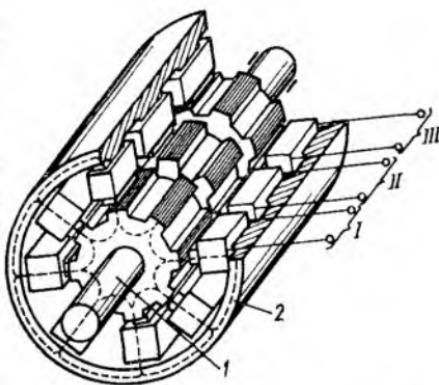


Рис. 66. Дискретный электродвигатель

На рис. 67, а показано шлифование отверстия; на рис. 67, б — шлифование внутренней конической поверхности путем поворота бабки заготовки на угол; на рис. 67, в — шлифование отверстия и торца заготовки с одной установки с применением приспособления, шлифовальный круг которого вращается со скоростью  $v_m$  и перемещается с подачей  $S_t$ . Отверстие шлифуют продольными ходами. На рис. 67, г показано бесцентровое внутреннее шлифование. Круг 1 вращается с заданной скоростью, а заготовка 2 ведущим кругом 5. Круг совершает возвратно-поступательное движение 3 и поперечную подачу 4. Опорный ролик 7 фиксирует положение заготовки, а ролик 6 прижимает заготовку. При шлифовании заготовки диаметром меньше 30 мм опорный валик заменяют опорным ножом.

Для шлифования врезанием (рис. 67, д... з) шлифовальный круг и заготовка вращаются так же, как и при обработке способом продольных проходов, но продольная подача отсутствует, а поперечная подача происходит непрерывно. При шлифовании заготовки (рис. 67, д) поверхности А и Б шлифуют с одной установки. При шлифовании внутренних конических поверхностей (рис. 67, е) шпиндель круга устанавливают под углом. На рис. 67, ж

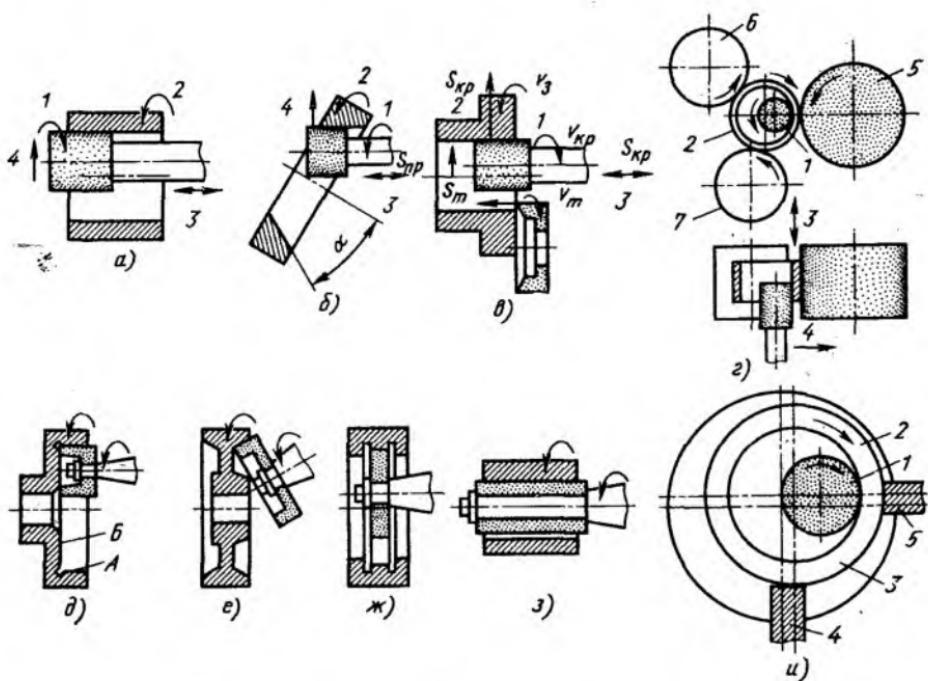


Рис. 67. Схемы внутреннего шлифования

показано шлифование внутренней канавки кольца; на рис. 67, и — шлифование на неподвижных опорах. Шлифуемое кольцо 2 опирается на два неподвижных башмака 4 и 5. Магнитная плиза 3, прикрепленная на конце шпинделя передней бабки станка, служит опорой для торца кольца и передачи ему крутящего момента. Заготовка и круг 1 вращаются в одном направлении.

Круги при внутреннем шлифовании правят алмазами или алмазными карандашами с продольной подачей 2 ... 2,5 м/мин и подачей на глубину 0,02 ... 0,03 мм/дв. ход.

**Внутришлифовальные станки** делят на простые, универсальные, специальные автоматы и полуавтоматы. Во внутришлифовальных станках, за исключением станков, работающих методом врезания, шлифовальная бабка, несущая шлифовальный круг, или передняя бабка, несущая заготовку, совершают возвратно-поступательное движение.

Во внутришлифовальных станках при шлифовании отверстий диаметром 6 ... 800 мм шлифовальная бабка совершает возвратно-поступательное движение при неподвижной передней бабке, которая дает возможность проще оснастить ее пневматическими или гидравлическими устройствами, механизмами контроля размеров отверстия и механизмами автоматической загрузки.

ГОСТ 8616—80 распространяется на внутришлифовальные патронные станки с горизонтальным шпинделем, общего назначения, в том числе и на станки с ЧПУ, по которому основные размеры их должны соответствовать следующим размерам заготовки, мм:

Наибольший диаметр . . . . .	200, 400, 800, 1600
Наибольшая длина, не менее . . . .	80, 200, 630, 1000

## 2. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ ЗК227В И ЗМ227В

Универсальный внутришлифовальный станок ЗК227В высокой точности предназначен для шлифования цилиндрических, глухих и сквозных отверстий. Станок имеет торцошлифовальное приспособление.

### Техническая характеристика станка ЗК227В, мм

Диаметр шлифуемых отверстий . . . . .	20—100
Наибольшая длина шлифования при наибольшем диаметре отверстия . . . . .	125
Наибольший диаметр заготовки . . . . .	400

По направляющим качения станины 1 (рис. 68) может возвратно-поступательно перемещаться стол 12, несущий шлифовальную бабку 10, с помощью гидроцилиндра, а также вручную маховичком 2. По верхним направляющим качения стола 12 шлифовальную бабку 10 перемещают маховичком 13. На верхней

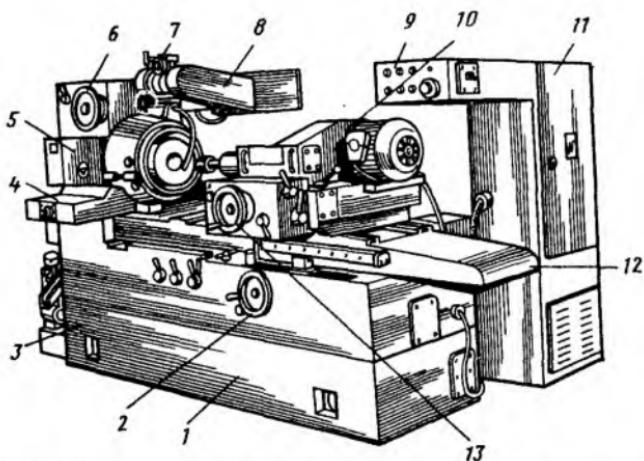
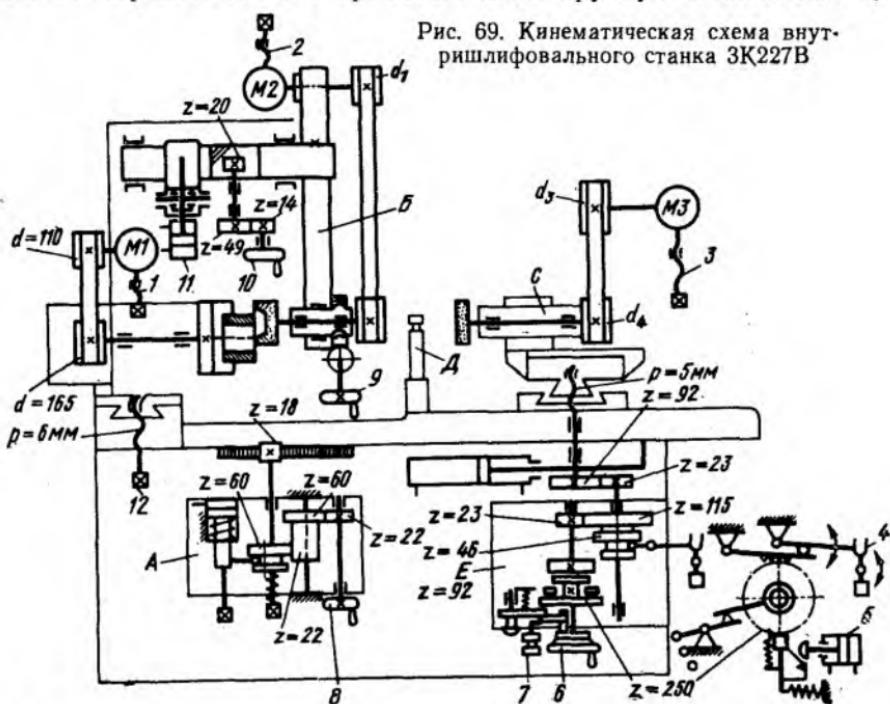


Рис. 68. Компоновка внутришлифовального станка ЗК227В

плоскости станины 1 установлен мост 4 с бабкой 5 заготовки. Салазки, несущие шлифовальную бабку заготовки, по направляющим скольжения моста можно перемещать вручную. На корпусе бабки заготовки установлено торцошлифовальное приспособление 8. Перемещают это приспособление вручную маховичком 6,

Рис. 69. Кинематическая схема внутришлифовального станка ЗК227В



а небольшую подачу — маховицком 7. Слева от станка бак 3 для СОЖ с электронасосом и магнитным сепаратором, позади — насосная станция, электрошкаф 11 с электроаппаратурой и пультом управления 9.

**Кинематическая схема станка** (рис. 69) состоит из следующих цепей: вращения шлифовального круга и заготовки, поперечной подачи шлифовальной бабки С и продольной подачи шлифовального круга. При работе с торцошлифовальным приспособлением необходимы: вращение круга и заготовки и подача круга вдоль его оси.

**Главное движение.** Вращение шлифовального круга осуществляют от электродвигателя М3 посредством плоскоременной передачи. Натяжение ремня производят винтом 3. Шлифовальная бабка снабжена четырьмя сменимыми шкивами  $d_4$  диаметрами 30, 40, 60 и 80 мм, что обеспечивает частоты вращения  $n_1 = 8100$  об/мин,  $n_2 = 11\,000$  об/мин,  $n_3 = 16\,200$  об/мин и  $n_4 = 22\,000$  об/мин. Привод круга торцошлифовального приспособления осуществляют от электродвигателя М2. Натяжение ремня производят винтом 2.

**Движение подачи.** Заготовка вращается от электродвигателя посредством ременной передачи 110/165. Натяжение ремня производят винтом 1. Частоту вращения заготовки регулируют бесступенчато от 140 до 1000 об/мин.

Предельное возвратно-поступательное перемещение стола осуществляют гидроприводом. Механизмы ручного и гидравлического перемещений стола А блокированы, что исключает их одновременную работу. Ручное перемещение стола осуществляют маховицком 8, за один его оборот стол перемещается на 19 мм.

Шлифовальную бабку перемещают в поперечном направлении шариковой винтовой парой, что в сочетании с направляющими качения повышает плавность перемещения. Ручное поперечное перемещение шлифовальной бабки (как ускоренное, так и медленное) осуществляют механизмом поперечной подачи Е, вращая рукоятку 6. Перемещение за один ее оборот: ускоренное 2,5 мм, медленное 0,25 мм.

Дозированную ручную поперечную подачу шлифовальной бабки осуществляют качанием рукоятки 4 и через рычажную систему передают на собачку храпового колеса  $z=250$ , которая поворачивает храповое колесо. Поперечное перемещение шлифовальной бабки при повороте храпового колеса на один зуб равно 0,002 мм за качание. Собачка храпового колеса может повернуть колесо на один — три зуба, что соответствует 0,002, 0,004, 0,006 мм за одно качание рукоятки 4.

Автоматическая поперечная подача шлифовальной бабки за двойной ход стола происходит от плунжера 5. Подачу настраивают рукояткой 7, штифт которой западает в сектор.

Ручное продольное перемещение торцового шлифовального круга производят вращением маховишка 10 через зубчатую передачу  $\frac{14}{49}$  и круговую рейку с модулем 1,5 мм и реечным колесом  $z=20$ . За один оборот маховишка 10 торцовый круг перемещается на  $1 \frac{14}{49} \cdot 20 \cdot 1,5\pi = 27$  мм. Гидравлическое перемещение осуществляют цилиндром 11.

Тонкую подачу торцового шлифовального круга на врезание производят вращением маховишка 9 посредством червячной и винтовой передач. Тонкая подача за оборот маховишка 9 равна 0,1 мм.

Поворот бабки заготовки на угол для шлифования конических отверстий достигается вращением червячной передачи. Перемещение моста осуществляют рукояткой 12 посредством винтовой передачи. Правку шлифовального круга осуществляют механизмом  $D$ .

В станке (рис. 70) гидравлическим приводом осуществляют: возвратно-поступательное движение стола и изменение его ско-

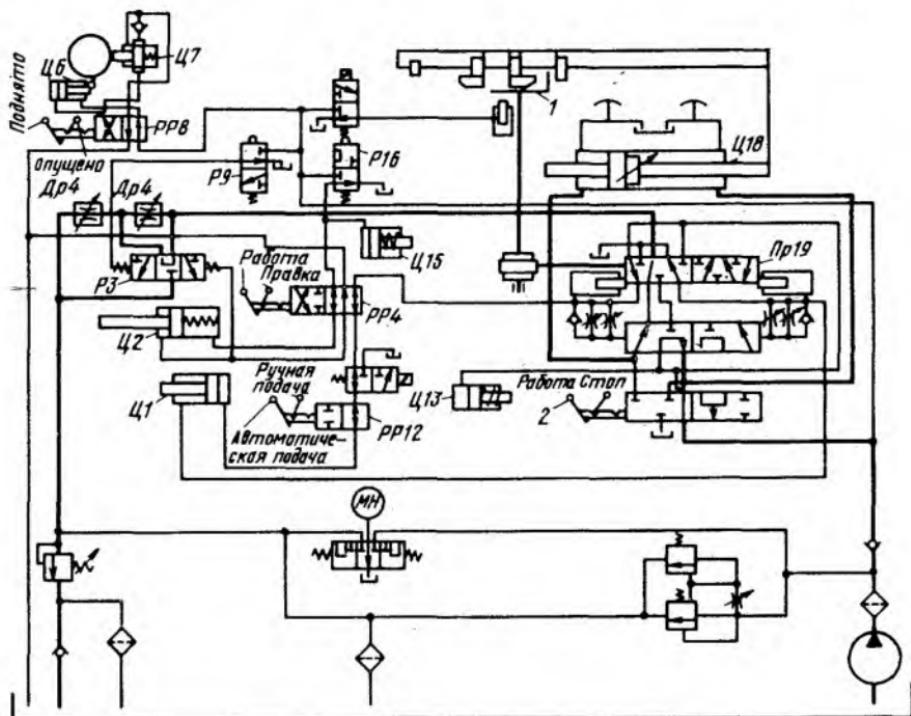


Рис. 70. Гидравлическая схема внутришлифовального станка ЗК227В

ности; автоматическое поперечное перемещение шлифовальной бабки; установку алмаза в положение «Правка круга»; подъем и опускание торцошлифовального приспособления и его фиксацию; блокировку автоматического и ручного перемещения стола; смазывание направляющих станин и стола.

**Возвратно-поступательное перемещение стола.** Исходное положение: стол в крайнем правом положении; рукоятка 2 в положении «Стоп»; поршень цилиндра Ц13 в левом положении при включенной реечной передаче стола; рукоятка реверса 1 в правом, а золотники гидропанели PR19 в левом положении; рукоятка ручного распределителя PP8 в положении «Поднято»; рукоятка распределителя PP14 в положении «Работа»; распределитель Р16 в нижнем положении плунжером цилиндра Ц15 перекрывает подачу СОЖ; распределитель Р9 в верхнем положении, а распределитель Р3 — в правом.

Для перемещения стола рукоятку 2 золотника гидропанели устанавливают в положение «Работа». Масло от насоса через фильтр, обратный клапан направляется в золотник, при этом поршень цилиндра Ц13 блокирует ручное перемещение стола. Ускоренный подвод стола в зону шлифования происходит при подъеме рукоятки 1 вверх и повороте ее влево. Скорость перемещения стола увеличивается, так как слив масла из левой полости гидроцилиндра Ц18 проходит мимо дросселей Dr4.

При входе стола в зону шлифования переключается распределитель Р9 и распределитель Р3 переходит в среднее положение, пропуская масло через дроссель Dr4, и тем самым обеспечивает перемещение стола с заданной скоростью шлифования. Далее масло идет на слив по трубопроводу через подпорный клапан, обратный клапан и резервуар. Распределитель Р16 переходит в верхнее положение, и в зону шлифования подается СОЖ.

Стол станка движется, пока правый упор, укрепленный на столе станка не надавит на рукоятку реверса 1, она приведет во вращение реечное колесо, которое переместит плунжер золотника управления. Масло начнет поступать в левую полость гидроцилиндра Ц18. Скорость стола бесступенчато регулируют от 1 до 7 м/мин.

**Автоматическая периодическая поперечная подача шлифовальной бабки** происходит при переводе рукоятки ручного распределителя PP12 в положение «Автоматическая подача» и масло будет поступать в цилиндр Ц1. Шлифование может быть прекращено автоматически при работе по заранее установленному припуску. В этом случае по команде микропереключателя механизма подачи срабатывают золотник и плунжер отвода стола. При необходимости можно перевести работу станка в режим «Выхаживание», для этого необходимо рукоятку установить в положение «Ручная правка».

**Правка шлифовального круга.** Для правки шлифовального круга необходимо стол станка перевести в зону правки рукояткой 1. При этом распределитель РР16 отжимается вниз (закрывает подачу СОЖ к заготовке) и одновременно готовится включение распределителя Р3 и цилиндра Ц2, т. е. цепи «Правка круга». Рукоятку РР4 устанавливают в положение «Правка», при этом стойка с алмазом опускается в рабочее положение цилиндром Ц2. Распределитель Р3 перемещается влево, и слив масла из гидроцилиндра стола Ц18 происходит через дроссель Др4. Стол совершает возвратно-поступательное движение со скоростью правки 0,1—2 м/мин (бесступенчато).

**Торцошлифовальное приспособление.** Перед началом работы необходимо торцошлифовальное приспособление из верхнего поднятого положения перевести в рабочее положение путем поворота рукоятки ручного распределителя РР8 в положение «Опущено». Масло отжимает фиксатор Ц7, а цилиндр Ц6 поворачивает приспособление в рабочее положение. Для отвода стола по окончании шлифования поворачивают рукоятку 1, распределитель Р9 поднимается вверх, а Р3 — займет левое положение, в результате стол ускоренно отйдет в крайнее правое положение.

**Универсальный внутришлифовальный станок ЗМ227В.** Отметим основные отличительные особенности этого станка.

1. Расширен диапазон шлифуемых отверстий от 5 до 200 мм, а также расширен диапазон регулирования частоты вращения внутришлифовального круга.

2. Диапазон регулирования частоты вращения шпинделя бабки заготовки расширен от 60 до 1200 об/мин.

3. Шлифование отверстия ведется в автоматическом режиме с получением размера отверстия по 6-му квалитету точности с обеспечением многократных правок в соответствии с процессом. Автоматический режим работы дает возможность осуществить многостаночное обслуживание, что повышает производительность на внутришлифовальных операциях в 2 раза по сравнению со станком ЗК227В.

При работе на станках в автоматическом режиме оператор, установив необходимый цикл, осуществляет только крепление заготовки и снятие готовой детали. Для облегчения наладки цикла на станке имеется «Режим наладки», в котором все элементы цикла оператор может отработать отдельно. Наряду с автоматическим режимом возможно ручное управление станком.

4. Механизм поперечных подач шлифовальной бабки станка ЗМ227В состоит из храпового механизма, системы рычагов, ряда зубчатых колес и т. д. Станок оснащен механизмом поперечных подач с приводом от шагового электродвигателя. Благодаря этому кинематическая цепь короткая. Она состоит из приводного шагового электродвигателя, червячной пары и винтовой пары качения. Наличие устройства ЧПУ П111-13, которое сов-

местно с электроавтоматикой станка управляет работой шагового электродвигателя и обеспечивает заданный цикл работы.

5. Органы управления (рукожатки, маховички, кнопки) и наладки скомпонованы и расположены на передней стенке и пульте станка.

6. Блокировочные устройства на станке удовлетворяют требованиям техники безопасности. Так, пуск гидропривода возможен только в исходном положении стола, пуск внутришлифовального шпинделя и шпинделя бабки заготовки — только при включенном гидроприводе. При открывании дверцы электрошкафа автоматически отключается вводной выключатель.

Показатели точности обработки характеризуются: по круглости 1 мкм, постоянство диаметра в продольном сечении 2 мкм, параметр шероховатости цилиндрической внутренней поверхности  $Ra \leq 0,16$  мкм, плоской торцовой поверхности  $Ra \leq 0,32$  мкм.

В станке ЗМ227В насосная станция и бак гидросистемы отделены от станка. Очистку СОЖ от шлама осуществляют фильтром и магнитным сепаратором. Осуществляется принудительное смазывание маслом: направляющих качения стола и станины, опор шпинделя бабки заготовки и направляющих качения в механизме поперечной подачи шлифовальной бабки, винтовой пары качения и др.

### 3. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ПЛАНЕТАРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ШПИНДЕЛЯ

Иногда заготовки имеют большие размеры, и им невозможно сообщить вращательное движение, например при шлифовании отверстий блока цилиндров. В этих случаях заготовку закрепляют на столе станка неподвижно, а необходимые движения сообщают шпинделю шлифовального круга.

На рис. 71, а приведена схема внутреннего шлифования отверстия при неподвижной заготовке. Круг 1 совершает вращательное движение вокруг собственной оси, которая перемещается по окружности 2. Такое движение шлифовального круга называют планетарным. Чтобы круг смог прошлифовать отверстие по всей длине, ему сообщают возвратно-поступательное перемещение вдоль оси заготовки по стрелке 3. При каждом проходе круг должен снимать новые слои металла, поэтому ему сообщают поперечное перемещение (на глубину резания) по стрелке 4 в конце каждого прохода или двойного хода.

На рис. 71, б приведена схема наружного шлифования при неподвижной заготовке. Движения шлифовального круга такие же, как и при внутреннем шлифовании.

Шлифовальные станки с планетарным движением шпинделя делят на станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделя. Планетарные внутришлифовальные станки соз-

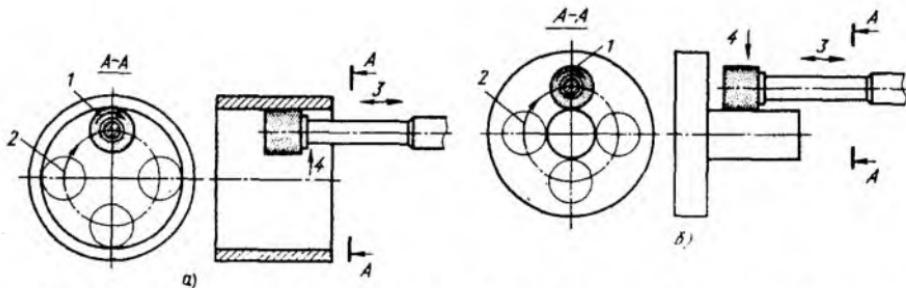


Рис. 71. Внутреннее (а) и наружное (б) круглое шлифование при планетарном движении шпинделя и неподвижной заготовке

дают для обработки отверстий диаметром 25—1000 мм и длиной до 3010 мм.

#### 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Универсальные станки снабжают кулачковыми, магнитными и другими патронами. Зажимные приспособления делят на универсальные и специальные. Специальные служат для зажима только определенных заготовок. По способу зажима приспособления можно разделить на приспособления с ручным, пневматическим и электрическими зажимами.

Несимметричные и нецилиндрические заготовки закрепляют в четырехкулачковом патроне (рис. 72, а), где каждый кулачок передвигается независимо от других винтом 5.

Самоцентрирующиеся патроны позволяют быстро закреплять заготовку с цилиндрической наружной поверхностью, так как их кулачки передвигаются одновременно. На рис. 72, б показан самоцентрирующий патрон, внутри которого имеется диск 2, на одном из торцов его нарезана спираль, а на другом — кониче-

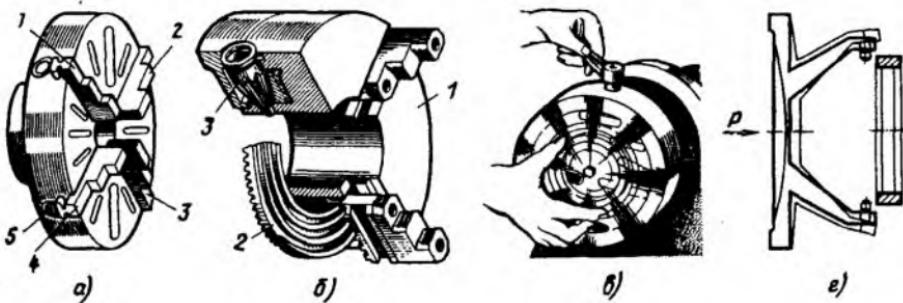


Рис. 72. Зажимные приспособления:

а — простой четырехкулачковый патрон: 1—4 — кулачки, 5 — винт; б — самоцентрирующийся патрон; в — установка обрабатываемой заготовки (кольца) на магнитном патроне; г — схема устройства мембранныго патрона

ское зубчатое колесо. В корпусе патрона установлены три конических зубчатых колеса 3, находящихся в зацеплении с зубчатым колесом диска. Если поворачивать торцовым ключом любое зубчатое колесо, то диск будет вращаться и кулачки будут одновременно приближаться к центру или удаляться от него, захватывая или освобождая заготовку, находящуюся в кулачках. Этот патрон не дает возможности осуществить автоматизацию крепления заготовки.

Магнитные патроны используют для шлифования тонких дисков и колец. Магнитные патроны с постоянным магнитом удобны и просты в эксплуатации (рис. 72, в).

Мембранные патроны обеспечивают высокую точность обработки заготовки. Принцип их действия основан на применении упругих свойств мембраны, изготовленной из пружинной стали, термически обработанной. Вследствие приложения в осевом направлении силы  $P$  (рис. 72, г) происходит демпфирование мембраны.

**Шлифование на башмаках (неподвижных опорах)** обеспечивает повышение жесткости станочной системы, дает возможность автоматизировать цикл загрузки заготовок и обеспечивает достаточно высокую точность заготовки. Башмаки притирают по форме заготовки. Заготовки надежно базируются на башмаках, если они установлены с необходимым эксцентрикитетом по отношению к оси вращения магнитного патрона, который приводит во вращение заготовку.

На рис. 73 показана конструкция магнитного патрона с уст-

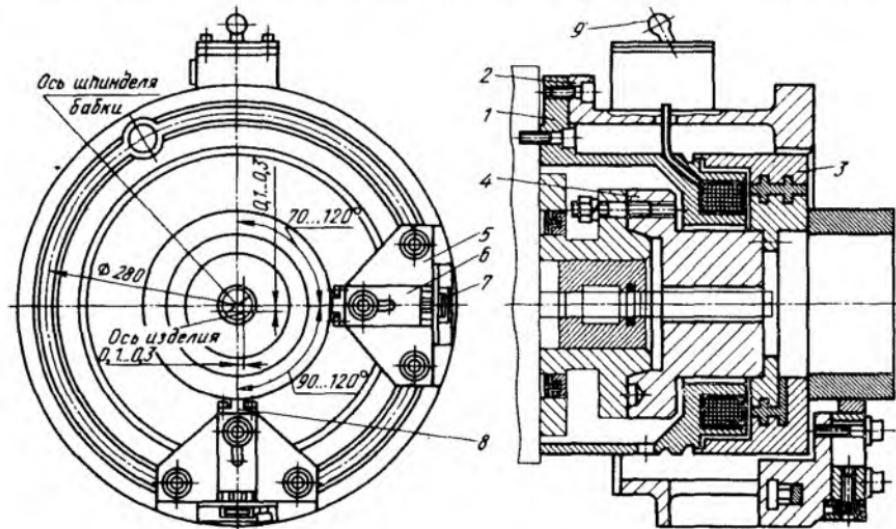


Рис. 73. Магнитный патрон с башмаковым устройством

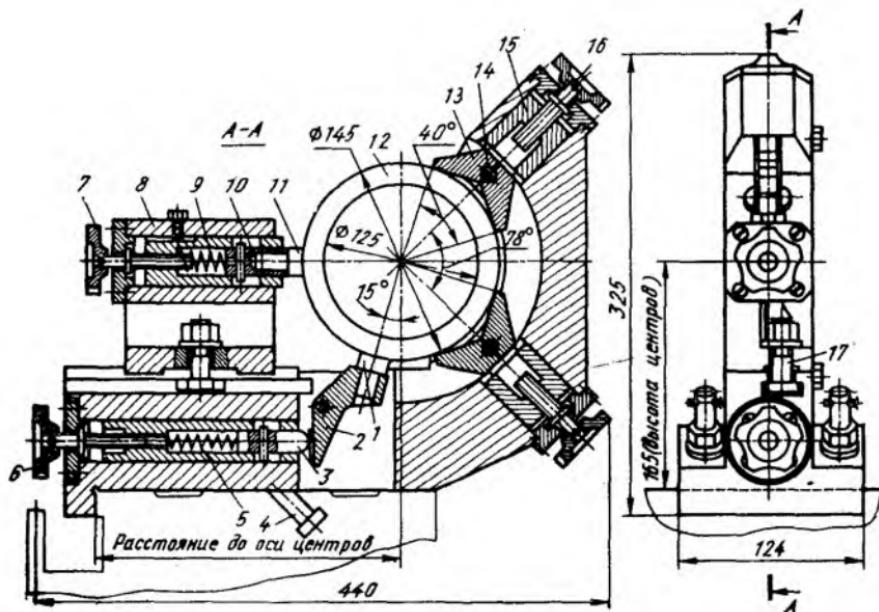


Рис. 74. Люнет с двухточечными самоустанавливающимися опорами

ройством, предназначенным для крепления и центрования тонкостенных заготовок при шлифовании. Он состоит из корпуса 1, в котором расположена катушка электромагнита. Корпуса 1 и 2 жестко прикрепляют к бабке заготовки. Магнитный диск 3 посредством втулки 4 крепится к шпинделю бабки заготовки. В корпусе 2 устанавливают жесткие опоры 5. Наличие кольцевого Т-образного паза дает возможность устанавливать башмаки в нужном положении. Кулачки 6 винтами 7 регулируют для установки заготовки, которая опирается на сменные планки 8. Планки имеют опорные поверхности с напайкой твердым сплавом или напыленные капроном. Включение и выключение магнита осуществляют тумблером 9.

**Люнет с двухточечными самоустанавливающимися опорами** (рис. 74). Заготовку 12 пружиной 9 через пятку 11, закрепленную в пальце 10, пружиной 9 через пятку 11 прижимаются к опорным призмам 13, которые самоустанавливаются, находясь на оси 14. Механизм поджима расположен в корпусе 8, который перемещают по направляющим и стопорят в необходимом положении винтом 17. Такое перемещение создает удобства для установки заготовки в люнет. Пружина 5 служит для частичной компенсации массы заготовки, действие которой передается на заготовки 12 через палец 3 и рычаг 2 с закрепленной в нем фторопластовой пяткой 1. Усилия пружин 5 и 9 выбирают при на-

ладке люнета и регулируют дисками 6 и 7, снабженными винтами.

Для установки опорных призм 13 в зависимости от диаметра базовой поверхности заготовки предусмотрены ползуны 15, которые могут перемещаться в радиальном направлении винтами 16. На столе станка люнет закрепляют двумя болтами 4. Вращение заготовки осуществляют от шпинделя станка шарнирным подводком.

**Шлифование глубоких отверстий.** Отверстие, у которого  $l/d > 10-12$ , где  $l$  — длина,  $d$  — диаметр отверстия, называют глубоким. Шлифование глубоких отверстий представляет большие трудности, чем шлифование обычных отверстий. В зависимости от длины шлифуемого отверстия подбирают необходимый сменный удлинитель (оправку). На одном конце оправки — круг, а другой ее конец соединяют с передним концом шлифовального шпинделя. При таком шлифовании под действием сил резания увеличивается прогиб удлинителя, что требует нескольких дополнительных ходов круга без поперечной подачи, а это ведет к снижению производительности шлифования. Универсальные внутришлифовальные станки ЗК225В, ЗК228В, ЗК227В, ЗК229В снабжают сменными удлинителями.

## 5. ОСОБЕННОСТИ НАЛАДКИ ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Наладка внутришлифовальных станков включает ряд подготовительных работ, характерных для наладки любого шлифовального станка (например, правку шлифовального круга, смазывание станины и т. п.).

**Установка передней бабки станка.** После установки шлифовального круга проверяют правильность установки передней бабки станка. Если бабка расположена неправильно, при шлифовании получают коническое отверстие. Его конусность можно обнаружить следующим образом. Сначала шлифуют отверстие кругом, расположенным у образующей, наиболее удаленной от рабочего, а затем перемещают круг в противоположное положение и пробуют снять очень тонкую стружку. Если при перемещении круга вдоль оси отверстия искрение будет увеличиваться, то это будет означать, что имеется конусность, вершина которой направлена в сторону бабки, и, наоборот, если искрение, заметное вначале, при дальнейшем перемещении шлифовального круга прекращается, конусность имеет обратное направление. При правильной установке передней бабки станка отверстие получают цилиндрическим и искрение будет одинаковым по всей его длине.

**Наладка продольного хода станка.** При шлифовании круг должен выходить из отверстия с каждой стороны на  $\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}$  своей высоты во избежание искажения формы размеров отверстия у его входа и выхода. Это выполняют установкой упоров, ограни-

чивающих ход стола. При установке упоров стол перемещают вручную маховичком.

**Установка патрона.** На шпиндель передней бабки заготовки устанавливают зажимной патрон, который расшлифовывают. Наладку мембранных патронов начинают с подшлифовывания на месте зажимных винтов, вкладышей и упоров.

---

## ГЛАВА VI

---

### ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

#### 1. СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Плоское шлифование является высокопроизводительным методом обработки закаленных и незакаленных заготовок. Иногда плоское шлифование применяют вместо чистового строгания, а также такой трудоемкой операции как шабрение. Оно допускает обработку больших поверхностей и имеет малые затраты времени на установку и закрепление заготовок благодаря тому, что шлифование плоскостей происходит с применением магнитных столов. Плоские поверхности можно шлифовать периферией и торцом шлифовального круга.

**Плоское шлифование периферией круга** происходит при возвратно-поступательном (рис. 75, а) или вращательном движении стола (рис. 75, б). На станках с прямолинейно-возвратным движением стола после каждого продольного хода происходит перемещение круга в плоскости шлифования на величину поперечной подачи. На станке с вращательным движением стола шлифовальный круг совершает сложное движение, он вращается вокруг собственной оси и совершает поперечную подачу на оборот стола  $S_p$ . При вращении круглого стола окружная скорость заготовки зависит от расстояния, на котором расположены ее шлифуемая поверхность от оси вращения стола. На большом радиусе скорость большая, а на меньшем — меньшая. Так как скорость заготовки по сравнению со скоростью круга мала, то ее пренебрегают и окружную скорость круга принимают за скорость резания.

**Плоское шлифование торцом круга** производительнее шлифования периферией круга. Стол плоскошлифовального станка совершает возвратно-поступательное движение (рис. 75, в). Обычно торец шлифовального круга перекрывает всю ширину заготовки. Для увеличения производительности шлифования используют

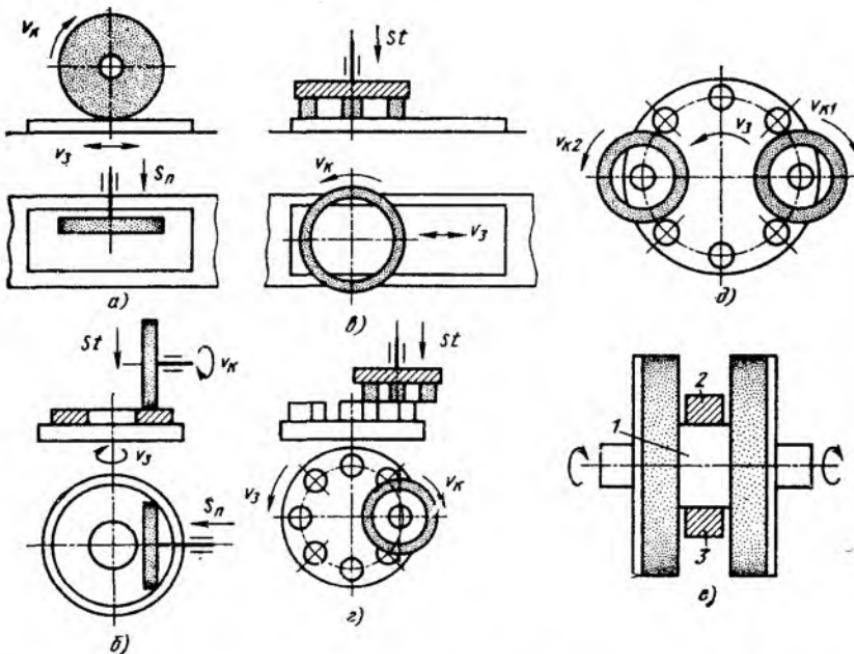


Рис. 75. Схемы обработки поверхностей при плоском шлифовании периферией шлифовального круга на станке с прямоугольным (а) и круглым столом (б); торцом шлифовального круга с прямоугольным (в) и круглым (г) столом; с двумя вертикальными шпинделами и круглым столом (д); с двумя горизонтально расположенным шпинделеми при одновременном шлифовании двух торцов заготовки (е):

1 — заготовка; 2 — верхняя линейка; 3 — нижняя линейка

одношпиндельный станок с круглым столом (рис. 76, г) или двухшпиндельный (рис. 75, д) с вертикальным расположением шпинделей для одновременной обработки двух торцов заготовки или на двухшпиндельном станке с горизонтальным расположением шпинделей (рис. 75, е). При торцовом шлифовании осуществляются следующие движения: вращение круга, подача заготовки и поперечная подача круга на каждый ход стола или после каждого его оборота.

Для улучшения удаления стружки и понижения температуры в зоне торцового шлифования необходимо: применять интенсивное охлаждение; уменьшать площадь соприкосновения круга с заготовкой путем поднутрения его торцовой поверхностью или установкой шлифовальной головки с небольшим наклоном; применять более крупнозернистые и менее твердые шлифовальные круги.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Различают универсальные, полуавтоматические и автоматические плоскошлифовальные станки. Основные механизмы плоскошлифовальных станков: привод вращения шлифовального круга, продольная, поперечная и вертикальная подачи, привод вращения круглого стола. Наиболее распространен привод круга со встроенным или фланцевым электродвигателем, расположенным соосно со шпинделем круга. Перемещение стола чаще осуществляют гидроцилиндром.

Направляющие стола применяют преимущественно по типу скольжения: одна плоская и одна V-образная; находят применение роликовые и шариковые направляющие качения. Направляющие защищают тонкой стальной лентой, надежно предохраняющей их от засорения абразивными частицами и пыли. Станину станка делают удлиненной, чтобы устранить свисание стола с ее направляющих и тем самым уменьшить отклонение формы деталей.

У плоскошлифовальных станков предусмотрены автоматическая вертикальная подача и ускоренное вертикальное перемещение. Наличие вертикальных направляющих качения дает возможность получать стабильную тонкую вертикальную подачу шлифовальной бабки.

**Области использования плоскошлифовальных станков.** Основой выбора необходимого станка являются деталь, ее форма и размеры, требования к отклонению формы и шероховатости поверхности. Для шлифования длинных прямоугольного или квадратного сечения заготовок применяют станки с прямолинейным движением стола, работающие периферией шлифовального круга, а для заготовок кольцевой формы — станки с круглым столом. Такой станок имеет меньшие размеры, его шпиндель загружается равномернее, и отсутствует реверсирование стола, что сокращает время шлифования заготовки.

Шлифовальные станки с прямоугольным столом применяют для чистового шлифования плоских и фасонных поверхностей периферией круга, заготовок с жесткими допусками по плоскости (линейки, шпонки и фр.); фасонных заготовок с применением профилированных кругов (шлифовальные валы, фасонные резцы и др.).

При шлифовании торцом шлифовального круга образуется большая дуга контакта с заготовкой и снимается много стружки. Метод очень производительный, но из-за большого нагрева возможны прижоги и трещины на поверхности заготовки, точность обработки невысокая. Станки, работающие торцом круга, рекомендуется применять для обдирочного шлифования.

**Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом.** К этой группе станков (рис. 76) с горизонтальным шпинделем относит-

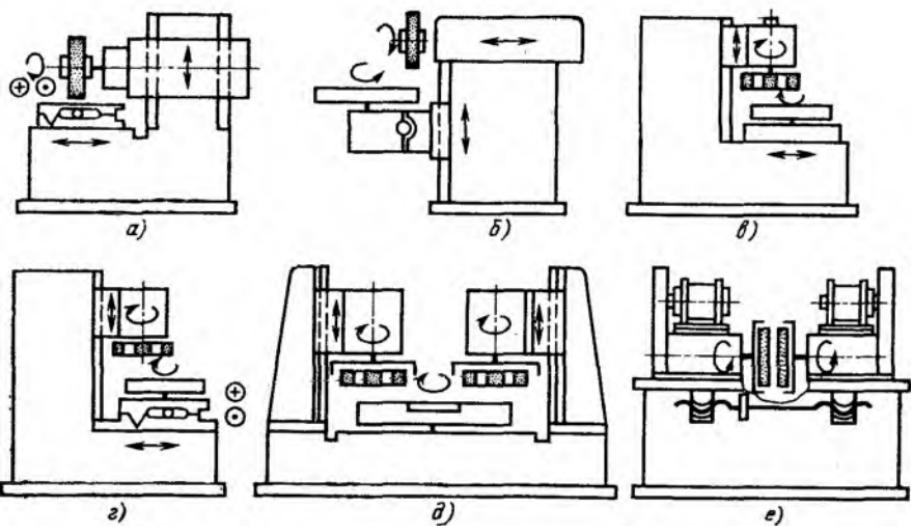


Рис. 76. Схемы плоскошлифовальных станков (с обозначением их движения) с горизонтальными шпинделями, работающими периферией шлифовального круга, с прямоугольным (а) и круглым (б) столом; с вертикальными шпинделями, одношпиндельные, работающие торцом шлифовального круга, с прямоугольным (в) и круглым (г) столом; двухшпиндельные станки, работающие торцом шлифовального круга с двумя вертикальными (д) и двумя горизонтальными (е) шпинделями

ся новая гамма широкоуниверсальных станков. По степени автоматизации их подразделяют на станки универсальной конструкции (ЗЕ711В, ЗЕ710В-1 и др.); станки с программируанным съемом припуска и цифровой индикацией (ЗЕ711ВФ1, ЗЕ711АФ и др.); станки для профильного шлифования, оснащенные проектором (ЗЕ711ЕВ-1); станки с ЧПУ (ЗЕ711ВФ3-1, ЗЕ721ВФ3-1).

К этой же группе станков относят станки ЗД722, ЗД723, ЗД724, ЗД725 с горизонтальным шпинделем и ЗД732, ЗД733, ЗД735, с вертикальным шпинделем.

Плоскошлифовальные станки ЗЕ711В, ЗЕ721В-1, ЗЕ711В-1, ЗЕ710А имеют автоматическую вертикальную и поперечную подачи. Их применяют в условиях единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства.

Благодаря увеличению диаметра шпинделя, а также применению гидродинамических подшипников, воспринимающих как радиальные, так и осевые нагрузки, повышена жесткость шлифовальной бабки. Для снижения температурных деформаций предусмотрен теплообменник, охлаждающий масло в гидравлической системе и узле смазывания опор шпинделя шлифовальной бабки.

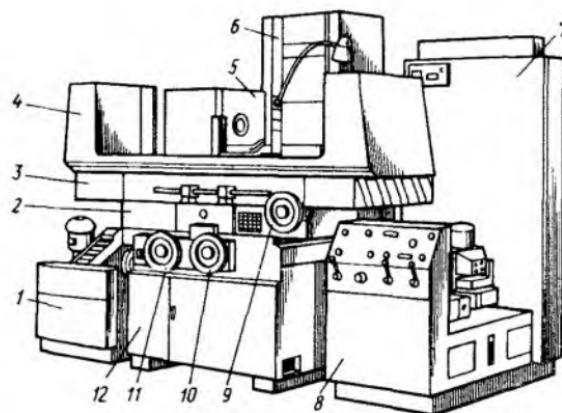


Рис. 77. Плоскошлифовальный станок ЗЕ711В:

1 — бак с СОЖ; 2 — крестовый столы; 3 — продольный столы; 4 — защитный кожух; 5 — шлифовальная бабка; 6 — колонна; 7 — электрошкаф; 8 — пульт управления; 9 — ручное перемещение стола; 10 — вертикальное перемещение бабки; 11 — поперечная подача; 12 — станина

### 3. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК ЗЕ711В

Плоскошлифовальный станок с крестовым столом и горизонтальным шпинделем предназначен для шлифования периферий круга плоскостей (рис. 77).

#### Техническая характеристика станка ЗЕ711В, мм

Наибольшие размеры заготовки:

длина . . . . .	630
ширина . . . . .	200

Размеры шлифовального круга:

наибольший наружный диаметр . . . . .	250
наименьший диаметр . . . . .	160
высота . . . . .	76

Наибольшее расстояние от шпинделя до зеркала стола . . . . . 445

**Кинематическая схема станка** (рис. 78) включает следующие цепи: главного движения, поперечной подачи крестового суппорта со столом, вертикальной подачи шлифовальной бабки и быстрых установочных перемещений. Цифрами I ... XII обозначены валы в кинематической схеме.

**Главное движение.** Вращение шлифовального круга обеспечивают электродвигателем  $M_1$ ; диаметры шкивов  $D=194$  и  $D=105$  мм.

**Поперечная подача крестового суппорта со столом** по направляющим станины осуществляется двигателем постоянного тока  $M_2$ . Далее посредством косозубых колес 34/100 и 60/100 вал VII с  $p=5$  мм приводится во вращение. Включением муфты  $M$ , происходит автоматическая подача: непрерывная или прерывистая на каждый ход стола или двойной ход стола.

**Ручные поперечные подачи:** быстрая и медленная. Для получения быстрой поперечной подачи червяк  $z=1$  выводится из зацепления рукояткой 3, и вращением маховичка 4 производят перемещение стола. Для получения медленной поперечной подачи врашают лимб 2 и червячной парой 1/100 вращают вал VII с  $p=5$  мм.

Вертикальная подача шлифовальной бабки осуществляется от шагового электродвигателя  $M_3$  в момент реверса стола или крестового суппорта. Вращение вправо передает вал XII с  $p = 6$  мм при включенной муфте  $M_2$  через зубчатые колеса  $34 \frac{100}{100}$ , карданный вал X, червячную передачу 1/30. Подачу регулируют бесступенчато в пределах 0,001...0,09 мм. Ручные вертикальные подачи (ускоренная и медленная) осуществляются аналогично поперечным подачам маховиком 6 по лимбу 5. Быстрое установочное перемещение шлифовальной бабки осуществляют от электродвигателя  $M_4$  при отключенной муфте  $M_3$  посредством шкивов 140/90. Подача ускоренного перемещения бабки  $S_y = 467$  мм/мин.

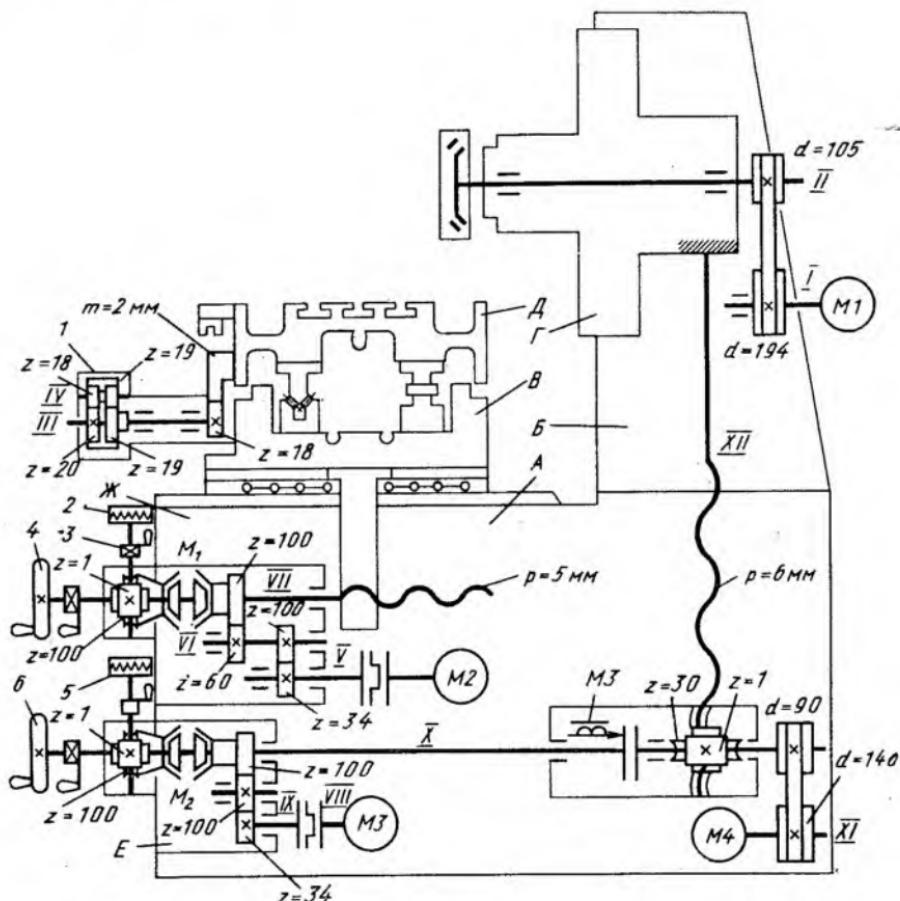


Рис. 78. Кинематическая схема плоскошлифовального станка ЗЕ711Б:  
 А — станина; Б — колонна; В — крестовый суппорт; Д — стол;  
 Г — шлифовальная бабка; Е — механизм вертикальной подачи шлифовальной бабки

*Продольная подача.* Возвратно-поступательное перемещение стола можно осуществить вручную или от гидропривода. Ручную подачу осуществляют маховицом 1 со встроенным в него планетарным механизмом. Сателлиты с  $z=18$  и  $z=19$  обкатываются вокруг неподвижного центрального колеса с  $z=19$  и через колесо с  $z=20$  врашают реечное колесо с  $z=18$  и рейку. Продольное перемещение стола за один оборот маховицка 1 равно  $S_{\text{пр}} = 11,3$  мм.

Гидравлическая система для гаммы плоскошлифовальных станков ЗЕ711В предназначена для реверсирования стола, вывода его в зону загрузки по окончании цикла обработки, привода механизма автоматической вертикальной подачи и централизованного автоматического смазывания. Гидростанция снабжена установкой для охлаждения масла.

**Принципиальная гидравлическая схема станка ЗЕ711В** (рис. 79). Работу гидравлического привода обеспечивает сдвоенный пластинчатый насос 1. Привод стола осуществляют гидроцилиндром 7. Возвратно-поступательное движение гидроцилиндра получает через гидравлическую панель 6, управляемый краном 8, который переключают кулачками, расположенными в пазу стола. Колодка 9 служит для смазывания и стравливания воздуха. Вертикальную подачу осуществляют пластинчатым гидроцилиндром поворотного типа.

*Продольное перемещение стола.* Для возвратно-поступательного движения стола необходимо на пульте управления включить электромагнитный гидрораспределитель 6.10 (1). При этом давление управления от крана 8 по гидролиниям 26—6.10(1)—32 действует на торец гидрораспределителя 6.1, переключая последний вправо. Слив масла из-под правого торца гидрораспределителя 6.1 происходит по гидролинии 27—8—28.

Нагнетаемая жидкость насосом 1 по гидролиниям 1—14—3—15—6.4—16—6.2—17—6.1—19 и 23—2—6.5—16—6.2—17—6.1—19 поступает в левую полость гидроцилиндра 7, в результате чего поршень последнего перемещается вправо. Слив масла из правой полости гидроцилиндра происходит по гидролиниям 18—6.1—20—6.2—22—11—33. Скорость перемещения поршня (стола) определяют настройкой золотника-дросселя 6.2.

Стол перемещается вправо, пока кулачок стола не установит (переключит) кран 8 реверса в нужное положение, обеспечивая при этом поступление масла в правую полость гидроцилиндра 7 и слив его из левой полости цилиндра. При этом стол будет перемещаться влево.

*Автоматическая вертикальная подача.* Вертикальную подачу шпинделя шлифовального круга осуществляют пластинчатым поворотным двигателем 10. Подача происходит при реверсировании крестового суппорта включением электромагнита гидрораспределителя 6.10(2) на время, необходимое для подачи. Гидрорас-

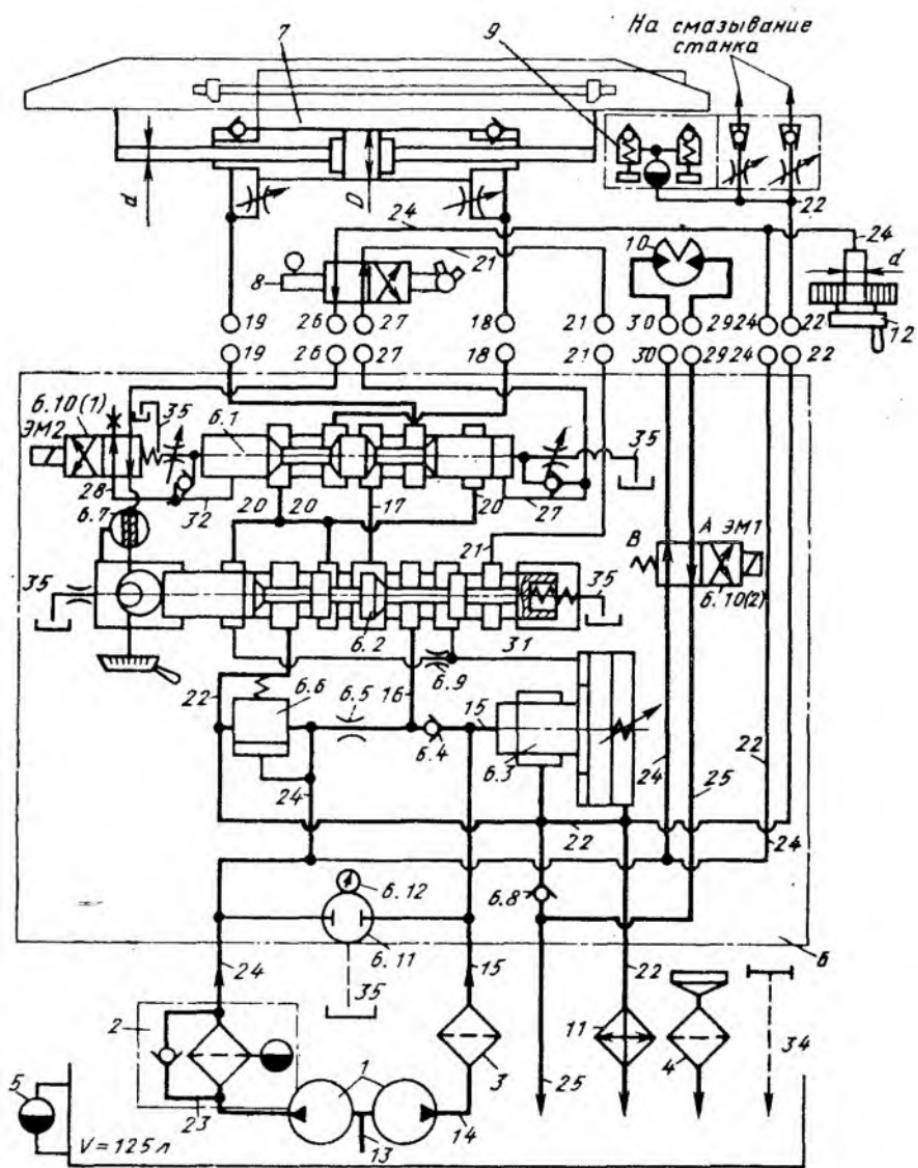


Рис. 79. Гидравлическая схема плоскошлифовального станка ЗЕ711В:

1 — пластинчатый насос; 2 — фильтр тонкой очистки; 3 — щелевой и 4 — сетчатый фильтры; 5 — маслоуказатель; 6 — гидрапанель (6.1 — гидрораспределитель, 6.2 — золотник-дроссель, 6.3 — переливной и 6.4 — обратный клапаны, 6.5 — демпфер, 6.6 — напорный золотник, 6.7 — кран, 6.8 — обратный клапан, 6.9 — демпфер, 6.10(1) и 6.10(2) — распределители, 6.11 — золотник включения манометра, 6.12 — манометр); 7 — гидроцилиндр; 8 — кран реверса; 9 — колодка смазывания стравливания воздуха; 10 — гидроцилиндр пластиначатый поворотный вертикальной подачи; 11 — теплообменник; 12 — механизм ручного перемещения; 13...35 — гидролинии напора, сливные и дренажные

пределитель занимает положение *A*, и поток масла по гидравлическим линиям 24—6.10(2)—29 поступает в пластинчатый гидродвигатель 10 вертикальной подачи. Слив масла из другой плоскости гидродвигателя проходит по гидролиниям 30—6.10(2)—25.

После отключения электромагнита гидораспределитель 6.10(2) занимает положение *B*, потоки масла в гидролиниях 29 и 30 меняют свое направление и пластинчатый поворотный гидродвигатель возвращается в исходное положение.

*Смазывание.* Централизованное смазывание станка осуществляют под давлением от гидролинии 22, подпор в которой определяется обратным клапаном 6.8.

Для блокировки ручного перемещения стола предусмотрена подача давления от напорной гидролинии 24 под торец плунжера механизма ручного перемещения стола для расцепления шестерни с рейкой. При выключении гидросистемы реечное колесо под действием пружины перемещается и входит в зацепление с рейкой стола.

Устройство 9 предназначено для выпуска воздуха из гидроцилиндра 7. Уровень масла в баке контролируется маслоуказателем 5.

#### 4. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК ЗЕ756

На рис. 80 показан плоскошлифовальный станок ЗЕ756 повышенной точности с круглым электромагнитным выдвижным столом и вертикальным шпинделем. На станине 1 станка жестко установлена стойка, по вертикальным направляющим которой перемещается шлифовальная бабка 3. В станине расположена коробка передач. Управление станком осуществляют рукояткой 4. По горизонтальным направляющим станины с плоской и V-образной направляющими перемещается каретка, несущая стол. Рабочая зона ограждена кожухом 2.

##### Техническая характеристика станка ЗЕ756

Заготовка:	
наибольший диаметр, мм . . . . .	800
наибольшая масса, кг . . . . .	400
Шлифовальный круг:	
наибольший диаметр, мм . . . . .	500
частота вращения, об/мин . . . . .	1000

Конструктивными особенностями станка являются: автоматизированное размагничивание электромагнитного стола; повышенная осевая жесткость шпинделя; повышенная плавность подачи шлифовальной бабки благодаря применению роликовых опор качения; наклон шлифовальной бабки от попадания в нее паров СОЖ и абразивной пыли; обдув корпуса шлифовальной бабки воздухом для уменьшения тепловых деформаций.

**Кинематическая схема**  
стенка приведена на рис. 81  
и состоит из следующих кине-  
матических цепей: вращения  
круга и стола, перемещения ка-  
ретки стола и подачи шлифо-  
вальной бабки.

**Главное движение.** Враще-  
ние шлифовального круга осу-  
ществляют встроенным элек-  
тродвигателем  $M_1$ . При диа-  
метре круга 500 мм скорость  
шлифования  $v = 26$  м/с.

**Вращение стола.** Электро-  
магнитный стол получает вра-  
щение от электродвигателя  $M_2$ .

Через ременную передачу  
 $112/250$  движение подается на  
вал I коробки передач. На валу I находится скользящий блок,  
состоящий из зубчатых колес  $z=19$ ,  $z=29$ ,  $z=24$ , зубья которых  
могут сцепляться соответственно с колесами с  $z=45$ ,  $z=35$ ,  $z=40$ ,  
сидящими на валу II коробки. С вала II на вал III коробки пе-  
редач движение можно передать через зубчатые передачи  
 $35/29$  или  $19/45$ . Таким образом, коробка передач имеет шесть  
частот вращения. С вала III на вал IV движение передается че-  
рез зубчатую передачу  $20/46$ , с вала IV на вал V — через кони-  
ческую передачу  $18/25$  и далее через передачу  $27/180$  приводит-  
ся во вращение стол, смонтированный на валу VI. Частоты вра-  
щения стола: 5,5; 7,4; 10,5; 16,4; 21,8 и 29,7 об/мин.

**Продольное перемещение стола.** Перемещение каретки стола  
осуществляется электродвигателем  $M_4$  посредством следующих  
передач: ременной передачи  $100/180$ , червячной  $1/30$  и ремен-  
ной передачи,  $z=20$ . Скорость продольного перемещения  
3,3 м/мин.

**Подачи шлифовальной бабки.** Механизмами подачи обеспечи-  
вают: автоматическую подачу, ускоренный подвод, ручное пере-  
мещение и дозированную подачу.

**Автоматическая вертикальная подача.** От электродвигателя  
постоянного тока  $M_3$  с приводом от магнитного усилителя с диа-  
пазоном регулирования частоты вращения  $1:30$  по следующей  
кинематической цепи: вал VII, червячная передача  $2/26$  на вал  
VIII, зубчатое колесо  $31/64$  на вал IX, червячная передача  $2/41$   
на вал X, зубчатые колеса  $43/77$  на вал XI, посредством червяч-  
ной передачи  $1/20$  на ходовой винт с шагом  $p=10$  мм.

Вертикальную подачу шлифовальной бабки изменяют бессту-  
пенчато от 0,05 до 1,5 м/мин.

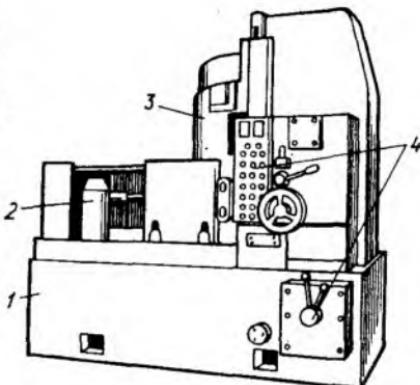


Рис. 80. Плоскошлифовальный станок  
ЗЕ756

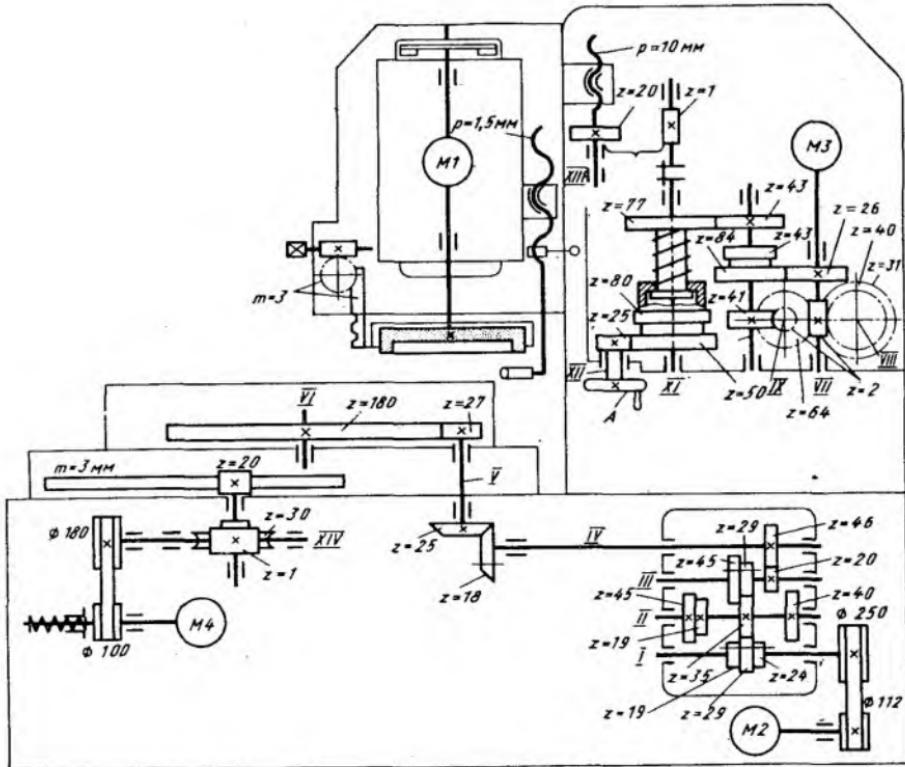


Рис. 81. Кинематическая схема плоскошлифовального станка ЗЕ756

*Ускоренное перемещение шлифовальной бабки.* От электродвигателя  $M_4$  колесами  $26/84$  и  $43/77$  движение передают на вал  $XI$  и через червячную передачу  $1/20$  на ходовой винт  $XIII$ .

*Дозированная подача шлифовальной бабки* осуществляется от рукоятки и храповым колесом  $z=80$ .

*Ручное перемещение шлифовальной бабки.* Маховичком  $A$  вращают зубчатую передачу  $25/50$ , червячную передачу  $1/20$  и тем самым ходовой винт  $XIII$  с  $p=10$  мм. За один оборот маховичка  $A$  бабка переместится на  $0,25$  мм.

## 5. ДВУСТОРОННИЕ ТОРЦОШЛИФОВАЛЬНЫЕ АВТОМАТЫ

Такие станки работают по принципу двустороннего шлифования торцами шлифовальных кругов. При двустороннем шлифовании повышается производительность благодаря одновременному шлифованию двух противоположных параллельных сторон заготовки. Это дает возможность обойтись без создания базы, на которой можно шлифовать первую сторону, как это имеет место на

обычных плоскошлифовальных станках с магнитной плитой, работающих торцом шлифовального круга.

**Схема резания с прямолинейным прерывистым перемещением шлифуемой заготовки** (рис. 82, а). Базирование заготовок осуществляется направляющими линейками 2 и 3 и торцами шлифовальных кругов. Толкатель 1, совершая возвратно-поступательное движение, перемещает с каждым двойным ходом столб заготовок на расстояние, равное диаметру одной заготовки, и тем самым проводит подачу заготовок.

**Схема резания с прямолинейным перемещением шлифуемой заготовки** (рис. 82, б). На непрерывно движущемся элементе 5 установлен штырь 6, перемещающий между торцами шлифовальных кругов заготовку по направляющим линейкам 2 и 4. У входа в зону шлифования установлена щечка 7 для направления заготовки, а при выходе из зоны резания — щечка 3.

**Схема резания с круговой подачей заготовки** (рис. 82, в). Заготовки устанавливают в отверстия диска с базированием во втулке (цилиндрический ролик подшипника) или призме (поршневой палец). Диск, врачааясь, перемещает заготовку в зоне шлифования. В свободной зоне диска осуществляют загрузку, выгрузку и измерение заготовок. Измерительный прибор подает команду на подналадку шлифовальных кругов.

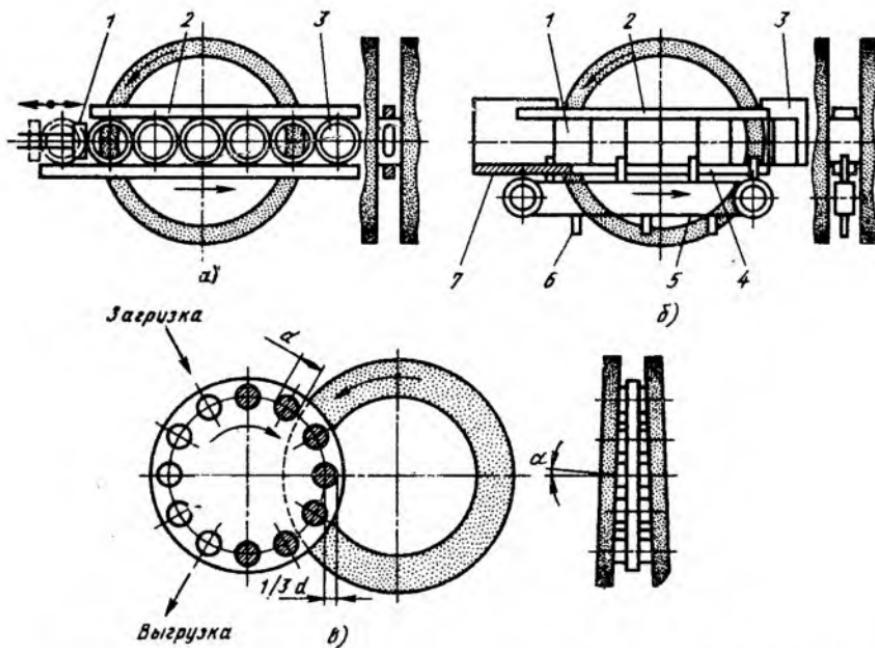


Рис. 82. Схемы работы на двустороннем торцошлифовальном автомате

По этой схеме работают станки СА2, СА3, СА4, СА5 и СА12 с горизонтальным расположением шпинделей. Привод шлифовальных кругов осуществляют от электродвигателей. Заготовки, подлежащие шлифованию, закладывают в барабан, расположенный между шлифовальными кругами и приводимой во вращение электродвигателем. Шлифование осуществляют за один оборот барабана. Станки имеют два движения: главное движение резания, создаваемое вращением круга, и круговую подачу, созданную вращением барабана.

Одновременное шлифование двух торцов колец по сравнению с плоским шлифованием на станках с вращающимся магнитным столом дает возможность повысить производительность в 2—3 раза, снизить отклонения от параллельности торца до 3—5 мкм и от плоскостности до 2—3 мкм, уменьшить параметр шероховатости поверхности до  $Ra = 0,63 \dots 0,32$  мкм.

## 6. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

На плоскошлифовальных станках для крепления заготовок применяют, как правило, электромагнитные и магнитные плиты разных типов и размеров. Заготовка на магнитной плите плотно прижимается своей базовой поверхностью, поэтому плита не должна иметь задиров и забоин. Заготовки из цветных металлов, сплавов и коррозионно-стойких сталей некоторых марок притягиваться к плите не будут, так как не обладают магнитной проницаемостью. Такие заготовки при шлифовании закрепляют на столе прижимными планками или в приспособлениях.

Приспособления делят на универсальные и специальные. В универсальных приспособлениях заготовку устанавливают с обязательной выверкой правильности ее установки.

**Электромагнитные плиты.** Для их работы необходим постоянный ток, поэтому у станков устанавливают генераторы, преобразующие переменный ток в постоянный. Одно из преимуществ электромагнитных плит по сравнению с магнитной оснасткой других видов состоит в том, что можно регулировать силу притяжения в зависимости от режима обработки. Силу притяжения плиты регулируют путем изменения силы тока ее питания. Электромагнитные плиты обеспечивают надежное и быстрое закрепление заготовок. После шлифования заготовку необходимо снять с плиты и устранить ее остаточную намагниченность.

**Магнитные плиты** в отличие от электромагнитных не нуждаются в питании от источника энергии. Полюсами в них являются постоянные магниты из никель-алюминиевого сплава, намагниченные на электрических установках.

Верхняя часть магнитной плиты (рис. 83, а) сделана из железных пластин 1 и 2 с немагнитными прослойками 3 между ними.

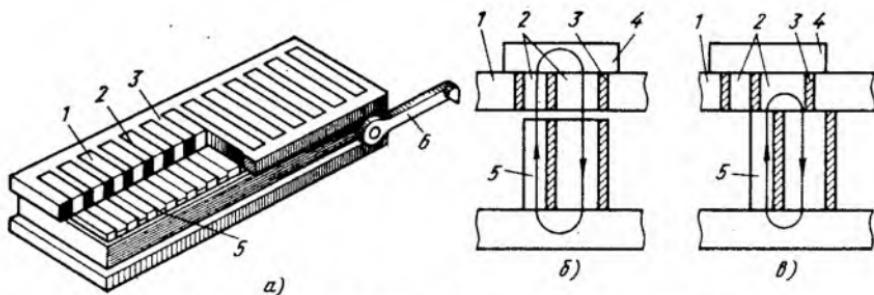


Рис. 83. Магнитная плита с постоянными магнитами:  
 а — общий вид; б — положение магнитов при закреплении заготовок; в — положение магнитов при установке и снятии заготовок

ми. Сильные постоянные магниты 5 можно перемещать, попарно замыкая их на железные пластины и на закрепляемую заготовку 4. На рис. 83, б показано положение магнитов при закреплении заготовок 4, а на рис. 83, в — во время их снятия и установки. Переключение магнитов производят рукояткой 6. Нижнюю часть плиты закрепляют на столе станка прихватами и болтами.

**Демагнитизаторы** — устройства, предназначенные для размагничивания стальных заготовок. Например, на плоскошлифовальном станке ЗЕ756 снятие остаточного магнетизма происходит автоматически благодаря размагничиванию электромагнитного стола.

Кроме магнитных и электромагнитных плит для закрепления шлифуемых заготовок находят применение лекальные тиски, универсальные прижимы, установочные планки и плиты и т. п.

**Лекальные тиски** отличаются от машинных тисков точностью изготовления и возможностью кантования. Боковые поверхности изготавливают параллельно друг другу и перпендикулярно к основанию. Для закрепления тисков предусматривают резьбовые отверстия. Чаще их крепят на магнитной плите. Тиски изготавливают из стали, закаливают и шлифуют со всех сторон.

## 7. НАЛАДКА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Прежде чем приступить к наладке, необходимо внимательно изучить паспорт и руководство к станку, его конструктивные особенности, органы управления, инструкцию по наладке и эксплуатацию станка. Следует тщательно ознакомиться с чертежом заготовки, технологической картой обработки и только тогда приступить к наладке станка.

**Наладка станков с прямоугольным столом.** Наладку станка начинают с проверки исправности станка и магнитной плиты (стола), а когда шлифование заготовок осуществляют в при-

способлении, проверяют также правильность установки его на столе. Необходимо периодически контролировать состояние поверхности магнитной плиты. При отклонении от плоскости стола и магнитной плиты их шлифуют до требуемой точности. При установке на магнитной плите заготовок необходимо убедиться в том, что каждая заготовка перекрывает не менее чем два полюса и что заготовка закреплена.

В зависимости от длины заготовок ставят упоры, переключающие ход стола так, чтобы перебег стола не превышал 20—30 мм. В соответствии с длиной хода стола и подачей устанавливают число двойных ходов стола,— вертикальную и поперечную подачи шлифовальной бабки проводят наладку измерительно-управляющего устройства на подачу необходимых команд.

---

## ГЛАВА VII

---

### СТАНКИ ДЛЯ ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЙ

#### 1. ХОНИНГОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Хонингование — доводка, осуществляется при вращательном и возвратно-поступательном вращении абразивного инструмента. Хонингование обеспечивает высокую точность размеров, геометрическую форму и малую шероховатость обработанной поверхности. Режущий инструмент для внутреннего хонингования представляет собой головку, на наружной поверхности которой расположены абразивные или алмазные бруски.

На рис. 84, а показана хонинговальная головка с двумя шарнирами для предварительной и окончательной обработки сквозных отверстий; на рис. 84, б — конструкция жесткой двухъярусной головки для предварительного и окончательного хонингования отверстий. Эти головки используют для совмещенного в одной позиции предварительного и окончательного хонингования отверстия, обработки двух соосных или с параллельными осями отверстий разного диаметра с одной установки заготовки и головки, что повышает производительность обработки.

При хонинговании головке сообщают два движения: вращательное вокруг оси изготавляемого отверстия и возвратно-поступательное вдоль оси, а подачу на глубину резания осуществляют путем раздвижения брусков. В результате этих движений каждое абразивное зерно образует на обрабатываемой поверхности риск по винтовой линии правого направления при движении головки вверх и левого направления при движении головки вниз (рис.

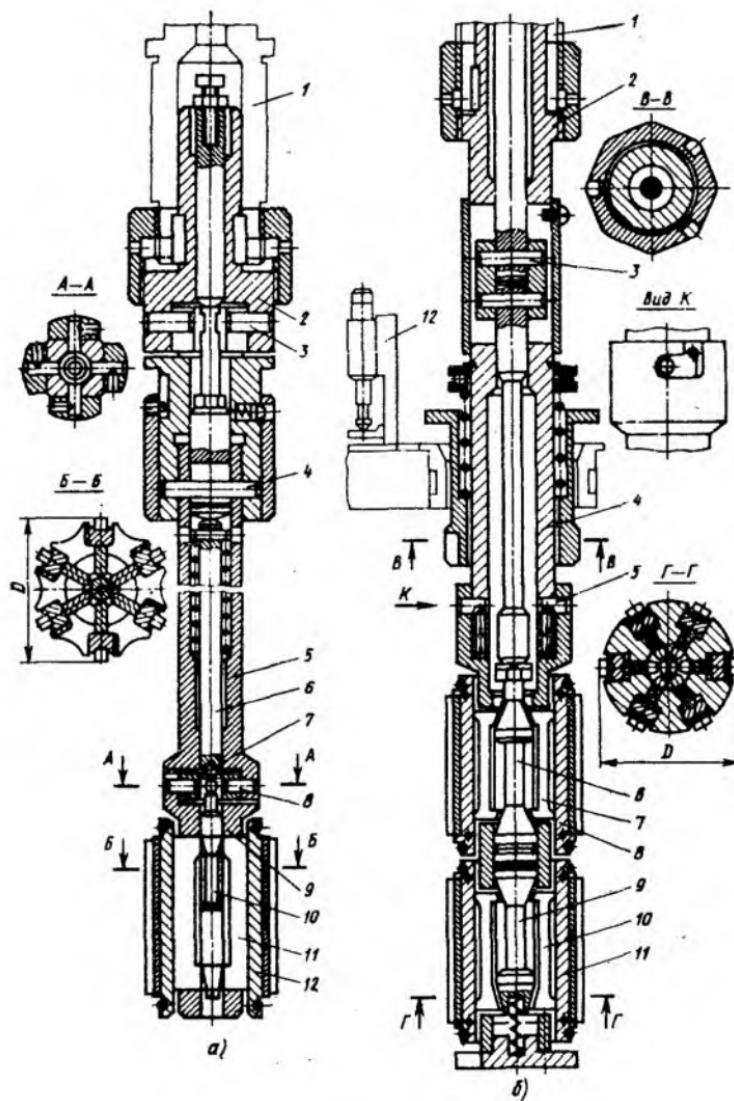


Рис. 84. Хонинговальные головки:

**a** — хонинговальная головка с двумя шарнирами для предварительной и окончательной обработки сквозных отверстий: 1 — шпиндель; 2 — патрон; 3 — верхний шарнир; 4 и 5 — поводок и стержень головки; 6 — толкатель механизма разжима; 7 — промежуточный шарнирный поводок; 8 — нижний шарнир головки; 9 — корпус головки; 10 — конус разжима; 11 — конусная планка; 12 — колодка с брусками; б — конструкция жесткой двухъярусной головки для предварительного и окончательного хонингования отверстий: 1 — шпиндель; 2 — стержень головки; 3 — соединение стержня головки с толкателем конуса разжима; 4 — коробка-калибр; 5 — соединение стержня головки; б и 9 — конусы разжима верхнего и нижнего брусков; 7 и 10 — конусные планки верхнего и нижнего брусков; 8 и 11 — колодки с брусками верхнего и нижнего ярусов; 12 — электроконтактный датчик

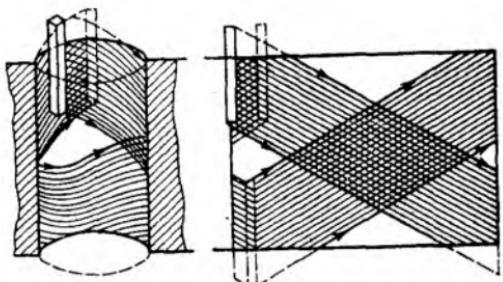


Рис. 85. Схема движения абразивных зерен при хонинговании

мой поверхностью больше, а время на установку заготовки и инструмента меньше. Хонингование применяют и для обработки наружных поверхностей.

По числу шпинделей хонинговальные станки делят на одношпиндельные и многошпиндельные с числом шпинделей 2, 3, 4 и более. По расположению оси шпинделя различают вертикально- и горизонтально-хонинговальные станки. Наибольшая часть выпускаемых хонинговальных станков с вертикальным расположением шпинделя. Хонинговальные станки также делят на универсальные и специальные. Основным параметром, определяющим типоразмер хонинговального станка, принят наибольший размер изготавляемого отверстия.

Станки ЗК82У и ЗК83У выполнены по компоновке «подвижная пиноль», а станок ЗР84 — по компоновке «подвижная шпиндельная головка».

#### Техническая характеристика станка ЗК83У (рис. 86):

Диаметр изготавляемого отверстия, мм . . . . .	20—125
Ход шпинделя, мм . . . . .	500
Частота вращения шпинделя, об/мин . . . . .	80—500
Скорость возвратно-поступательного движения шпинделя (бесступенчатое), м/мин . . . . .	3—18
Класс точности . . . . .	Н
Давление масла, МПа:	
при возвратно-поступательном движении . . . . .	4
при разжиме брусков головки . . . . .	0,8—2
при выхаживании . . . . .	0,6—0,8

На рис. 87, а приведена кинематическая схема механизма главного движения станка, а на рис. 87, б график частоты вращения шпинделя. От электродвигателя  $M$  движение передают на вал  $I$ , по шпонке которого перемещают блок колес 20—27—23 и сцепляют соответственно с колесами 40—33—37, сидящими на валу  $II$  неподвижно, как и колеса 46 и 21. Блок колес 29—54—42 перемещают по валу, сцепляя соответственно с колесами 46—

85). Точность обработки отверстия составляет 0,005—0,01 мм; овальность и конусность не более 0,03 мм. Хонингуют отверстия диаметром 15—1500 мм, достигая высокой производительности по сравнению с внутренним шлифованием благодаря тому, что поверхность соприкосновения брусков с обрабатывающей

Рис. 86. Хонинговальный станок ЗК83У:

1 — станина; 2 — стол; 3 — пульт управления выносной и поворотный; 4 — шпиндель; 5 — механизм главного движения; 6 — электродвигатель; 7 — рукоятка управления

21—33. С вала III на вал IV движение передают колесами 23/42, а с вала IV на V (шпиндель) колесами 29/50. Частоты вращения шпинделя: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 и 500 об/мин, образующие геометрическую прогрессию со знаменателем 1,26. Передвижение блоков колес осуществляют рукоятками.

Для быстрой остановки шпинделя предусмотрен электромагнитный тормоз.

Сравним приводы вращения шпинделя станков ЗМ83 и ЗМ83У. Станок ЗМ83 имеет четыре частоты вращения шпинделя: 90, 125, 180 и 240 об/мин, составляющие геометрическую прогрессию со знаменателем 1,41. Станок ЗМ83У имеет девять частот вращения шпинделя от 80 до 500 об/мин.

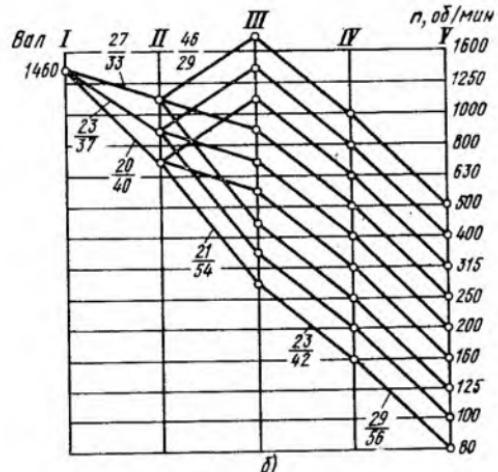
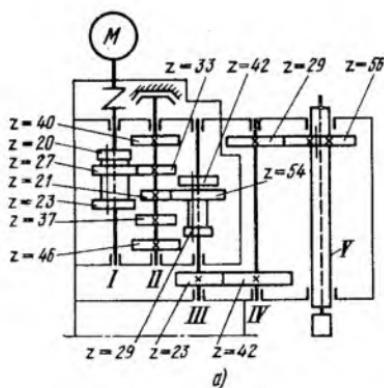
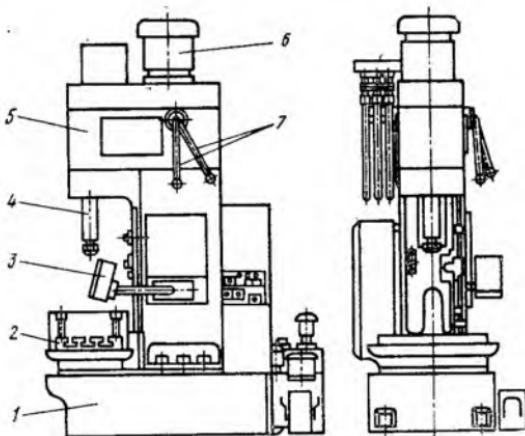


Рис. 87. Схема механизма главного движения (а) и график частоты вращения шпинделя (б)

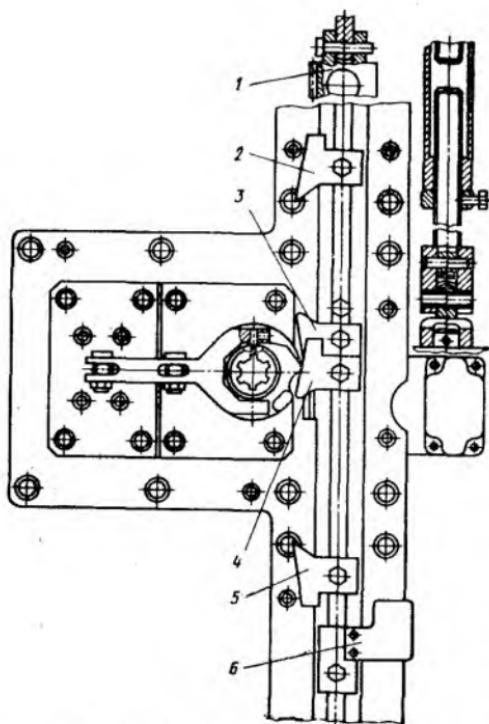


Рис. 88. Управляющая головка

Возвратно - поступательное движение хонинговальной головки осуществляют гидроприводом, а управление реверсированием управляющей рейкой 1 (рис. 88), жестко связанной с поперечиной шпинделя и совершающей возвратно-поступательное движение. Управляющая рейка имеет Т-образный паз с кулачками управления 2...6. Управление реверсированием при работе одним из двух ярусов хонинговальной головки осуществляют одной парой кулачков (например, 4 и 5). При движении рейки кулачки поворачивают рычаг и валик, на котором он установлен. Этот валик соединен с валиком гидропанели и тем самым перемещает золотник гидропа-

нели, осуществляя реверсирование шпинделя. Длину хода шпинделя устанавливают кулачками на рейке с делениями 1 мм.

Кулакками 2 и 3 осуществляют хонингование вторым ярусом головки. Кулаком 6, действуя на конечный выключатель, останавливает шпиндель в верхнем исходном положении. Включением электромагнитной муфты, установленной на валике с рычагом, обеспечиваются независящие от кулаков короткие ходы шпинделя постоянной длины 20—25 мм.

На рис. 89 приведена гидравлическая схема станка ЗК83У, обеспечивающая: возвратно-поступательное перемещение шпинделья; управление подачей брусков головки; питание гидрофицированных наладок.

Гидросистема возвратно-поступательного движения шпинделя включает: гидронасос с подачей масла 50 л/мин, гидропанель, регулятор скорости с предохранительным клапаном ПГ55-14, два напорных золотника, дросселя, два золотника с электроуправлением и два гидроцилиндра, смонтированных в расточках корпуса по обе стороны шпинделя. Двухштоковая схема с вхождением одного штока внутрь другого дает возможность уменьшить размеры гидроцилиндров.

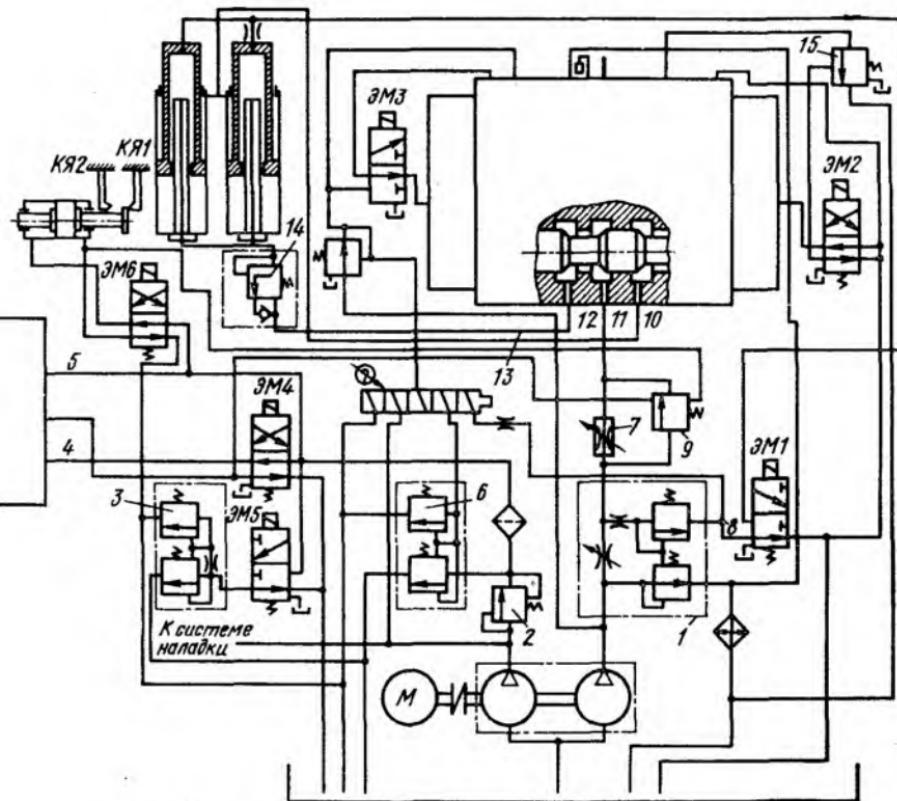


Рис. 89. Гидравлическая схема хонинговального станка ЗК83У

Назовем основные этапы возвратно-поступательного движения шпинделья: ввод головки в обрабатываемое отверстие; возвратно-поступательное движение с рабочей скоростью и медленный вывод головки из отверстия по окончании обработки.

От гидронасоса, приводимого в движение электродвигателем *M* масло направляется через блок дросселей к проточке 11 гидропанели, и в зависимости от положения реверсивного золотника оно сообщается с полостью 10 (при ходе шпинделья вверх) или же с полостью 12 (при ходе шпинделья вниз). Для предотвращения от самопроизвольного опускания шпинделья от собственной массы в трубопровод 13 встроен напорный золотник 14 с обратным клапаном. При вводе инструмента в обрабатываемое отверстие напорный золотник 9 закрыт и масло проходит через дроссель 7 согласно схеме настройки со скоростью ввода инструмента в отверстие. В начале цикла, когда золотники ЭМ2 и ЭМ3 выключены, а золотник реверсирования панели автоматически занимает положение, при котором шпиндель начинает опускаться

ся, напорный золотник 15 закрывается для прохода масла. При возвратно-поступательном движении шпинделя с рабочей скоростью золотник 9 открывается и масло направляется в гидроцилиндр, минуя дроссель 7. Рабочую скорость устанавливают регулятором скорости 1 с предохранительным клапаном, поддерживающим заданное давление в гидросистеме. При этом верхняя полость золотника регулятора скорости 1 при выключении золотника ЭМ1 трубопровода 8 соединяется с баком, золотник регулятора скорости открывается, разгружая систему и останавливая шпиндель.

Золотник ЭМ4 служит для реверсирования движения поршня цилиндра разжима, масло к которому поступает по трубопроводам 4 и 5. Этот золотник ЭМ4 управляет также напорным золотником 9, включая медленное движение шпинделя. Для предохранения системы от перегрузок и настройки высокого давления на бруски головки служит предохранительный клапан с переливным золотником 6. Для понижения давления в системе в начале или конце хонингования включается золотник ЭМ5, и масло поступает к предохранительному клапану с переливным золотником 3, настроенным на меньшее давление. Золотник ЭМ6 переключает механизм управления с одного яруса хонинговальной головки на второй (КЯ1 и КЯ2). Напорный золотник 2 предназначен для создания давления в системе наладки.

## 2. ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ

Доводка — абразивная обработка, при которой инструмент и заготовка одновременно совершают любое движение со скоростями одного порядка или при неподвижности одного из них другой совершает сложное движение. Под сложным движением абразивного инструмента или заготовки понимают два или несколько одновременно выполняемых инструментом или заготовкой простых движений (например, возвратно-поступательное и врачающееся и т. п.).

Доводка — это процесс прецизионной обработки поверхностей изготавляемой детали. Доводкой достигают параметра шероховатости  $R_a = 0,08 \dots 0,02 \text{ мкм}$  и  $Rz = 0,1 \dots 0,025 \text{ мкм}$ , выдерживают допуски диаметральных размеров до  $+0,5 \text{ мкм}$ , отклонение от параллельности плоскостей до  $\pm 1 \text{ мкм}$ , а при особо тонкой доводке до  $0,005 \text{ мкм}$ . Поэтому перед доводкой поверхности изготавляемых деталей должны иметь  $Ra = 0,125 \dots 0,16 \text{ мкм}$  с погрешностью формы (овальность, конусность и огранка) не более  $0,005 \dots 0,01 \text{ мм}$ .

Доводку осуществляют абразивным материалом, используя электрокорунд, алмазную пыль, карбид кремния и др., а в качестве пасты — окись хрома, окись алюминия, крокус и др. Пасту, смешанную с абразивным порошком наносят на притир (доводоч-

ный диск), изготавляемый из более мягкого материала, чем изготавляемая деталь (например, из меди, свинца, чугуна, баббита или твердых пород дерева). Это необходимо для того, чтобы абразивное зерно плотно удерживалось в притире и не проникало в изготавляемую поверхность. Процесс насыщения поверхности притира абразивным материалом называют шаржированием.

Различают ручную, машинно-ручную и механическую доводку. Ручную доводку применяют при изготовлении измерительных инструментов, выполняя ее на доводочных плитах. Машинно-ручную доводку производят на простейших станках, вращающих доводочный инструмент или изготавляемые детали, а остальные движения — вручную.

При работе на доводочных станках изготавляемые детали закладывают в сепаратор, выполненный в виде диска с прорезями, форма которых соответствует форме изготавляемых деталей. Сепаратор с заготовками помещают между двумя вращающимися дисками.

Доводочные станки делят на универсальные и специальные. Универсальные станки применяют для доводки плоских и цилиндрических наружных поверхностей и отверстий. Их делят на однодисковые и двухдисковые. Давление на площадь контакта притир — заготовка применяют при обработке закаленных сталь 0,1—0,2 МПа на предварительных операциях и 0,05—0,1 МПа на окончательных.

На рис. 90 приведен общий вид станка ЗБ814, а на рис. 91 его кинематическая схема. Главное движение — вращение нижнего доводочного диска. Движение подачи — вращение или плоскопараллельное движение сепаратора. Оба движения обеспечиваются электродвигателем  $M$ . На станке обрабатывают стальные, чугунные, бронзовые, керамические, пластмассовые и др. заготовки.

Вращение нижнего доводочного диска происходит по следующей кинематической цепи: электродвигатель, плоскоременная передача, колеса 21/31 и червячная передача 3/50. Частота вращения нижнего доводочного диска

$$n_1 = 1430 \frac{110}{154} \frac{21}{31} \frac{3}{50} = 41,5 \text{ об/мин.}$$

Если переставить шкив диаметром 154 на I вал, а шкив диаметром 110 мм на II вал, то частота вращения, об/мин:

$$n_2 = 1430 \frac{154}{110} \frac{21}{31} \frac{3}{50} = 81.$$

Сепаратор может быть приведен во вращение одной из трех кинематических цепей.

**Первая цепь.** Вал IV выключен, а вал V неподвижен. Вращение сепаратору передают через вал III, червячную передачу 3/50, шпиндель VI, на котором закреплено зубчатое колесо  $z=81$  внут-

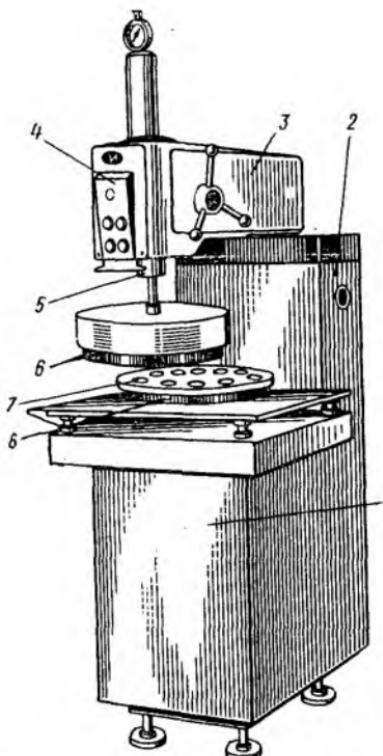


Рис. 90. Двухдисковый вертикально-доводочный станок 3Б814:

1 — станина; 2 — стойка; 3 — поворотная консоль; 4 — пульт управления; 5 — шпиндель; 6 — верхний доводочный диск; 7 — сепаратор; 8 — нижний доводочный диск

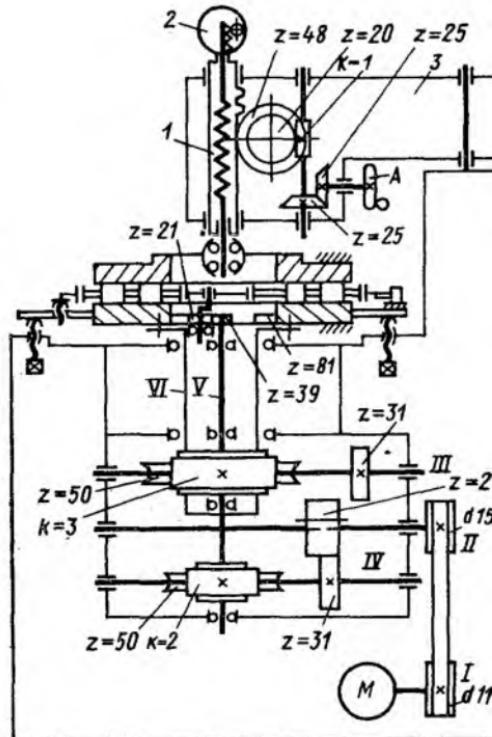


Рис. 91. Кинематическая схема двухдискового вертикально-доводочного станка 3Б814

ренного зацепления. Следовательно, вокруг неподвижного колеса  $z=39$  обкатываются три сателлита  $z=21$ , катаясь по колесу  $z=81$ , частота их вращения, об/мин:

$$n_{1c} = 1430 \frac{110}{154} \frac{21}{31} \frac{3}{50} \left( \frac{81}{39+81} \right) = 28.$$

**Вторая цепь.** Вал IV включен, вал III неподвижен, колесо  $z=81$  — неподвижно. Вращение сателлитом происходит через валы IV и V. Сателлиты  $z=21$  катятся вокруг вращающегося колеса  $z=39$  и катятся по неподвижному  $z=81$ . Их частота вращения, об/мин:

$$n_{2c} = 1430 \frac{110}{154} \frac{110}{154} \frac{2}{50} \left( \frac{39}{39+81} \frac{39}{21} \right) = 42.$$

**Третья цепь** (суммарная). Валы III...VI вращаются. Сателлиты  $z=21$  обкатываются по вращающемуся колесу  $z=39$  и одновременно катятся по вращающемуся колесу  $z=81$ . Частота их вращения, об/мин:

$$n_{3c} = 1430 \frac{110}{154} \frac{21}{31} \left[ \frac{3}{50} \left( \frac{81}{39+81} \right) + \frac{2}{50} \left( \frac{39}{39+81} - \frac{39}{21} \right) \right] = 70.$$

Плоскопараллельное движение сепаратору сообщают центральным эксцентриком, расположенным на торце водила планетарного механизма. Смещение пальца (эксцентриситет) производят винтом от 0 до 20 мм.

При доводке верхних и нижних параллельных плоскостей заготовки, вращение нижнего доводочного диска прекращают, а верхний доводочный диск стопорят, от самопроизвольного вращения. Заготовки обрабатывают между неподвижными дисками за счет сложного движения заготовок, это обеспечивает более высокую точность обработки.

В поворотной консоли 3 (см. рис. 91) размещены механизмы для работы верхнего доводочного диска. В чугунной коробке смонтирована пиноль 1 с динамометром 2. Пиноль необходима для закрепления, подъема и опускания верхнего диска. Динамометр дает возможность создавать необходимое давление верхнего диска на заготовку.

Механизм ручного подъема и опускания пиноли состоит из рукоятки А, конических колес 25/25, червячной передачи 1/20, реечного колеса  $z=48$  и рейки, нарезанной на пиноли динамометра. Этим перемещением создают необходимую силу прижима диска к заготовкам.

### 3. СУПЕРФИНИШНЫЕ СТАНКИ

Суперфиниширование — доводка, осуществляемая при одновременно выполняемых колебательном движении абразивного инструмента и вращении заготовки. Суперфиниширование — процесс тончайшей обработки поверхности заготовки с тем, чтобы получить заданную точность и наименьшую шероховатость обработанной поверхности. При суперфинишировании (рис. 92) с поверхности вращающейся заготовки 1 снимают слой металла мелкозернистыми абразивными брусками 2. Бруски имеют сложное движение: медленно перемещаются вдоль образующей поверхности при одновременном быстром возвратно-поступающем осцилли-

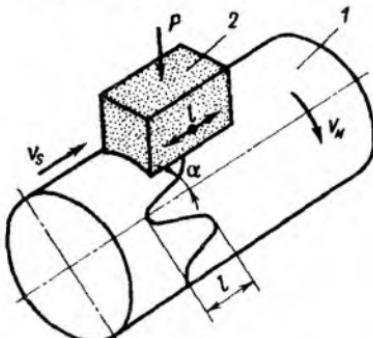


Рис. 92. Схема суперфиниширования

рующем движении. При этом методе обработки заготовка вращается с окружной скоростью  $v_u$  и при продольной подаче бруска  $v_s$  и осциллирующего движения на величину  $l$  на обрабатываемой поверхности остается сетка скрещивающихся следов обработки.

К характерным особенностям суперфиниширования относятся: небольшая скорость резания, сложный путь движения каждого абразивного зерна, небольшое давление  $P$  абразивных брусков, незначительный нагрев обрабатываемой заготовки и продолжительность обработки. Обрабатываемая поверхность не шаржируется абразивными зернами, так как их давление на нее незначительно. Давление брусков при обработке заготовок из стали равно 0,1—0,3 МПа, чугуна 0,1—0,2 МПа, цветных сплавов 0,05—0,1 МПа. Окружную скорость заготовки  $v_u$  принимают равной 0,65—1,65 м/с.

Суперфиниширование ведут с обильным смазыванием, чтобы удалить образовавшуюся стружку и абразивные зерна и образовать тонкую масляную пленку для достижения высокой степени гладкости поверхности. В начале процесса, пока на поверхности имеются гребешки с исходной шероховатостью  $R_a = 1,25 \dots 0,32 \text{ мкм}$ , масляная пленка разрывается острыми вершинами этих гребешков и происходит срезание верхушек гребешков брусками. В конце процесса, когда гребешки будут сняты с обрабатываемой поверхности и она станет гладкой, вследствие незначительного давления брусков процесс резания прекращается. При суперфинишировании температура поверхности изготавливаемой детали повышается на 1°C.

На рис. 93 приведены схема наружного круглого суперфиниширования в центрах. На центровых суперфинишных станках могут обрабатывать детали в центрах, патроне, цанге и т. п.

#### Техническая характеристика станка 3871Б (рис. 94)

Заготовка, мм:	
наибольший диаметр . . . . .	280
наибольшая длина . . . . .	710
Число инструментальных головок, шт.	1
Частота осцилляции брусков, дв. ход/мин	500—2000
Ход бруска, мм . . . . .	3
Суперфинишная головка:	
перемещение, мм . . . . .	9—700
скорость, м/мин . . . . .	0,5—3

В станке гидравлическим приводом осуществляют продольное перемещение суперфинишной головки; подъем и опускание ее траверсы; подъем, опускание и прижим инструментального бруска и осцилляцию инструментального бруска. Гидравлическая система станка снабжена сдвоенным пластинчатым насосом.

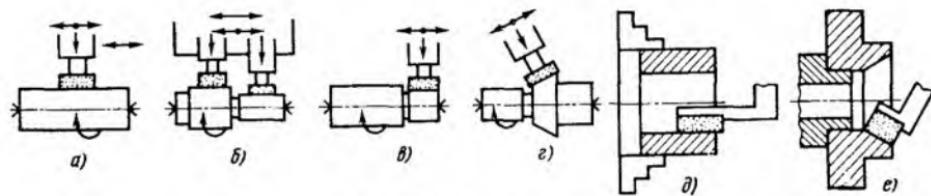


Рис. 93. Схема обработки:

*а* — гладких валов с продольной подачей; *б* — одновременно двух шеек с продольной подачей; *в* — коротких цилиндрических поверхностей врезанием; *г* — конических поверхностей врезанием; *д* — внутренних цилиндрических поверхностей; *е* — внутренних конических поверхностей

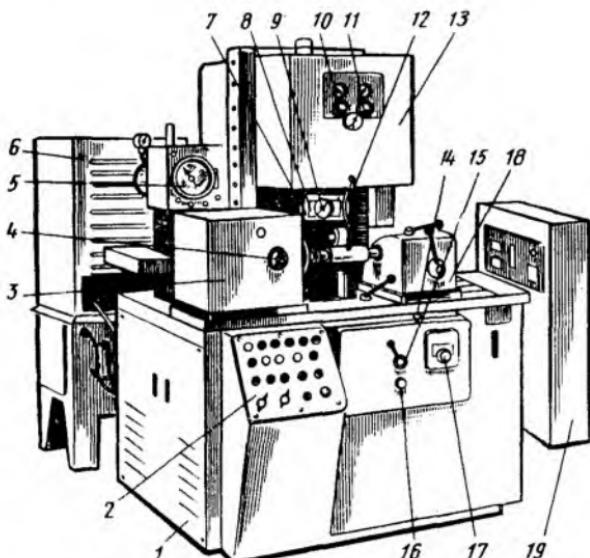


Рис. 94. Центровой суперфинишный станок 3871Б:  
*1* — станина; *2* — пульт управления; *3* — передняя бабка; *4* и *9* — тахометр; *5* — отсчетно-командное устройство; *6* — электрошкаф; *7* — механизм осцилляции; *8* — противовес; *10* и *11* — рукоятка для создания прижима абразивного бруска по манометру; *12* — инструментальная головка; *13* — суперфинишная головка; *14* — рукоятка для изменения направления суперфинишной головки; *15* и *16* — рукоятка включения продольной подачи; *17* — дроссель с регулятором; *18* — задняя бабка; *19* — насосная станция гидропривода станка

#### 4. СТАНКИ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Под ленточным шлифованием понимают шлифование шлифовальной лентой. Различают два вида ленточного шлифования: с контактной опорой и без нее. При ленточном шлифовании с контактной опорой прижим шлифовальной ленты к заготовке осуществляют специальным устройством, а при ленточном шлифовании — путем ее натяжения.

Ленточное шлифование применяют при плоском, наружном и внутреннем круглом шлифовании; обработке сложных фасон-

ных поверхностей (лопаток турбин, лопастей винтов и др.); обдирочном шлифовании со снятием большого припуска, снятием заусенцев и подготовке заготовок под покрытие; при полировании поверхности и т. п.

Шлифовальная лента — это гибкий абразивный инструмент. Тканевую или бумажную основу ее покрывают абразивными (алмазными) зернами, которые крепят kleem. Шлифовальные ленты изготавливают длиной 280—15 200 мм.

Ленточное шлифование имеет следующие преимущества: поверхность соприкосновения ленты с заготовкой значительно больше, чем со шлифовальным кругом, можно обрабатывать фасонные поверхности благодаря высокой эластичности и упругости ленты; скорость шлифования постоянна, процесс протекает плавно, без ударов, что позволяет работать со скоростью резания свыше 100 м/с; снижается стоимость обработки в 4—5 раз; не требуется шлифовщик высокой квалификации. Станки для ленточного шлифования проще станков с шлифовальными кругами, просты в обслуживании и занимают небольшую производственную площадь.

**Станок ХШ-185М** предназначен для шлифования корыт турбинных лопаток по копиру методом врезания. Одновременно шлифуют всю длину корыта; наибольшая длина шлифования 150 мм. Станок применяют в условиях массового производства и налаживают на обработку одной лопатки.

**Главное движение.** Абразивная лента 1 (рис. 95) охватывает шкивы 2...4 и копир 5. Ведущий шкив 3 получает вращение от электродвигателя через ряд ременных передач, обеспечивающих скорость движения ленты (скорость резания) в пределах 8—28 м/с. Постоянное натяжение абразивной ленты обеспечивают гидроцилиндром 6. В копире имеется отверстие, через которое подают воздух под давлением, для уменьшения трения ленты о копир.

**Обкаточное движение обрабатываемой лопатки.** Лопатку 7 устанавливают и закрепляют в приспособление на столе 8, который совершает возвратно-поступательное движение от двухскоростного электродвигателя М3, двухступенчатую ременную передачу 167/125 и 112/180, червячную передачу 2/76 и кривошипно-шатунный механизм. Таким образом, стол имеет четыре числа двойных ходов стола в минуту. На валу кассеты установлено зубчатое колесо  $z=80$ , находящееся в зацеплении с неподвижной рейкой 9, расположенной на задней стенке станины, поэтому при продольном перемещении стола, зубчатое колесо  $z=80$ , катясь по неподвижной рейке, сообщает кассете вращательное движение. Лопатка 7 совершает сложное движение, состоящее из возвратно-поступательного движения и вращательного. В итоге она совершает обкаточное движение.

**Механизм подач.** Вертикальное перемещение (подачу) ко-

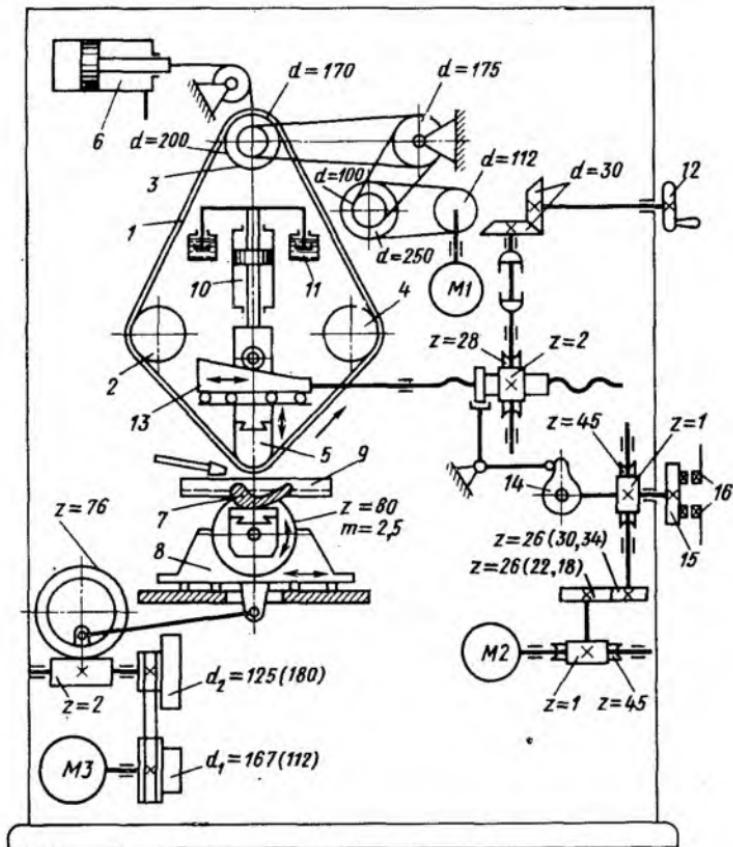


Рис. 95. Кинематическая схема станка ХШ-185М

пир 5 получает от горизонтального перемещения ползуна 13, имеющего верхнюю наклонную плоскость, которая, контактируя с роликом копира, обеспечивает вертикальное перемещение ползуна копира 5. В станке предусмотрены три различных вида механизмов вертикального перемещения копира 5, обеспечивающие автоматическую, ручную и ускоренную подачи.

Автоматическую или рабочую подачу копир 5 получает от асинхронного электродвигателя  $M_2$  через червячную передачу 1/45, гитару сменных зубчатых колес с числами зубьев 18, 22, 26, 30 и 34, настраиваемых в зависимости от материала обрабатываемых лопаток, вторую червячную передачу и кулачок 14, который через рычажный механизм перемещает гайку с ходовым винтом и ползун 13 в горизонтальном направлении.

Ручную подачу осуществляют маховичком 12 через конические зубчатые колеса 30/30, карданную передачу, червячную передачу

2/28. В ступице червячного колеса нарезана резьба, в которую ввинчивается ходовой винт, при вращении червячного колеса ходовый винт перемещает ползун 13 и тем самым сообщает вертикальное перемещение копиру 5. Ускоренное перемещение копира 5 вместе с образивной лентой 1 и лопаткой 7 осуществляют пневматическим цилиндром 10 с двумя гидравлическими демпферами 11.

Управление циклом работы станка производят барабаном 15, на котором установлены упоры, включающие или отключающие переключатели 16. По окончании цикла подача выключается и происходит процесс выхаживания, по окончании которого копир ускорено отводится пневматическим цилиндром от лопатки. На этом цикл обработки заканчивается.

---

## ГЛАВА VIII

---

### СТАНКИ ДЛЯ СКОРОСТНОГО И СИЛОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

#### 1. ОСОБЕННОСТИ СКОРОСТНОГО И СИЛОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

**Скоростное шлифование.** Шлифование со скоростью круга  $v = 60 \text{ м/с}$  и выше называют скоростным. При скоростном шлифовании увеличивается: период стойкости шлифовального круга, объем снимаемого металла, а следовательно, производительность шлифования, мощность, затрачиваемая на шлифование, выделение теплоты в зоне шлифования. Уменьшаются: силы резания, параметр шероховатости шлифуемой поверхности, время на выхаживание, отклонения размера и формы готовой детали.

Сравним станки ЗВ151А и МАЗИ151. Круглошлифовальный полуавтомат ЗВ151А предназначен для наружного врезного шлифования с окружной скоростью круга 35 м/с (размеры круга: диаметр 600 мм, высота 200 мм; максимальные размеры заготовки: длина 500 мм, диаметр 200 мм). Привод главного движения мощностью 13,5 кВт. На скоростном круглошлифовальном полуавтомате МАЗИ151 при тех же размерах заготовки шлифование осуществлялось кругом  $600 \times 150$  мм при скорости резания 60 м/с. Станок снабжен электродвигателем главного движения мощностью 45 кВт, т. е. в 8,5 раза больше. Наибольшая врезная подача на станке ЗВ151А 1,5 мм/мин, на станке МАЗИ151 20 мм/мин.

При повышении скорости шлифовального круга следует про-

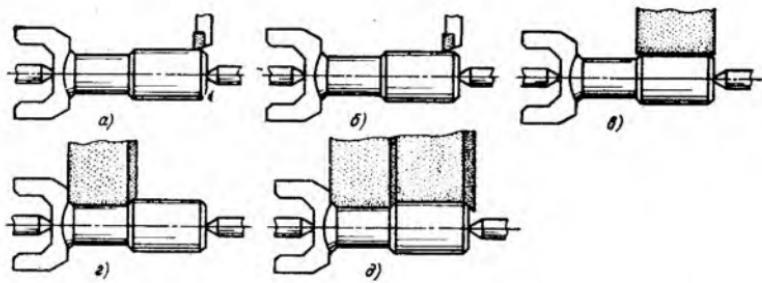


Рис. 96. Обработка карданного вала:

старый технологический процесс: а, б — обдирочное и чистовое обтачивание на токарно-копировальном станке 1722; в, г — шлифование на круглошлифовальном станке 3151А; новый технологический процесс: д — доработка на скоростном круглошлифовальном станке МАЗИ151

порционально увеличивать скорость заготовки для сокращения времени воздействия источника теплоты на заготовку и тем самым уменьшать возможность появления прижогов на поверхности шлифования. Оптимальным отношением скорости шлифовального круга и заготовки считается 50—60.

Приведем пример, показывающий эффективность применения скоростного шлифования (рис. 96). На круглошлифовальном станке МАЗИ151 при окружной скорости шлифовального круга 60 м/с происходит шлифование без предварительной обработки (по целому) промежуточного карданного вала. Заготовка его представляет собой поковку с припуском 10—12 мм на диаметр. Рис. 96 наглядно показывает преимущество нового технологического процесса, когда с одной установки происходит полная обработка карданного вала. При высокопроизводительном скоростном шлифовании без предварительной обработки профильных заготовок со снятием больших припусков правку шлифовального круга целесообразно проводить только алмазными роликами.

**Силовое шлифование** — это высокопроизводительный процесс обработки, дающий возможность в несколько раз увеличить интенсивность съема металла по сравнению с обычным шлифованием, что обеспечивает повышение производительности в 6 раз. При шлифовании отливок, имеющих твердую корку, окалину, понижение производительности не происходит. Обработка по твердой корке приводит к самозатачиванию круга и повышает режущую способность его.

Иногда силовое шлифование заменяет более эффективно такие виды обработки, как точение, фрезерование, при этом повышается точность и снижается параметр шероховатости поверхности по сравнению с обработкой лезвийным инструментом. При высокоскоростном шлифовании важное значение приобретают

вопросы снижения вспомогательного времени за счет автоматизации установки заготовок, правки шлифовального круга в цикле шлифования, автоматизации управления станком и т. д.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К СТАНКАМ ДЛЯ СКОРОСТНОГО И СИЛОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Станки для скоростного и силового шлифования должны иметь: повышенную мощность привода вращения шлифовального круга; повышенную скорость врезания (подача на глубину); большую жесткость и виброустойчивость; увеличенную частоту вращения заготовки или скорость продольного перемещения для плоскошлифовальных станков; устройство для балансировки круга на станке; желательно иметь бесступенчатое регулирование скорости шлифовального круга или, по крайней мере, две-три рабочие скорости; наименьшее время, затрачиваемое на измерение заготовки, правку круга, внедрение приборов активного контроля. Правку круга следует совмещать по времени с выгрузкой и загрузкой очередной шлифуемой заготовки, для сокращения времени правки целесообразно применять алмазные ролики.

С увеличением скорости и глубины шлифования повышается выделение теплоты в зоне шлифования. Поэтому необходимо: обеспечить обильное охлаждение; повысить давление СОЖ для предотвращения воздушных потоков (вокруг шлифовального круга, препятствующие поступлению СОЖ в зону обработки); оградить зону станка от возможного разрыва круга и от разбрызгивания СОЖ; обеспечить систему очистки СОЖ от шлама и стружки; применить установку для отсоса тумана (аэрозолей).

При высокоскоростном шлифовании особое значение приобретают вопросы техники безопасности. Прежде всего необходимо иметь шлифовальные круги, пригодные для работы с окружной скоростью до 80 м/с, что позволяет увеличить эффективность круглого, бесцентрового, плоского шлифования и др. и повысить качество шлифуемой поверхности.

Перед установкой на станках шлифовальные круги обязательно испытывают на прочность на стенах. По ГОСТ 12.2.001—74 шлифовальные круги для работы со скоростью, превышающей 40 м/с и имеющие наружный диаметр 30 мм и более испытывают при скорости, превышающей рабочую скорость в 1,5 раза.

Промышленность выпускает гамму станков (стендов) для испытания шлифовальных кругов на механическую прочность: СИП-200С, СИП-350С, СИП-500С, СИП-800С и СИП-1200С. В маркировке станка (стенда) цифрой обозначен наибольший диаметр шлифовального круга, который может быть испытан на нем.

### 3. СТАНКИ ДЛЯ СКОРОСТНОГО И СИЛОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Промышленностью выпускаются для скоростного и силового шлифования круглошлифовальные центровые станки моделей: ЗМ161ИЕ, ЗМ162И и МАЗИ151; торцокруглошлифовальные врезные полуавтоматы ЗТ161ИЕ, ЗТ160И и ХШ4-80; круглошлифовальные бесцентровые станки ЗМ184И, ЗМ185И и ЗШ184И; внутришлифовальный полуавтомат СШ-122; плоскошлифовальные станки ЗЕ740 с круглым столом и ЗЕ722 с прямоугольным столом.

**Круглошлифовальный центровой полуавтомат МАЗИ151** предназначен для скоростного и силового шлифования цилиндрических заготовок методом врезания при крупносерийном и массовом производстве. Спереди станка установлен вертикальный щит, закрывающий зону шлифования и защищающий шлифовщика от брызг СОЖ. Съем готовой детали и установка заготовки осуществляются через окно в щите. Перед началом работы окно автоматически закрывается.

Главный электродвигатель установлен рядом со станком на отдельном фундаменте, что благоприятно отражается в точности обработки. С целью увеличения жесткости станка передняя и задняя бабки установлены на станке. Для устранения конусности изготавляемой детали центр в пиноли задней бабки установлен с эксцентрикситетом 2 мм. Поэтому устранения конусности достигают путем смещения центра при повороте пиноли. В качестве опор шлифовальной бабки применены гидродинамические подшипники ЛОН-88 жидкостного трения.

На рис. 97 показана шпиндельная бабка, шпиндель которой приводят во вращение от шкива клиноременной передачи 4, смонтированной на втулке 3, прикрепленной болтами к корпусу бабки 2, и далее посредством муфты 5 движение передается на шпиндель 1, который при этом не подвергается изгибу, а воспринимает только крутящий момент. Это увеличивает точность изготавливаемых деталей.

Непрерывная автоматическая подача осуществляется от шагового электродвигателя, управление которым происходит от однокоординатной системы ЧПУ. Цифровая индикация на пульте управления дает возможность вести наблюдение за ходом обработки. Приборы для правки шлифовального круга обеспечивают правку круга алмазом по копиру, а также алмазным роликом.

Баки гидросистемы, со смазочным материалом и СОЖ вынесены из станка. СОЖ подается в зону шлифования под давлением 0,3—0,4 МПа. Компоновка и конструкция станка обеспечивают высокую виброустойчивость и жесткость, а следовательно, и высокую производительность и точность. На станке получают отклонение от круглости шеек 1,6—2 мкм и  $R_a=0,63 \dots 0,32$  мкм.

**Торцокруглошлифовальный врезной полуавтомат ХШ4-80**

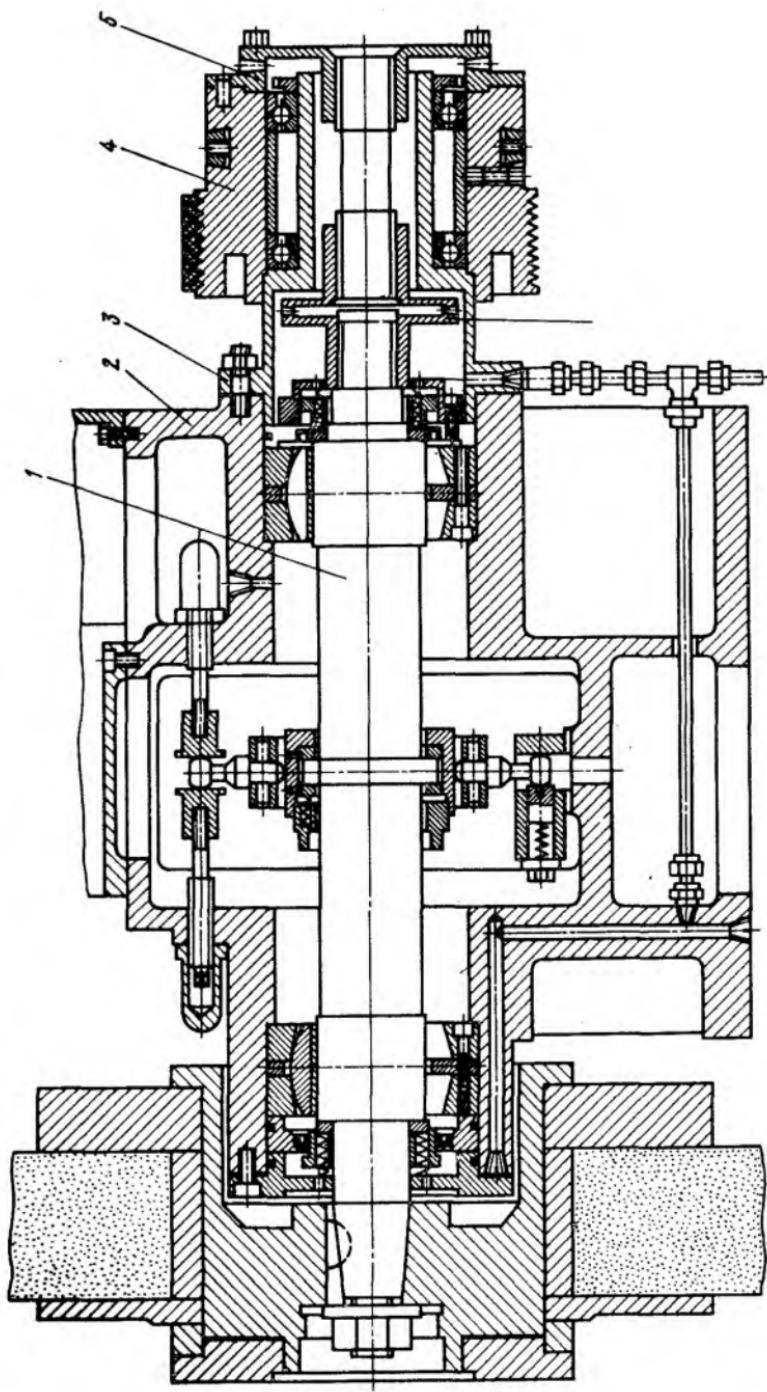


Рис. 97. Шпиндель скоростного круглошлифовального станка МАЗИ 151

предназначен для скоростного и силового шлифования заготовок по целому (с припуском по диаметру до 7 мм) при крупносерийном и массовом производстве.

На рис. 98 показана кинематическая схема торцокруглошлифовального станка ХШ4-80, состоящая из передней бабки 1, шлифовальной бабки 2, механизма быстрого подвода 3 шлифовальной бабки, прибора правки 4, задней бабки 5.

На торцошлифовальных станках направляющие шлифовальной бабки расположены к направляющим стола под углом  $63^{\circ}26'$ . Станок имеет кожух, закрывающий весь станок. Съем готовой детали и установка заготовки происходит через окно в передней стенке кожуха, которое автоматически открывается по окончании цикла шлифования. На станке установлены два прибора активного контроля, которые следят за размером заготовок. По разности показаний дается команда на выведение конусности путем смещения центра задней бабки. Механизм поперечных подач состоит из шагового электродвигателя с гидравлическим усилителем, управляемым от однокоординатной системы ЧПУ. Механизм поперечных подач обеспечивает следующие движения шлифовальной бабки: автоматические врезные подачи: форсированную, обдирочную, чистовую и доводочную; быстрый перегон по винту, компенсацию износа шлифовального круга при правке; подналадку на размер. Подачу и величину компенсации износа шлифовального круга при правке набирают декадными переключателями. Правка шлифовального круга осуществляется алмазным роликом.

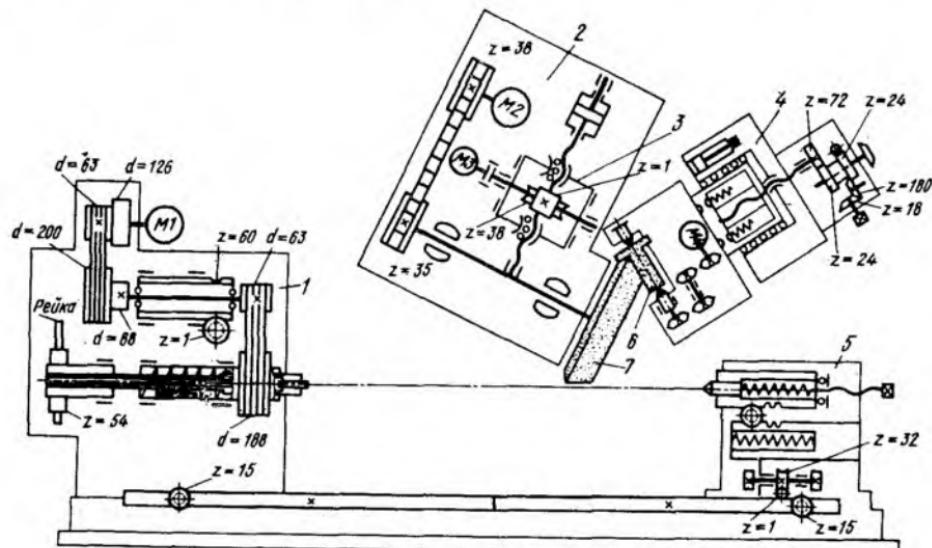


Рис. 98. Кинематическая схема станка ХШ4-80

Станок гидрофицирован; гидравлическое управление станком сосредоточено в агрегате, вынесенном из станка (насос, аппаратура управления циклом работы станка и установка для стабилизации температуры масла); бак с СОЖ также расположен отдельно от станка; очистка ее проводится блоком гидроциклонов. Для отвода теплоты СОЖ подают в зону шлифования под давлением 980 кПа в количестве 200 л/мин.

Передняя бабка получает вращательное движение от электродвигателя  $M_1$  посредством двухступенчатой шкивной передачи 63/200 или 126/88 и далее через ременную передачу 63/188. Частота вращения заготовки (ступенчатая) от 90 до 800 об/мин.

Шлифовальная бабка сообщает вращательное движение шлифовальному кругу 7 от электродвигателя  $M_2$  (скорость вращения круга 60 м/с).

Механизм поперечных подач установлен на шлифовальной бабке и состоит из шагового двигателя  $M_3$  с гидроусилителем. Шаговый двигатель за один оборот делает 240 шагов. Один шаг сообщает перемещение шлифовальной бабки по направляющим  $p = \frac{1}{240} \cdot \frac{1}{38} \cdot 10 = 0,00109645$  мм или 1,09645 мкм. Таким образом, двигатель обеспечивает подачу круга перпендикулярно к оси заготовки на величину  $a_{\text{шр}} = 1,09649 \sin 63^\circ 26' = 1$  мкм. Вращение алмазного ролика 6 обеспечивают электродвигателем  $M_4$ .

---

## ГЛАВА IX

---

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Для обеспечения шлифования заготовки необходимо ввести ее в зону обработки, зажать в центрах (патроне), подвести шлифовальный круг, а после обработки отвести круг и снять деталь со станка. Следовательно, требуются движения, обеспечивающие условия для выполнения рабочих движений. Как рабочие, так и вспомогательные движения осуществляют в определенной последовательности. Управление операцией сводится к подаче команд на начало операции, начало и конец каждого движения, изменение направления и скорости согласно принятой программе.

Автоматизированный станок — это станок, на котором меха-

низированы основные и вспомогательные операции, т. е. цикл обработки осуществляется без участия рабочего.

**Цикл шлифования** — состоит из операций загрузки, обработки, разгрузки, контроля и управления.

**Загрузка** обеспечивает захватывание заготовки загрузочным приспособлением из емкости, транспортирование ее в зону обработки, ориентирование, установку и закрепление.

**Обработка** состоит из включения станка, быстрого подвода круга, ускоренной подачи, рабочей подачи, выключения подачи, отвода бабки и выключения станка.

**Разгрузка** включает открепление, захват, транспортирование обработанной заготовки.

**Контроль** состоит из измерения готовой детали, подналадки и правки шлифовального круга.

**Управление** — это обеспечение установленного цикла и режимов обработки.

## 2. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Автоматическую загрузку штучных заготовок целесообразно применять в крупносерийном и массовом производстве, так как загрузочное устройство предназначено для конкретной заготовки. На рис. 99 показаны загрузочные устройства для штучных заготовок: магазинные (рис. 99, а), штабельные (рис. 99, б) и бункерные (рис. 99, в). Магазинные загрузочные устройства (магазины) применяют тогда, когда заготовки имеют сложную форму и автоматическое ориентирование их затруднено. Заготовки загружают вручную.

Штабельные загрузочные устройства отличаются от магазинных наличием полос, на которые рабочий укладывает

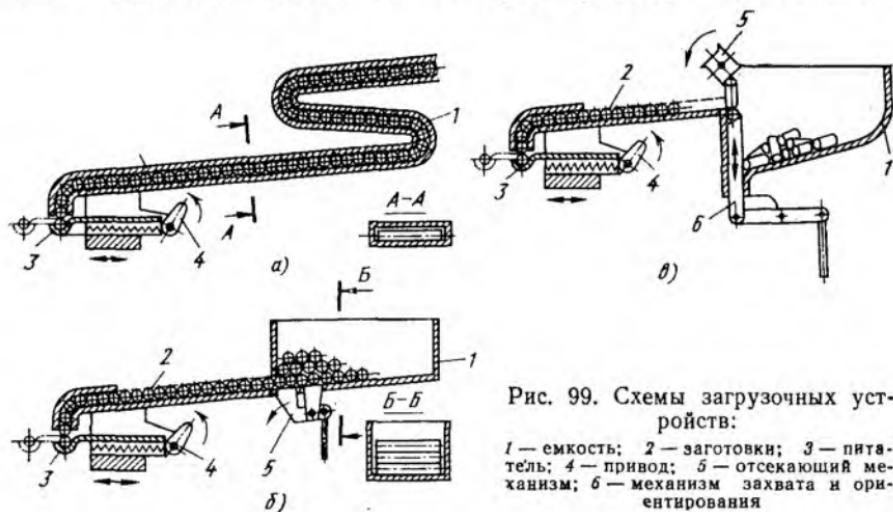


Рис. 99. Схемы загрузочных устройств:

1 — емкость; 2 — заготовки; 3 — питатель; 4 — привод; 5 — отсекающий механизм; 6 — механизм захвата и ориентирования

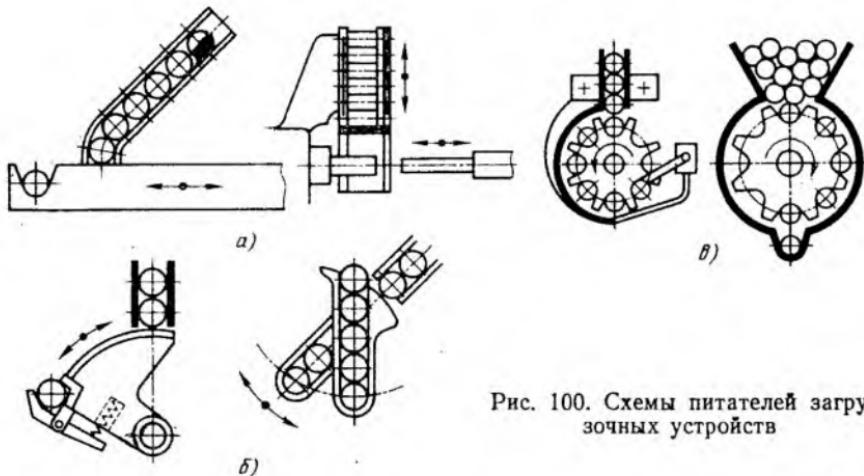


Рис. 100. Схемы питателей загрузочных устройств

заготовки в определенном порядке. Бункерные устройства представляют собой бункера, в которые навалом засыпают заготовки. Бункер и магазин являются емкостью для накопления запаса заготовок около станка. Различие между ними состоит в том, что бункер заготовки загружают навалом, а в магазин их подают предварительно ориентированными в нужном положении.

**Питатели автоматических загрузочных устройств** предназначены для подачи штучных заготовок из магазина в ориентированном положении в зажимное приспособление или в зону шлифования (на бесцентровых и плоскошлифовальных станках). Перемещение питателя жестко связано с кинематикой станка и входит в цикл его работы.

На рис. 100 показаны схемы питателей автоматических загрузочных устройств. В зависимости от движения звена, перемещающего заготовку, различают питатели с возвратно-поступательным (рис. 100, а), возвратно-качательным (рис. 100, б), вращательным (рис. 100, в) движениями. Приводы питателей могут быть механическими, пневматическими, гидравлическими и электромеханическими.

**Отсекатели автоматических загрузочных устройств** применяют для отделения заготовки от общего потока заготовок. Они работают синхронно с питателем загрузочного устройства. По конструкции отсекатели делят на движковые, штифтовые, кулачковые, барабанные, дисковые.

На рис. 101 приведены схемы отсекателей для поштучной выдачи заготовок из лотков загрузочных устройств. Движковый отсекатель (рис. 101, а) имеет шток 1, который, перемещаясь влево, передвигает одну заготовку из лотка 3 в лоток 2, придер-

живая при этом остальные заготовки, находящиеся в лотке.

Отсекатель штифтовой двойного действия (рис. 101, б) состоит из двух штифтовых отсекателей 1 и 3, которые последовательно заходят в отверстия лотка 2. Отсекатель 1, выйдя из отверстия лотка, пропускает нижнюю заготовку из лотка 2 в зажим питателя; а отсекатель 3, находясь в лотке, удерживает от перемещения все выше расположенные заготовки в лотке 2. Отсекатели 1 и 3 подвижно закреплены на осях в рычаге 5, который получает качательное движение около оси 4 посредством отростка 6 и тем самым сообщает возвратно-поступательное движение отсекателям 1 и 3.

На рис. 101, в приведен штифтовой качающийся отсекатель. Штифтовые отсекатели 1 и 5 расположены с разных сторон лотка 2 и закреплены на качающемся вильчатом рычаге 4 на оси 3. Нажимом подвижной части станка на плечо рычага 4 последний поворачивается вокруг оси 3, и отсекатель 5, войдя в лоток, задерживает расположенные выше заготовки, а отсекатель 1, выйдя из лотка, выдает из него одну заготовку в питатель.

На рис. 101, г показан кулачковый отсекатель. Два кулачка 1 и 2 установлены на оси 4 со смещением по отношению друг к другу. При возвратно-качательном вращении кулачков 2 и 1

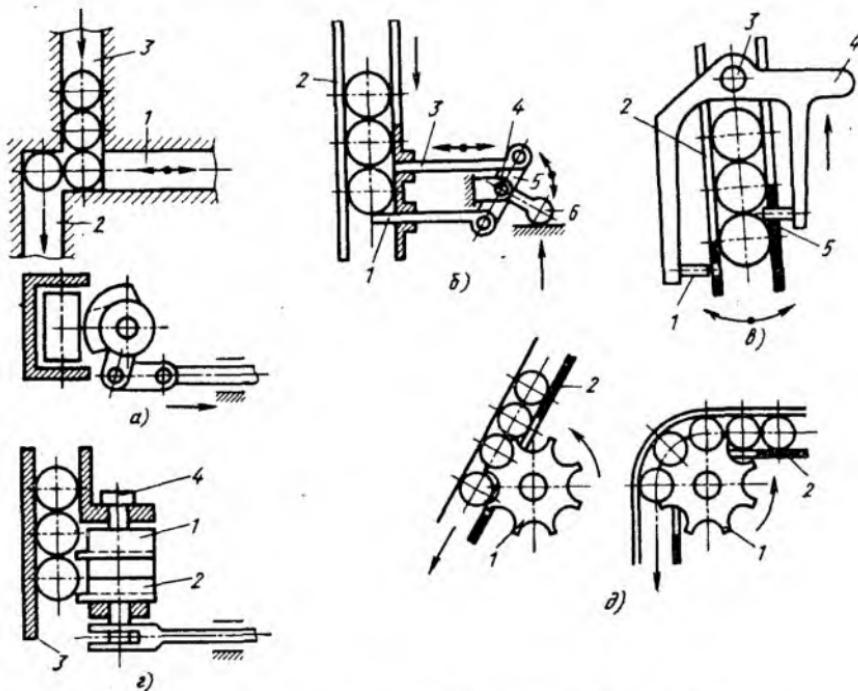


Рис. 101. Схемы отсекателей загрузочных устройств

кулачок 2 выдает очередную заготовку в питатель, а кулачок 1 удерживая остальные заготовки в лотке 3. При последующем качательном вращении кулачков 1 и 2 кулачок 1 выдает очередную заготовку в питатель, а другой кулачок удерживает остальные в лотке.

На рис. 101, д приведены барабанные отсекатели. Они имеют барабан или диск 1 с гнездами, форма которых зависит от формы заготовок. Барабанный или дисковый отсекатель при перемещении заготовок вращаются от привода. При повороте барабанного или дискового отсекателя на некоторый угол заготовка, которая запала из лотка 2 в его гнездо, отделяется от остальных заготовок и подается в питатель; оставшиеся заготовки удерживаются отсекателем в лотке.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

В простейшем случае система автоматического управления состоит из трех основных элементов: датчика, преобразователя импульсов и исполнительного органа.

Датчик — это чувствительный элемент, создающий первоначальный импульс при воздействии на него задатчика. Задатчик является раздражителем и служит причиной возникновения сигнала — информации. В качестве задатчика могут быть использованы устройства механического нажима движущейся части станка, вращающаяся шайба с кулачками, устройство изменения давления рабочей среды и т. д.

Датчики бывают путевые, размерные, силовые и скоростные. В путевых датчиках импульс возникает в результате наезда движущихся частей станка на конечные выключатели или с помощью кулачковой системы в заранее заданный момент; в размерных — когда обрабатываемая поверхность достигнет заданного размера; в силовых — когда силы, действующие в механизмах станка, достигнут заданного значения; в скоростных — когда скорость движения в результате ее изменения достигнет заданного значения. По характеру возникновения импульсов датчики делят на механические, электрические, фотоэлектрические, пневматические и гидравлические.

Импульсы, создаваемые датчиками, могут быть использованы для усиления, ослабления, замедления и преобразования сигналов (например, электрического в гидравлический или пневматический). Исполнительный орган станка — это механизм, выполняющий заданную работу. Он может быть механическим, электрическим, электромеханическим, гидравлическим и пневматическим.

Электроконтактные датчики предназначены для замыкания электрических цепей управления при достижении рабочим органом станка заданного положения.

На рис. 102, а показана схема путевого выключателя с размыканием контактов, имеющего одну пару 5 замыкающих и одну пару размыкающих контактов, которые замыкаются мостком 4. Движущийся рабочий орган станка в конце хода нажимает на шток 2, который пружинами на штоке перемещает мостик 4 и производит переключение выключателя; контакты 1 размыкаются, а контакты 5 замыкаются. В начале обратного хода рабочего органа шток 2 пружиной 3 возвращается в исходное положение переключатель; контакты 1 замыкаются, а контакты 5 размыкаются. Эти переключатели применяют при скоростях перемещения рабочих органов станка свыше 0,4 м/мин, так как при малых скоростях контакты быстро разрушаются из-за появления длительно действующей в момент размыкания электрической дуги.

При меньших скоростях применяют переключатели моментные (рис. 102, б) или с перекидным механизмом, который обеспечивает быстрое размыкание контактов и значительно сокращает длительность горения дуги. Переключение выключателя осуществляется с помощью упора, движущегося на ролик 8 слева направо и поворачивающего рычаг 7. Мостик 1 поочередно замыкает две пары контактов 2 и 12 на рычаге 3, который пово-

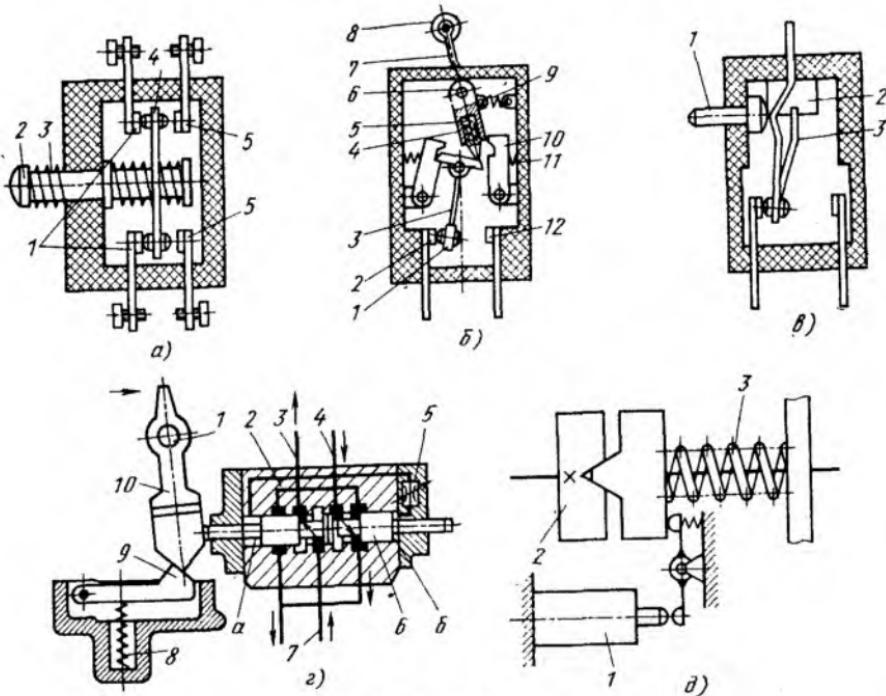


Рис. 102. Схемы датчиков

рачивается с рычагом 7. Плунжер 4 в пазе рычага 7 пружиной 5 поворачивает рычаг 3. При положении рычага 7, показанном на рис. 106, б, рычаг повернут так, что мостик 1 замыкает пару контактов 2. При этом рычаг 3 удерживается левой собачкой 10 и пружиной 11.

При повороте рычага 7 на оси 6 по часовой стрелке плунжер 4, скользя по полке рычага 3, поворачивает его, предварительно отведя собачку 10; контакты 2 размыкаются, а контакты 12 замыкаются. После поворота рычаг 3 удерживается в крайнем положении собачкой 10. После снятия усилия, приложенного со стороны рабочего органа к рычагу 7, он пружиной 9 возвращается в исходное положение, показанное на рисунке.

На рис. 102, в приведена схема микропереключателя. В исходном положении под действием изогнутой плоской пружины 3, одним концом жестко закрепленной в корпусе выключателя, замкнута левая пара контактов. При наезде рабочего органа на штифт 1 он перемещается вправо и нагружает (изгибает) плоскую пружину 2, которая отгибаet пружину 3 вправо, что приводит к размыканию левой пары контактов и замыканию их правой пары. При снятии усилия, приложенного к штифту 1 со стороны рабочего органа, выключатель пружинами 2 и 3 возвращается в исходное положение. Микропереключатели срабатывают при перемещении рабочего органа на 0,5—0,7 мм.

**Гидравлический путевой датчик** (рис. 102, г). В положении, показанном на рисунке, пружина 8 рычагами 9 и 10 отжимает плунжер в крайнее правое положение. Масло от насоса проходит по трубопроводу 7 в канал 3, и подвижная часть станка движется вправо. При наезде упора на подвижную часть стола рычаг 10 занимает вертикальное положение, пружина 8 рычагом 9 продолжает его поворот, и плунжер 6 оказывается в крайнем левом положении. Масло из трубопровода 7 направляется в канал 4, и подвижная часть станка перемещается влево. Плавное изменение направления обеспечивают тем, что полости *a* и *b* золотника со стороны правого и левого торцов плунжера 6 соединены каналом 2, в который включен дроссель 5. Регулируя дроссель изменяют продолжительность переключения золотника.

**Силовые датчики** обеспечивают создание управляющих сигналов в зависимости от сил, возникающих в рабочих органах. На рис. 102, д показан электромеханический силовой датчик, представляющий собой кулачковую муфту 2 со склоненными зубьями, замыкающуюся пружиной 3. Пружина 3 настроена на заданный крутящий момент. Правая полумуфта сидит на валу на скользящей шпонке. При возникновении на валу крутящего момента, большего, чем способна передать правая полумуфта, она, преодолевая силу нажатия пружины, начинает перемещаться слева направо и тем самым через рычаг на микропереключатель 1, вызывая его срабатывание.

Для выполнения команд управления (пуск и останов станка, переключение перемещения стола или золотника и т. д.) применяют электрические, магнитные и пневматические механизмы.

**Электромагниты** — широко применяемые устройства, преобразующие электрические сигналы датчиков в механические перемещения для управления гидравлическими и пневматическими механизмами.

#### 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Значительная часть времени рабочего цикла на шлифовальных станках (16—30% вспомогательного времени) затрачивается на измерение заготовок, поэтому автоматизация измерения — важная часть автоматизации изготовления деталей. Управлять работой станка можно только тогда, когда надежно контролируются параметры заготовок. Автоматизация контрольных операций предназначена для повышения производительности в результате устранения остановок станка для ручных измерений заготовок; предотвращения появления брака и автоматизации управления шлифованием.

В машиностроении применяют два метода контроля размеров заготовок: технологический (активный) и послеоперационный (пассивный). Активный контроль повышает производительность труда шлифовщика, предупреждает появление брака и снижает себестоимость.

Приборы для активного контроля размеров заготовок работают по методам прямого или косвенного измерения. При методе прямого измерения чувствительный элемент находится в контакте с поверхностью заготовки. При методе косвенного измерения чувствительный элемент системы с обрабатываемой поверхностью не контактирует. Необходимый размер заготовки получают путем измерения перемещения исполнительного органа, несущего шлифовальную бабку. На универсальных шлифовальных станках большое применение находят сравнительно несложные измерительные приборы и устройства. Рассмотрим некоторые из них.

**Индуктивный датчик** (рис. 103) в отличие от электроконтактных является бесконтактным. При изменении контролируемого размера заготовки 1 шток 2 перемещает якорь 3 на гибкой пружине 4. Измерительную силу штока обеспечивает пружина 5. Перемещение штока вызывает подъем или опускание якоря, помещенного между катушками 6 и 7, которые включены в электрическую схему, представляющую электрический мост. При приближении якоря к какой-либо катушке ее реактивное сопротивление возрастает, а реактивное сопротивление другой катушки, от которой якорь удаляется — уменьшается. Например с пере-

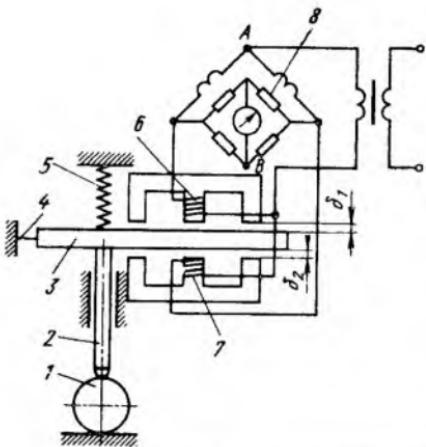


Рис. 103. Схема индуктивного датчика

мещением штока вниз якорь приближается к сердечнику катушки 7 и удаляется от сердечника катушки 6, поэтому увеличивается зазор  $d_1$  и уменьшается зазор  $d_2$ . Такое перемещение якоря со штоком изменяет индуктивность катушек 6 и 7, что приводит к нарушению баланса моста и появлению в отсчетном устройстве 8 тока, который пропорционален перемещению штока. В том случае, когда якорь датчика занимает среднее положение, мост находится в равновесии и ток в диагонали моста между точками А и В отсутствует.

#### Питание индуктивного дат-

чика осуществляют переменным током через трансформатор и стабилизатор напряжения. Индуктивные датчики просты по конструкции, надежны в работе и обеспечивают малую погрешность измерений. Для управления циклом шлифования сквозных цилиндрических отверстий на внутришлифовальном станке применяют **устройства с жесткими калибрами** (рис. 104).

Через шпиндель соосно с отверстиями заготовки 15 проходит шток 3, на котором закреплен двухступенчатый калибр-пробка.

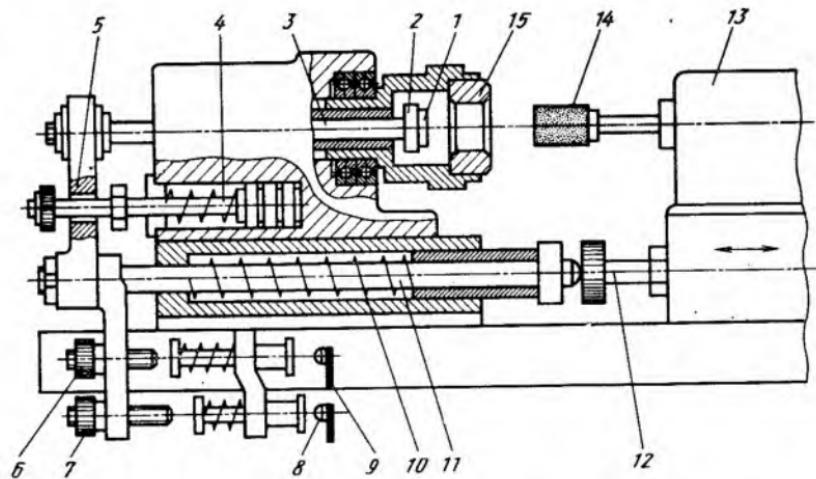


Рис. 104. Схема подналадочной системы на бесцентрово-шлифовальном станке

Диаметр первой ступени калибра 1 меньше диаметра второй ступени 2 на величину припуска. Диаметр второй ступени соответствует окончательному размеру шлифуемого отверстия. При шлифовании круг 14 входит в отверстие, а регулируемый упор 12 на шлифовальном суппорте 13 нажимает на стержень 11 и отводит его влево вместе с траверсой 5 и калибром-пробкой. При каждом обратном ходе суппорта пружина 10 возвращает вправо калибр 1, и он стремится войти в шлифуемое отверстие. Потребуется несколько двойных ходов, чтобы калибр 1 зашел в шлифуемое отверстие. Когда он входит в отверстие, подвижный контакт 6 замыкает электрический контакт 9 и выдается команда на автоматическую правку круга, по окончании которой начинается чистовое шлифование. Потребуется еще несколько двойных ходов круга, прежде чем войдет в отверстие вторая ступень калибра (большая); при этом замкнутся контакты 7 и 9 и поступит команда на окончание обработки. Калибр отводят в исходное положение гидроцилиндром 4.

Преимущества устройства: простота электрической схемы; нечувствительность к вибрациям отжима шпинделя и малые размеры измерительной оснастки. Область применения жесткого калибра ограничивается отверстиями диаметром 5—80 мм.

**Для активного контроля в бесцентрово-шлифовальных станках** применяют два основных метода контроля заготовок: после обработки с выдачей команды на подналадку станка; в процессе обработки с выдачей команды на прекращение обработки при достижении установленного размера заготовки. Первый метод контроля применяют при шлифовании заготовок напроход, а второй — при шлифовании заготовок врезанием.

На рис. 105 приведена схема, по которой заготовка 2 по выходе из зоны шлифования при обработке напроход или выгрузке приспособлением подается на позицию измерения подналадчика 4. По мере изнашивания круга размеры заготовок увеличиваются и приближаются к верхнему пределу поля допуска. При достижении установленной границы подналадки прибор 3 подает команду. Электрический сигнал поступает в электромагнит, управляющий работой храпового механизма 1. Храповое колесо и связанный с ним ходовой винт поворачиваются, и шлифовальная бабка перемещается на расстояние, задаваемое подналадочным импульсом. В случае шлифования врезанием смещается упор, ограничивающий ход шлифовальной бабки.

На рис. 106, а приведена схема

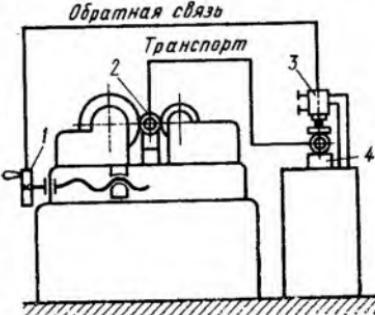


Рис. 105. Схема устройства с жесткими калибрами

бесконтактного прибора, предназначенного для плоскошлифовальных станков с круглым и прямоугольным столами. Над столом 1 с закрепленными на нем заготовками 2 в кронштейне находится корпус измерительного устройства 4 с измерительным соплом 3 для выхода сжатого воздуха. В измерительное устройство 4 через стабилизатор давления 13 по шлангу подают сжатый воздух. Другим шлангом устройство соединено с выходом отсчетного устройства 12. Размер заготовки 2 определяет зазор между торцом сопла и шлифуемой поверхностью. Сопло измерительного устройства может иметь зазор до 0,45 мм. Если припуск на обработку заготовки может быть больше заданного зазора, измерительное устройство закрепляют винтом 11 на 1—5 мм и опускают после снятия части припуска. Подъем и опускание устройства осуществляют рукояткой 7 через кулак 6, который воздействует на планку 5, подвешенную на плоских пружинах 9 к корпусу 8. Грубую наладку осуществляют перемещением всего устройства по направляющим 10 относительно станины станка, а тонкую — винтом 11, который перемещает планку 5 с измерительным устройством 4 относительно корпуса 8. Этим прибором контролируют прерывистую поверхность.

Для компенсации износа круга необходима подналадка. Она требует от рабочего навыков в обеспечении малых перемещений. Для уменьшения времени на подналадку применяют **автоматическую подналадку**.

На рис. 106, б приведена схема подналадчика двухшпиндель-

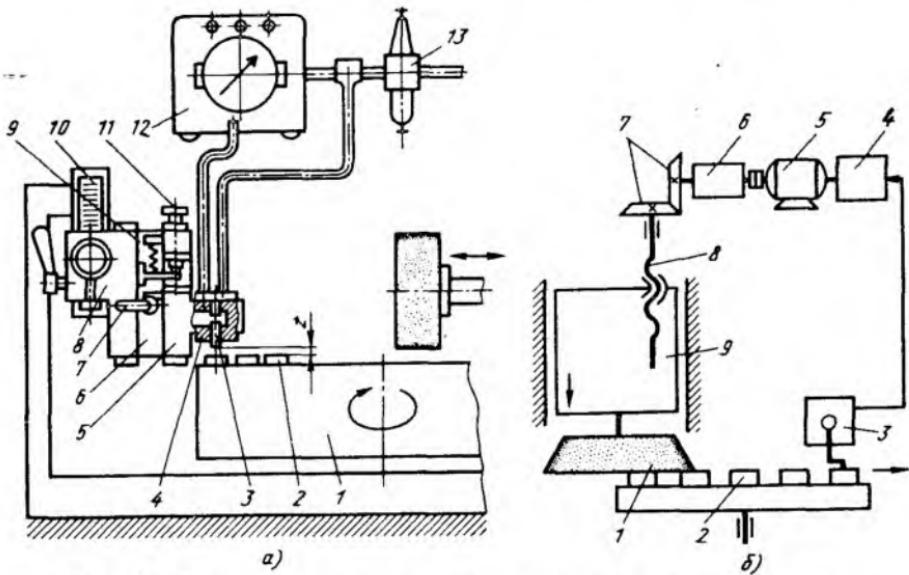


Рис. 106. Схемы подналадки систем на плоскошлифовальном станке

ного станка. Прошлифованные заготовки 2 при вращении круглого стола станка попадают под измерительное устройство 3, наконечник которого контактирует с обработанной поверхностью. По мере изнашивания круга 1 высота шлифуемых заготовок возрастает. Когда размер заготовок становится равным подналадочному размеру, измерительное устройство 3 срабатывает и выдает команду на подналадку. Команда, выданная датчиком, поступает в усилитель сигнала 4, а затем в пускатель, включающий электродвигатель 5, от которого через редуктор 6, коническую передачу 7 и винт 8 перемещение передается шлифовальной бабке 9. Величину перемещения шлифовальной бабки определяют в зависимости от времени вращения электродвигателя с помощью реле времени.

Скорость перемещения шлифовальной бабки регулируют сменными колесами в пределах 0,05—0,2 мм/мин для получения подналадочного импульса.

## 5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

**Промышленный робот (ПР)** — это стационарная или передвижная автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства управления для выполнения двигательных и управляющих функций при обработке.

Исполнительное устройство выполняет двигательные функции, рабочий орган является составной частью исполнительного устройства для выполнения технологических операций и (или) вспомогательных переходов. Управление ПР осуществляют по управляющей программе. Программное управление ПР может быть цикловое, позиционное, контурное, адаптивное.

ПР могут быть выполнены в одной из следующих систем: прямоугольной, цилиндрической, сферической и угловой.

В прямоугольной системе (рис. 107, а) перемещение исполнительного устройства ПР происходит по трем координатным осям; в цилиндрической системе (рис. 107, б) — поворот вокруг вертикальной оси, перемещение вдоль двух осей координат, в сферической системе (рис. 107, в) — повороты и вращения вокруг трех осей координат и перемещение вдоль вертикальной оси. Угловая система (рис. 107, г) характеризуется наклоном исполнительного устройства, что дает возможность поворотом стойки менять горизонтальное положение.

Приводы ПР могут быть гидравлическими, пневматическими, электрическими и комбинированными. ПР, как правило, располагают в передней части станка на месте оператора, и он выполняет его функции. Большую часть движений ПР осуществляет при обработке заготовки. После установки заготовки в зоне шлифования ПР перемещается к месту складирования заготовок; один из

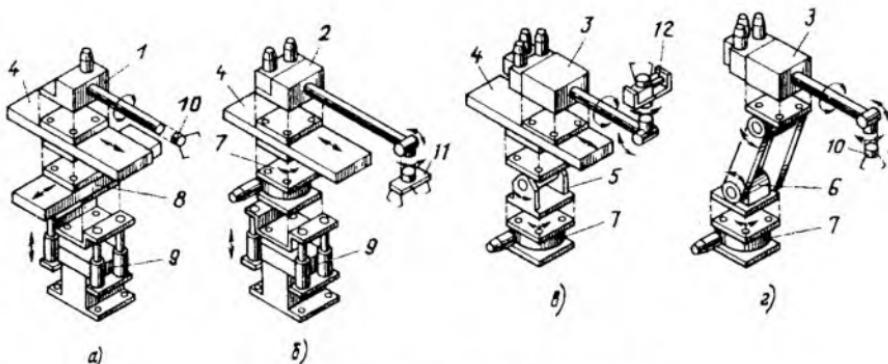


Рис. 107. Схемы электромеханических ПР:

1...3 — руки соответственно с одной, двумя и тремя степенями подвижности; 4 — модуль радиального хода; 5 — модуль качания; 6 — модуль двойного качания; 7 — модуль поворота; 8 — модуль сдвига; 9 — модуль подъема; 10 — захват; 11 — сдвоенный захват; 12 — захват со сдвигом

захватов исполнительного устройства выбирает заготовку и переносит ее в зону обработки. По окончании шлифования деталь выгружается из зоны обработки вторым захватом исполнительного устройства и новая заготовка вводится в зону обработки. Под конструктивным модулем понимают функционально и конструктивно независимую единицу, которую используют как индивидуально, так и в различных комбинациях с другими модулями. Модуль представляет собой автономную систему, состоящую из приводных устройств и средств управления.

ПР включает: стационарное основание в виде тележки; модули сдвига, подъема, поворота качания, радиального хода; три модификации рук с головками, имеющими от одной до трех степеней подвижности; модуль двойного поворота — плечо руки с двумя подвижными шарнирами. Автономные устройства соединяются между собой с помощью стыковых поверхностей и разъемов и имеют входные и выходные разъемы. В качестве привода используют электродвигатели постоянного тока.

## 6. МЕХАНИЗАЦИЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ

На заводах широко применяют универсальные транспортные средства периодического действия: электрокары, электротали и краны.

**Электрокары** применяют для транспортирования грузов грузоподъемностью 0,75—5 т. Электрокары выпускают с неподвижной грузовой платформой и низким подъемным краном для самопогрузки.

**Электроталь** представляет собой электрический подъемник с двигателем, установленный на ходовой тележке. Он перемещает-

ся по однорельсовому подвесному пути (монорельсу). Электротали снабжены крюком и кнопочной станцией управления. Кроме электропривода они могут иметь пневмопривод, а иногда и ручной привод.

**Мостовой кран** представляет собой металлическую ферму, которая опирается катками на рельсы, положенные вдоль цеха на выступах стен или колонн. Для обеспечения необходимых условий работы над станками устанавливают индивидуальные кранбалки или монорельсы с подвижным подъемным устройством — тельфером.

В цехах крупносерийного и массового производства применяют транспортные средства: скаты, склизы, конвейеры.

**Скаты и склизы** применяют для передачи заготовок от одного рабочего места к другому, а в автоматических линиях — для передачи заготовок от станка к станку. Конструктивно их выполняют в виде наклонных желобов, внутренняя форма которых соответствует форме заготовки.

**Роликовые конвейеры** изготавливают в виде роликовых столов, которые располагают вдоль рабочих мест или отдельными секциями между соседними рабочими местами. Обычно раму конвейера укрепляют на стойках на полу цеха, в верхней части которой устанавливают свободно вращающиеся ролики, по которым перемещаются заготовки.

**Подвесной цепной конвейер** — бесконечный рельс, по которому бесконечной цепью приводят в движение приводом небольшие тележки с подвесками для груза. Рельс подвешивают к фермам, колоннам, а иногда и к стенам здания.

## 7. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ (АЛ)

Комплексная автоматизация производства характеризуется широким применением АЛ, представляющих собой систему взаимосвязанных станков и вспомогательных устройств, производящих обработку заготовок согласно установленному технологическому процессу. Эта обработка осуществляется без вмешательства рабочего, но она нуждается в контроле, наладке и уходе со стороны обслуживающего персонала. Число станков и структура АЛ определяются технологическим процессом обработки. АЛ дают возможность увеличить производительность оборудования и труда. Число станков и производственные площади сокращаются в 1,5—2 раза, число рабочих в 5—8 раз.

Особенности АЛ: к заготовке предъявляются высокие требования для обеспечения стабильности обработки; значительная затрата времени на переналадку линии с одного вида обработки заготовок на другой; квалификация обслуживающего персонала должна быть высокой.

АЛ, предназначенная для обработки клапанов двигателей

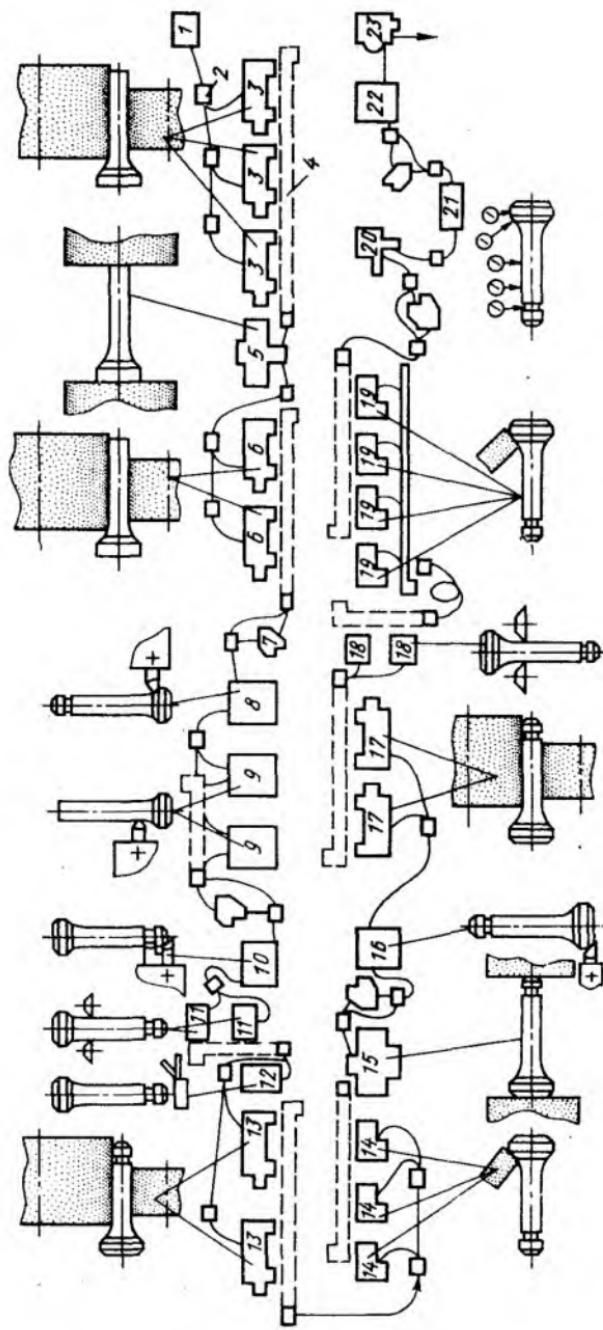


Рис. 108. Схема АЛ

внутреннего сгорания (рис. 108) дает возможность после переналадки обрабатывать клапаны с диаметром тарелки 22,5—60 мм, диаметром стержня 5—15 мм, длиной 92—200 мм и углом при вершине рабочего конуса тарелки 90—120°.

Заготовки клапанов засыпают в бункер 1 вместимостью 300—400 шт., где они ориентируются и цепными подъемниками 2 по склизам с тактом 12 с подаются к трем бесцентрово-шлифовальным автоматам 3 для обдирочного шлифования стержня. Прошлифованные заготовки по склизам поступают на контрольно-измерительное устройство автомата и далее на отводящий конвейер 4.

Подъемником клапаны с тактом 2—4 с подают на двусторонний торцошлифовальный автомат 5 для обдирочного шлифования торцов стержня и тарелки. Далее заготовки цепными подъемниками подаются на два бесцентрово-шлифовальных автомата 6 для чистовой обработки стержня, затем отводящим конвейером и цепным подъемником направляются в магазин 7. Из магазина заготовки подаются на участок роторных токарных автоматов, состоящий из трех восьмишпиндельных 8 и 9 автоматов и одного шестишпиндельного 10 автомата. На этих автоматах обтачивают тарелку, радиусный переход, протачивают канавку и снимают фаску на торце стержня со скоростью резания около 100 м/мин.

С токарного участка заготовки поступают на два автомата 11 для обкатывания стержня и далее на автомат 12 для закаливания торца стержня токами высокой частоты. Дальнейшее шлифование стержня выполняется на бесцентрово-шлифовальных автоматах 13. Затем заготовки поступают на три параллельно работающих круглошлифовальных автомата 14 для обдирочного шлифования конуса тарелки. Чистовое шлифование выполняется на двустороннем торцошлифовальном автомате 15. Затем заготовки поступают в магазин 7, из которого передаются на шестишпиндельный роторный токарный автомат 16 для чистового точения наружного диаметра тарелки и снятия радиусной фаски со стороны ее торца.

Окончательное шлифование стержня проводят на бесцентрово-шлифовальных станках 17, обкатывание — на автомате 18 и круглошлифовальных автоматах 19. Обработанные заготовки поступают в магазин, а затем на контрольный автомат 20. После визуального контроля на механизированном стенде 21 заготовка проходит антикоррозионную обработку на автомате 22. Упаковка клапанов осуществляется на автомате 23.

В линии предусмотрено два вида контроля клапанов: выборочный, осуществляемый наладчиком с помощью ручных средств измерения, и сплошной по основным параметрам на контрольном автомате. Бесцентрово-шлифовальные автоматы оснащены измерительными приборами с обратной связью. Когда размер кла-

внутреннего сгорания (рис. 108) дает возможность после переналадки обрабатывать клапаны с диаметром тарелки 22,5—60 мм, диаметром стержня 5—15 мм, длиной 92—200 мм и углом при вершине рабочего конуса тарелки 90—120°.

Заготовки клапанов засыпают в бункер 1 вместимостью 300—400 шт., где они ориентируются и цепными подъемниками 2 по склизам с тактом 12 с подаются к трем бесцентрово-шлифовальным автоматам 3 для обдирочного шлифования стержня. Прошлифованные заготовки по склизам поступают на контрольно-измерительное устройство автомата и далее на отводящий конвейер 4.

Подъемником клапаны с тактом 2—4 с подают на двусторонний торцошлифовальный автомат 5 для обдирочного шлифования торцов стержня и тарелки. Далее заготовки цепными подъемниками подаются на два бесцентрово-шлифовальных автомата 6 для чистовой обработки стержня, затем отводящим конвейером и цепным подъемником направляются в магазин 7. Из магазина заготовки подаются на участок роторных токарных автоматов, состоящий из трех восьмишпиндельных 8 и 9 автоматов и одного шестишпиндельного 10 автомата. На этих автоматах обтачивают тарелку, радиусный переход, протачивают канавку и снимают фаску на торце стержня со скоростью резания около 100 м/мин.

С токарного участка заготовки поступают на два автомата 11 для обкатывания стержня и далее на автомат 12 для закаливания торца стержня токами высокой частоты. Дальнейшее шлифование стержня выполняется на бесцентрово-шлифовальных автоматах 13. Затем заготовки поступают на три параллельно работающих круглошлифовальных автомата 14 для обдирочного шлифования конуса тарелки. Чистовое шлифование выполняется на двустороннем торцошлифовальном автомате 15. Затем заготовки поступают в магазин 7, из которого передаются на шестишпиндельный роторный токарный автомат 16 для чистового точения наружного диаметра тарелки и снятия радиусной фаски со стороны ее торца.

Окончательное шлифование стержня проводят на бесцентрово-шлифовальных станках 17, обкатывание — на автомате 18 и круглошлифовальных автоматах 19. Обработанные заготовки поступают в магазин, а затем на контрольный автомат 20. После визуального контроля на механизированном стенде 21 заготовка проходит антакоррозионную обработку на автомате 22. Упаковка клапанов осуществляется на автомате 23.

В линии предусмотрено два вида контроля клапанов: выборочный, осуществляемый наладчиком с помощью ручных средств измерения, и сплошной по основным параметрам на контрольном автомате. Бесцентрово-шлифовальные автоматы оснащены измерительными приборами с обратной связью. Когда размер кла-

пана приближается к границе поля допуска, дается команда на подналадку круга. Если диаметр клапана выходит за поле допуска, автомат останавливается. Двусторонние торцошлифовальные автоматы оснащены приборами для контроля; по результатам измерения выдаются команды на подналадку режущего инструмента, а также на сброс бракованных клапанов в бункер. Обеспечение шлифовальных автоматов СОЖ осуществляют от центральной системы, снабженной магнитными сепараторами и отстойниками.

## 8. ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ (ГПС)

ГПС представляет совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени.

ГПС делят на гибкую автоматизированную линию (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкий автоматизированный цех (ГАЦ).

Составными частями ГПС являются: гибкий производственный модуль (ГПМ), роботизированный технологический комплекс (РТК) и система обеспечения функционирования ГПС.

**Гибкий производственный модуль (ГПМ)** — единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в ГПС.

**Роботизированный технологический комплекс (РТК)** — совокупность единицы технологического оборудования, ПР и средств оснащения, автономно функционирующая и осуществляющая многократные циклы.

**Система обеспечения функционирования ГПС** — совокупность в общем виде взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих проектирование изделий, технологическую подготовку их производства, управление ГПС с помощью ЭВМ и автоматическое перемещение предметов производства и технологической оснастки.

В общем виде в систему обеспечения функционирования ГПС входят следующие автоматизированные системы: транспортно-складская (АТСС), инструментального обеспечения (АСИО), контроля (САК), удаления отходов (АСУО), управления технологическими процессами (АСУТП), научных исследований (АСНИ), технологической подготовки производства (АСТПП) и т. д.

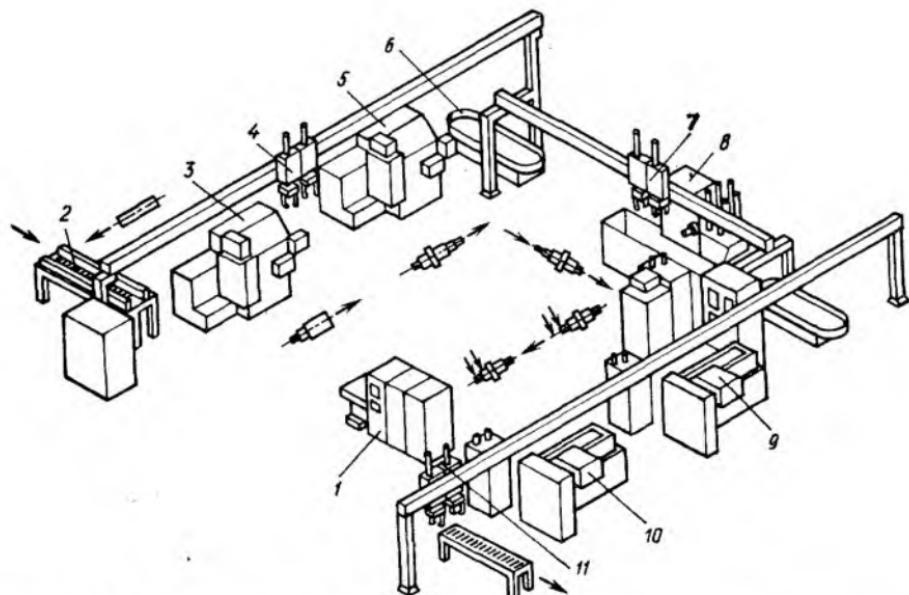


Рис. 109. Компоновка оборудования для изготовления валов электродвигателей

Появление ГПС обусловлено стремлением обеспечить высокую производительность оборудования в условиях быстрого изменения конструкций, технологии обработки и номенклатуры изготавляемых изделий.

Одной из основополагающих задач при создании ГПС является сочетание в этом комплексе характерных черт массового производства и гибкость универсального оборудования, а также создание надежности станков и управляющих систем, электронных, электрических и гидравлических до такой степени, чтобы обеспечить бесперебойную работу.

Экономическую эффективность ГПС получают за счет повышения производительности, сокращения времени пребывания изготавляемой детали в цехе, сокращения цикла деталей в партии и увеличения частоты запуска партий.

**ГПС для абразивной обработки.** Обычно шлифовальные станки встраивают в ГПС на последнем этапе изготовления детали, как правило, для тел вращения. Их оснащают поворотными и измерительными устройствами, а также системой компенсации износа шлифовального круга. Устройство ЧПУ этих станков связывают с центральной ЭВМ ГПС.

На рис. 109 показана компоновка оборудования для изготовления валов электродвигателей. В центре компоновки расположена микроЭВМ, что облегчает оператору постоянный контроль за работой станков. МикроЭВМ обеспечивает прямое числовое уп-

равление. По периметру компоновки установлены пять станков 3, 5, 8, 9 и 10. Подвесная автоматическая система загрузки 1 обеспечивает передачу заготовок от станка к станку. Заготовки, поступающие на входной конвейер 2, имеют обе обработанные торцевые поверхности. Далее заготовки с помощью автооператора 4 поступают на токарные станки 3 и 5 с ЧПУ для обработки по наружному диаметру. Затем заготовки поступают через накопитель 6 на автооператор 7 и после разворота на  $90^\circ$  поступают на горизонтально-шпиндельный многоцелевой станок 8. Затем заготовка поступает на автооператор 11, разворачивается на  $90^\circ$  и поступает на круглошлифовальный станок 9, где шлифуется. Далее заготовку разворачивают на  $180^\circ$  и шлифуют на круглошлифовальном станке 10. Работа автооператоров управляется микропроцессором в необходимой последовательности. Скорость перемещения автооператоров 1 м/с.

Микропроцессор представляет собой арифметико-логическое устройство, реализованное на одной или нескольких микросхемах большой степени интеграции.

**Шлифовальный гибкий производственный модуль.** Рассмотрим модуль, построенный на базе внутришлифовального станка. Для внутришлифовальных станков характерным является оснастка их сменными магазинами шлифовальных кругов, что дает возможность за одну установку шлифовать в заготовках практически любой сложности не только отверстия, но и наружные, а также торцевые поверхности. Точность обработки отверстия 4 мкм. Подача заготовок производится контейнером или системой приспособлений-спутников. Передняя бабка внутришлифовального станка может поворачиваться от 30 до  $45^\circ$ .

Смену шлифовальных кругов с оправками (рис. 110) осуществляют с помощью пружинно-гидравлического устройства. Время смены 6 с. Шпиндель перед установкой оправки обдувают сжатым воздухом. Максимальная частота вращения шлифовальных кругов 50 000 об/мин.

**Транспортные системы.** В ГПС для доставки (передачи деталей от центрального стеллажа-накопителя к конвейеру-накопителю или приемно-передающим устройствам станков и к рабочим позициям) широко применяют рельсовые и безрельсовые автоматические транспортные тележки с управлением от ЭВМ, но из них наиболее широко применяют автоматические транспортные тележки с индуктивным управлением.

По маршрутам движения тележек в полу цеха прокапывают канавку глубиной 20 мм и шириной 8 мм, в которую закладывают кабель. Канавку затем заливают эпоксидной смолой. Тележки оснащают индуктивными датчиками. Кабель образует замкнутый контур, по которому пропускают переменный ток частотой 5—32 кГц. При этом создается магнитное поле с концентричным расположением силовых линий, взаимодействующих с витками

катушек индуктивности, расположенных на тележках. Электронное устройство рулевого управления тележки сравнивает напряженность магнитного поля двух приемных катушек. При наличии рассогласования вырабатывается сигнал, который подается в электронное устройство рулевого управления для обеспечения заданного направления движения тележки.

ПР должны легко программироваться и встраиваться в ГПС, выполнять функции загрузки-выгрузки, зажима-разжима, установки-снятия приспособлений, смены инструментов и т. п. Для внутришлифовального станка с инструментальным магазином: указанных функций работы должны иметь необходимое число степеней свободы, высокую точность позиционирования и возможность управления от ЭВМ.

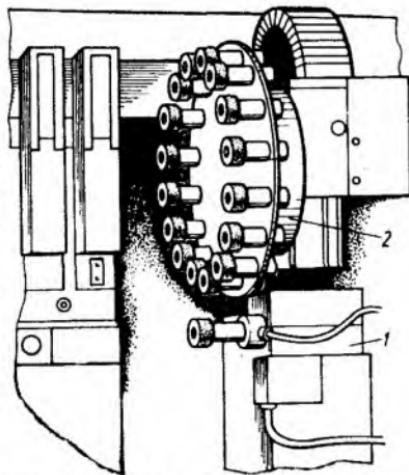


Рис. 110. Шлифовальный модуль для внутришлифовального станка с инструментальным магазином:

## ГЛАВА X

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ЧИСЛОВОМ ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ (ЧПУ) СТАНКАМИ

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под ЧПУ понимают управление обработкой заготовки на станке по программе, в которой параметры заготовки заданы в цифровой форме или в коде. Кодом называют систему буквенных и цифровых символов, которыми информацию (параметры) представляют в форме, удобной для передачи ее на расстояние по каналам связи.

Основой работы станка является управляющая программа, представляющая собой совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

Под алгоритмом понимают систему операций, применяемых

по строго определенным правилам, которая после последовательного их выполнения приводит к решению поставленной задачи (изготовление детали).

Станки с ЧПУ по сравнению с обычными автоматами и полуавтоматами имеют преимущества: сокращается время переналадки станка с одного вида изготовления деталей на другой, что делает экономически выгодным применение программного управления в единичном и серийном производстве, где происходит частая смена объектов производства; сравнительно немного времени необходимо на изготовление управляющей программы; автоматическая смена режущего инструмента, в том числе и шлифовальных кругов и др.

Любой автоматический станок работает по управляющей программе с использованием определенного носителя. Под программенноносителем понимают такой носитель, на котором записана управляющая программа. В качестве носителя применяют перфоленту, магнитный диск и др. Для осуществления управляющей программы станок должен прочитать то, что записано на программенноносителе. Поэтому он имеет считывающее устройство. По мере выполнения команд программенноноситель непрерывно или периодически перемещают относительно считывающего устройства различными лентопротяжными механизмами.

Система подготовки управляющих программ с управлением от перфоленты включает цифровую вычислительную машину или настольные счетные машины.

## 2. СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

Различают позиционное и контурное числовое программное управление. В первом случае перемещение рабочих органов в заданные точки происходит без задания траектории перемещения. Во втором случае перемещение рабочих органов происходит по заданной траектории с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки.

При позиционном ЧПУ происходят последовательные перестановки заготовки из одного положения в другое относительно режущего инструмента, а при контурном ЧПУ станком происходит непрерывное управление перемещениями инструмента или заготовки поочередно или сразу по нескольким координатам.

В узле ввода (рис. 111) управляющей программы (УП) имеются устройства для считывания программы и перемещения программенноносителя. Заданная информация зафиксирована на перфоленте и преобразуется в электрические импульсы, которые поступают в блок управления БУ. В БУ происходит расшифровка команд, поступающих из узла управляющей программы, и переработка их в рабочие команды управления источниками мощности и исполнительными механизмами.

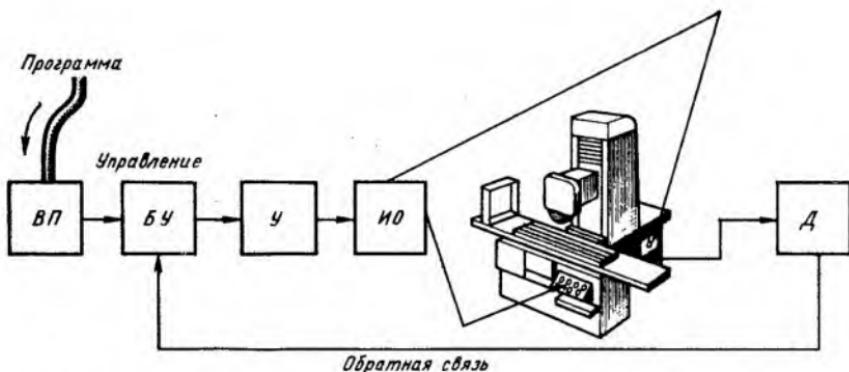


Рис. 111. Схема замкнутой системы ЧПУ плоскошлифовальным станком

Импульсы, поступающие из устройства управления, как правило, маломощные. Поэтому, прежде чем направить их в исполнительный механизм, их необходимо усилить. Усилитель  $У$  — устройство, увеличивающее передаваемую мощность за счет энергии постороннего источника. С помощью усилителей приводят в действие исполнительные механизмы: реле, тяговые электромагниты, пускатели и т. д.

Исполнительный орган  $ИО$  — устройство, в котором сосредоточены механизмы и устройства, выполняющие заданную управляющую программу путем реализации командных импульсов для подключения рабочего органа к источнику движения или выполнения других функций автоматического управления.

Для автоматического контроля точности работы станка применяют контрольное устройство в виде датчика  $Д$  положения, которое отправляет дополнительные сигналы рассогласования системы точности работы станка в  $БУ$ . На основании этих сигналов коррекция работы приводов осуществляется автоматически. Такую систему контроля называют обратной связью, а схему работы управления — замкнутой.

При отсутствии обратной связи система разомкнутая, так как в ней нет устройства для контроля выполнения команд, поэтому она имеет меньшую точность обработки по сравнению с замкнутой системой управления. Большим преимуществом разомкнутых систем управления по сравнению с замкнутыми системами является их простота. Замкнутые системы сложнее, но обеспечивают более высокую точность выполнения команд за счет обратной связи, контролирующей перемещения рабочих органов, от положения которых зависят размеры деталей. Таким образом, заданная программа обработки заготовки сопоставляется с фактическим положением рабочих органов.

При обработке заготовок возникают рассогласования между заданной управляющей программой и фактическим ее исполнением. В результате изготавляемые детали получают отличными от заданных. Рассогласование зависит от зазоров в системе привода, упругих деформаций в станочной системе, износа шлифовального круга и других факторов. Устройство управления с помощью обратной связи устраняет возникающие рассогласования.

### 3. КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Программоносители делят на сменные и постоянные. К первым относят перфоленты и магнитные ленты, а к числу постоянных — штекерные коммутаторы и др. Программоноситель характеризуют емкостью или наибольшим числом команд, которые будут записаны, трудоемкостью записи программы и др.

В вычислительной технике получили применение восьмидорожечные перфоленты с шириной ленты 25,4 мм. Для таких перфолент международная организация по стандартизации ISO разработала код, получивший название ISO-7bit. Обозначение 7bit означает, что в этом коде для записи программы используют семь разрядов, а каждый разряд — это одна единица информации — bit. Программы могут быть записаны путем пробивки отверстий перфоленты и магнитной записью штрихами на магнитной ленте (рис. 112). Применение перфолент имеет преимущества: компактность, наглядность представления информации, низкая стоимость программируемого устройства и т. д.

Основными способами кодирования являются: двоичный и двоично-десятичный коды. Применение двоичной системы счисле-

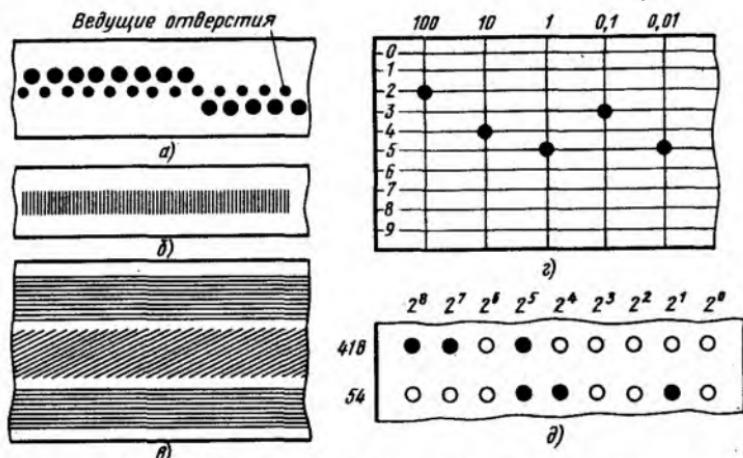


Рис. 112. Виды записи управляющих программ:

а — на перфорированной ленте путем пробивки отверстий; б — на фотопленке; в — на магнитной ленте; г — по десятичному коду; д — по двоичному коду

ния удобно, так как для изображения числа используют надежные механизмы, имеющие два устойчивых состояния. Все числа записывают цифрами 1 и 0, что упрощает запись программ и подачу сигналов. Цифре 1 соответствует пробитое отверстие, а цифре 0 — нет пробивки. Это удобно для считывающих и вычислительных устройств с применением релейных схем. Любое реле имеет только два состояния: 1 — включено и 0 — выключено, при применении магнитной ленты намагниченный участок имеет индекс 1 и ненамагниченный 0.

Основанием двоичной системы счисления является 2. Возведя 2 в степень 0, 1, 2, 3 . . . получим:

$2^0$	$2^1$	$2^2$	$2^3$	$2^4$	$2^5$	$2^6$	$2^7$	$2^8$	$2^9$	$2^{10}$	$2^{11}$	...
1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	...

Запишем числа 54 и 418 в двоичном коде  
 $54 = 32 + 16 + 4 + 2 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 110110;$   
 $418 = 256 + 128 + 32 + 2 = 1 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 110100010.$

Десятичная система счисления (десятичный код) используется для записи числовой информации десять знаков: 0 . . . 9. Например, число 245,35 в десятичной системе счисления равно:

$$2 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2} \text{ или}$$

$$2 \times 100 + 4 \times 10 + 5 \times 1 + 3 \times 0,1 + 5 \times 0,01 = 245,35.$$

#### 4. СЧИТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Для преобразования информации, записанной на перфокартах в электрические сигналы, применяют контактные и бесконтактные способы. При контактном способе (рис. 113, а) перфолента 1 лежит на контактной пластине 2. На поверхность ленты осягаются щетки 3, каждая из них представляет собой пучок стальных проволок. При чтении программы строчки программомоносителя последовательно подаются к щеткам. Щетки, совпадающие с отверстиями программомоносителя, приходят в соприкосновение с контактной пластиной, к которой подведен ток, и через щетки подаются электрические сигналы в соответствующую электрическую цепь. Скольжение щеток по программомоносителю вызывает его изнашивание.

На рис. 113, б показана схема контактного способа, исключающая скольжение щеток. При перемещении перфоленты ощупывающие штифты 4 электромагнита опускаются вниз поворотом рамки 8, сидящей на оси 9. Штифты 4, нажимая на пружины 6, размыкают контакты 5 и 7. При совмещении очередной строки перфоленты 2 с линией штифтов 4 электромагнит 1 освобождает рамку и штифты перемещаются вверх пружиной 3. Однако их перемещению препятствует перфолента и поэтому могут переме-

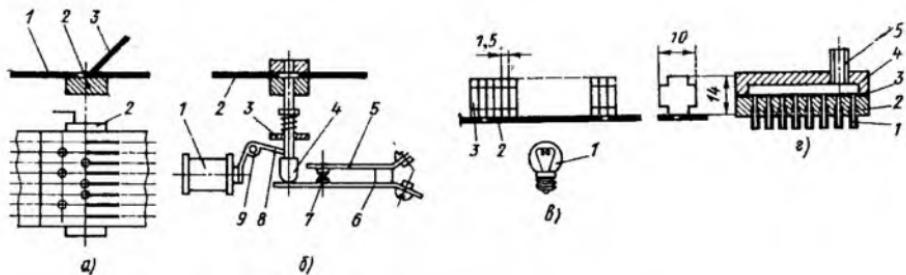


Рис. 113. Считывающие устройства

ститься только штифты, которые совпадают с отверстиями перфоленты. Контакты 5 и 7, расположенные под штифтами, совпадающими с отверстиями перфоленты, замыкаются и подают электрические сигналы в соответствующую электрическую цепь.

На рис. 113, в показана схема бесконтактного способа чтения программы. С одной стороны перфоленты устанавливают источник света 1, а с другой — фотосопротивление 3. Через отверстия перфоленты 2 свет подают на фотосопротивление и от него поступают электрические сигналы.

На рис. 113, г приведена схема бесконтактного способа с применением сжатого воздуха, который поступает по трубе 5 в камеру 4. Из камеры 4 через отверстия перфоленты 3 и плиты 2 воздух поступает в трубы 1, каждая из которых подведена к датчику сигналов. Для перемещения программноносителей в считающих устройствах применяют отдельные приводы.

## 5. ПРИВОДЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ

Шаговая система управления работает по разомкнутой системе и не нуждается в обратной связи. Простота таких схем — их большое достоинство.

В станках с ЧПУ применяют дискретные (шаговые) электродвигатели небольших размеров и малой мощности в сочетании с гидроусилителем крутящих моментов. Гидроусилитель состоит из гидродвигателя и следящего (управляющего) золотника. Следящий золотник преобразует перемещение выходного вала электродвигателя в точно отмеренные количества масла, поступающего в гидродвигатель. Таким образом, гидродвигатель вращается с теми же шагами, что и вал электродвигателя, усиливая крутящий момент маломощного шагового электродвигателя в 200—300 раз.

На рис. 114 показана схема передачи движения от шагового

двигателя ШД к исполнительному органу ИО через золотник управления УЗ и гидроусилитель ГУ. Один шаговый двигатель с гидроусилителем обеспечивает перемещение по одной оси координат.

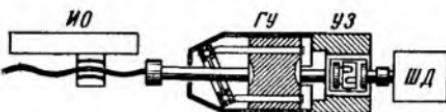


Рис. 114. Схема работы следящего устройства и гидроусилителя крутящих моментов

## 6. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

**В обозначение станка с ЧПУ** вводят букву Ф, а цифра рядом с ней указывает его особенности. Например обозначение Ф1 применяют для станков, оснащенных устройством цифровой индикации (УЦИ) и предварительного набора координат. Эти устройства являются простыми системами для автоматизации универсальных станков и предназначены для визуального наблюдения за текущим контролируемым размером.

На рис. 115, а приведена схема УЦИ для отсчета перемещений рабочего органа с помощью измерительного преобразователя 1 с отсчетной шкалой 4. Преобразователь преобразует перемещение стола 2 вращением ходового винта 3 в электрические импульсы, число которых пропорционально перемещению. Импульсы поступают в счетчик перемещения 5 и индицируются на цифровом табло 6, состоящем из набора десятичных индикаторов и дешифратора, преобразующего показания счетчика в сигналы, управляющие индикаторами.

В УЦИ на световом табло светящимися цифрами указывается координата рабочего органа. По мере перемещения рабочего органа происходит смена цифр на табло, и станочник в любой момент времени может проверить его положение. Иногда УЦИ сообщает, на каком режиме (подача, частота вращения) работает станок.

Обозначение Ф2 применяют для станков, оснащенных позиционными системами ЧПУ; обозначение Ф3 — для станков,

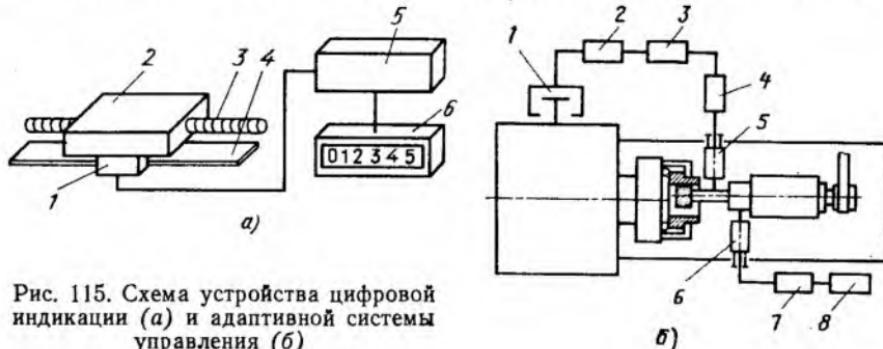


Рис. 115. Схема устройства цифровой индикации (а) и адаптивной системы управления (б)

оснащенных контурными системами ЧПУ, обеспечивающими перемещения рабочего органа по двум или трем координатам; обозначение Ф4 — для металлорежущих станков, оснащенных контурными или позиционными системами ЧПУ, имеющими устройства для автоматической смены режущих инструментов. В обозначениях металлорежущих станков с цикловыми системами программного управления вместо Ф пишут Ц.

Системой циклового программного управления называют такую, в которой полностью или частично программируют цикл работы станка, режим обработки и смену инструмента, а пути перемещения рабочих органов задают наладкой упоров.

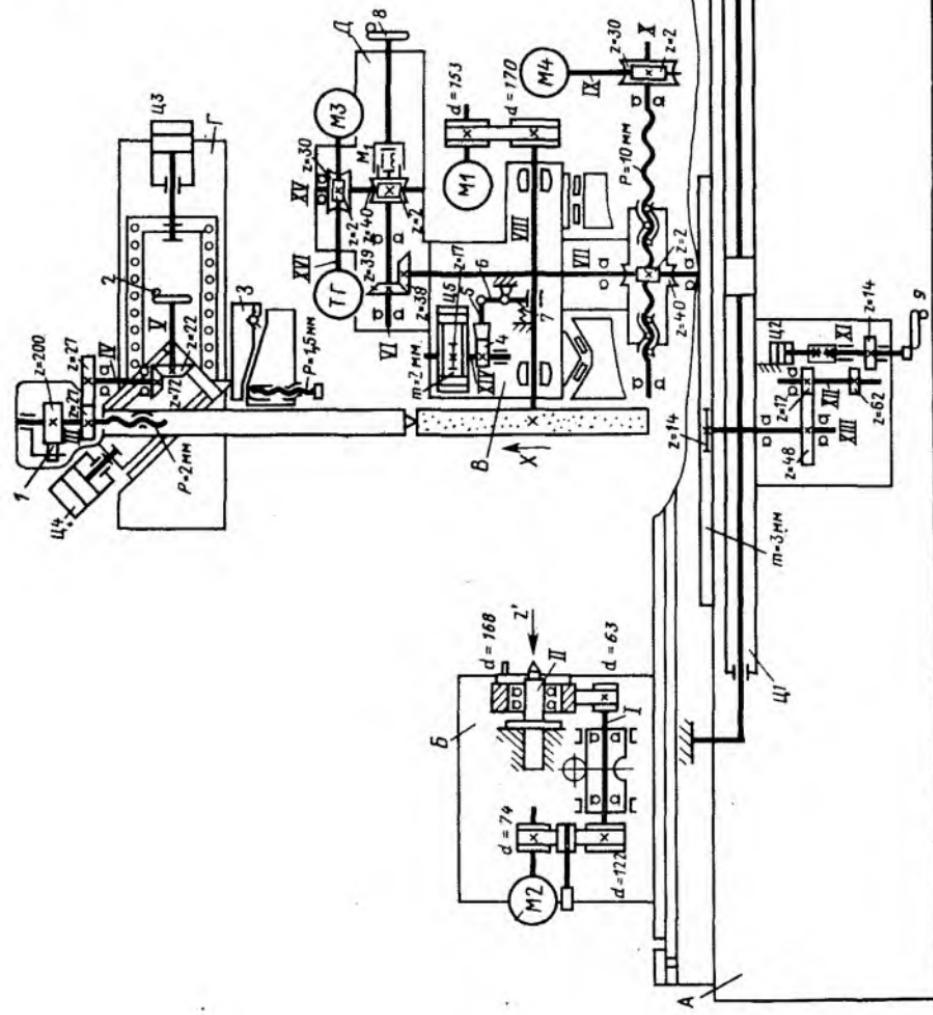
**Адаптивная система управления (АСУ).** Рассмотрим схему АСУ внутришлифовального станка. При построении АСУ использована информация об упругих отжатиях шлифовального шпинделя как наиболее податливого звена в упругой системе внутришлифовального станка. Смещение оси круга в радиальном направлении происходит вследствие изменения радиальной составляющей силы резания, радиальных автоколебаний и неуравновешенности шлифовального круга.

Применение АСУ обеспечивает стабилизацию силы резания путем поддержания постоянной деформации шпинделя, а также стабилизации автоколебаний. При шлифовании шпиндель отклоняется от нулевого положения (рис. 115, б). Датчик 5 регистрирует отклонение шпинделя и выдает сигнал, который через усилитель 4 поступает в устройство 3 сравнения с заданным уровнем информации. Согласно рассогласованию выдается сигнал управления. Следящим гидрозолотником 2 регулируют скорость гидроцилиндра 1 механизма поперечной подачи шлифовальной бабки. Таким образом стабилизируется положение шпинделя.

Для оценки АСУ на станке ЗА227В были прошлифованы две партии заготовок, в каждой по 31 заготовке (в режиме без выхаживания), с АСУ и без нее. Опыты проведены в термоконстантном цехе с предварительным прогревом станка на вспомогательном ходу. Шлифовали заготовки из стали 19ХГНМ с отверстием диаметром 45 мм и длиной 40 мм при частоте вращения круга 1200 об/мин, частоте вращения заготовки 450 об/мин, пропорциональной подаче 60 дв. ход/мин, припуске на сторону 0,11—0,15 мм, поперечной подаче 0,12 мм/мин. Марка круга ЭВ9А25СМ2К. Правку круга проводили перед обработкой каждой заготовки. Индукционным датчиком 6 с усилителем 7 и шлейфовым осциллографом 8 замеряли уровень автоколебаний.

Амплитуда колебаний радиальной составляющей силы резания при работе с АСУ составляла 10Н, а без АСУ — 70Н при среднем уровне силы резания 90 Н. Размерная точность деталей увеличилась на 10 %. Уменьшается отклонение формы отверстия. После шлифования без АСУ 28 % заготовок из партии имели  $Ra = 0,32$  мкм, и 72 % заготовок  $Ra = 0,63$  мкм. Применение АСУ

Рис. 116. Кинематическая схема круглошлифовального полуавтомата с ЧПУ ЗМ151Ф2



изменило это соотношение: 9 % заготовок имели  $R_a=0,63$  мкм и 91 % заготовок  $R_a=0,32$  мкм.

**Круглошлифовальный полуавтомат с ЧПУ ЗМ151Ф2** (рис. 116) предназначен для шлифования цилиндрических гладких и прерывистых поверхностей валиков с несколькими ступенями. Обработку ступеней проводят последовательно одним кругом. При обработке осуществляют активный контроль и автоматический переход от одной ступени к другой. Станок может быть встроен в ГПС с управлением от ЭВМ.

Полуавтомат обеспечивает точность размеров по 6-му квалитету точности, параметр цилиндрических шлифовальных поверхностей  $R_a=0,32$  мкм.

#### Техническая характеристика станка

Наибольшие размеры заготовки, мм:

диаметр . . . . .	200
длина . . . . .	700 .

Подача шлифовальной бабки, мм/мин:

черновая . . . . .	0,2—1,2
чистовая . . . . .	0,1—0,6
доводочная . . . . .	0,02—0,12

Скорость быстрого подвода шлифовальной бабки, мм/мин . . . . . 1800/930

*Система программного управления* позиционная, замкнутая. Программу вводят с помощью декадных переключателей, по программе можно прошлифовать до восьми ступеней заготовки. Станок снабжен двумя измерительными устройствами и двумя корректирующими системами: для определения отклонений размеров заготовки и круга. Контроль диаметрального износа круга (по оси  $X$ ) проводят и корректируют косвенным путем при измерении заготовки при шлифовании широкодиапазонным прибором активного контроля. Контроль базового торца (по оси  $Z'$ ) проводят прибором осевой ориентации для привязки заготовки к координатной системе станка (например, при изменении глубины зацентровки). В момент касания заготовки щупом прибора осуществляют коррекцию «нуля» датчика положения стола. Дискретность программируемого перемещения по оси  $X$  равна 0,001 мм, а по оси  $Z'$  — 0,1 мм.

*Цикл работы станка* принят по следующей программе. Включаются электродвигатели гидросистемы, насосов смазывания и магнитного сепаратора привода шлифовального круга. Поднимается измерительная скоба, отводится пиноль задней бабки, заготовка зажимается в центрах. Нажатием кнопки «Автомат»: шлифовальная бабка перемещается в крайнее положение, контролируемое конечным выключателем; стол занимает положение согласно координате торца первой шлифуемой ступени, без учета коррекции на зацентровку; подводится измерительная скоба и устройство осевой ориентации, щуп которого упирается в заго-

товку, включается движение стола до касания базовым торцом заготовки щупа прибора осевой ориентации; происходит совмещение начала отсчета по координате  $Z'$  по установленной заготовке; убирается щуп прибора осевой ориентации.

Шлифовальная бабка перемещается со скоростью подвода 1800 мм/мин, пока датчик положения ее не войдет в зацепление со следящим упором и не замедлит скорость в 2 раза. Включается вращение заготовки и подача СОЖ. За 2—3 мм до достижения заданного размера скорость движения бабки замедляется до 6 мм/мин.

Изменение скорости перемещения шлифовальной бабки с форсированной на обдирочную происходит по команде реле касания круга с заготовкой или от датчика положения бабки при пропуске на заготовку меньше 0,2 мм. Переключение шлифовальной бабки с форсированной подачи на обдирочную осуществляют по команде датчика положения. При переключении ее на чистовую подачу губки измерительной скобы смыкаются на заготовке и переход на доводочную подачу и окончание обработки дает скоба. При обработке прерывистых поверхностей окончательную обработку осуществляют по команде датчика.

Прошлифовав одну ступень, стол перемещается и шлифуется очередная ступень. Прошлифовав последнюю ступень, бабка отходит в крайнее положение и отводится измерительный прибор. Цикл шлифования вала окончен.

*Главное движение.* Вращение шпинделя VIII шлифовального круга осуществляют электродвигателем  $M_1$  через клиноременную передачу со шкивами  $d_1 = 153$  мм и  $d_2 = 170$  мм. Шпиндель смонтирован на гидростатических подшипниках.

*Продольное перемещение стола* осуществляют гидроприводом станка гидроцилиндром  $Ц1$  или вручную маховиком 9 через передачи 14/62, 12/48 и реечную передачу. Перемещение стола гидроприводом блокировано с его ручным перемещением. Гидроцилиндром  $Ц2$  выводится из зацепления вал с колесом  $z=14$ .

*Привод вращения заготовки* осуществляют от регулируемого электродвигателя постоянного тока  $M_2$  посредством клиноременной передачи с диаметрами шкивов 74/122 и 63/168. Частота вращения заготовки бесступенчато регулируется в пределах 50—500 об/мин.

*Поперечные подачи шлифовальной бабки* осуществляют вручную и автоматически. Установочный привод шлифовальной бабки производят вручную маховиком 8 вала VI, через конические колеса 39/89 вала VII, червячную пару 2/40 и винт-гайку качения с  $p=10$  мм.

Станок имеет две ускоренные подачи 1800 и 900 мм/мин. Автоматическую рабочую подачу обеспечивают регулируемым электродвигателем постоянного тока  $M_3$  через червячные пары 2/30 и 2/40 при включении электромагнитной муфты  $M_1$ , кониче-

ские колеса 39/39, червячную пару 2/40 и винт-гайку качения. Скорость вращения электродвигателя контролируют тахогенератором.

### Рабочая поперечная подача

$$S = n \frac{2}{30} \frac{2}{40} \frac{39}{39} \frac{2}{40} 10 \text{ мм/мин.}$$

*Осьное перемещение шпинделя шлифовального круга для подшлифовывания торцов* осуществляется подачу масла в цилиндр Ц5 и тем самым перемещает поршень-рейку, которая поворачивает колесо  $z=17$ , вал XIV и кулачок 4, который, действуя на плунжер 5 и систему рычагов 6, перемещает шпиндель VIII. После контакта круга с торцом заготовки форсированная подача прерывается, происходит шлифование торца. В исходное положение шпиндель возвращается пружиной 7.

*Автоматическую правку круга* осуществляют там, где предусмотрена компенсация его износа — радиальная коррекция. Алмаз подают на шлифовальный круг автоматически или вручную вращением маховишка 2 на валу V колесами 22/72, 27/27 и ходовым винтом с  $p=2$  мм. При автоматической правке от гидросистемы плунжер с собачкой 1 поворачивает храповое колесо  $z=200$  на винте III. Угол поворота регулируют поворотом. Продольное перемещение алмаза осуществляют гидроцилиндром Ц3. На каретке под углом  $45^\circ$  перемещается гидроцилиндром Ц4 корпус, опирающийся щупом на прямолинейный копир 3, обеспечивающий однопроходную или двухпроходную правку круга. Положение копира регулируют винтом с  $p=1,5$  мм.

*Задняя бабка.* Отвод пиноли ее осуществляют гидравлически, перемещением поршня рейки или вручную поворотом вала-колеса  $z=24$ . Заготовка зажимается в центрах пружиной. На бабке смонтирован механизм вывода конусности на заготовке за счет того, что конусное отверстие под центр расточено с эксцентрикитетом относительно наружного диаметра пиноли. При включении электродвигателя М5 возможна подача заготовки на круг путем поворота пиноли.

*Гидросистема* обеспечивает продольное возвратно-поступательное перемещение стола с десятью фиксированными скоростями, продольное перемещение измерительной скобы, развод губок измерительной скобы, подвод и отвод щупа механизма осевой ориентации, ввод и вывод измерительных приборов, отвод пиноли задней бабки, управление прибором правки шлифовального круга, перемещение шпинделя шлифовальной бабки для подторцовки, устранение зазора в механизме быстрого подвода шлифовальной бабки, отключение механизма ручного перемещения стола, смазывание подшипников шпинделей бабки и направляющих стола.

На круглошлифовальных станках ЗВ151А переключение с

быстрого подвода шлифовального круга на обдирочную подачу производится автоматически с помощью фотореле касания, состоящего из fotosопротивления и усилительного блока. Шлифовальный круг подводят к заготовке со скоростью форсированной подачи. При соприкосновении шлифовального круга с заготовкой появляется искра, являющаяся источником инфракрасных лучей. Фотореле срабатывает и дает команду на отключение электромагнита форсированной подачи, после чего начинается обдирочное шлифование. Применение этих устройств экономически оправданно при большом рассеянии припусков и при пониженной точности остановки шлифовальной бабки.

**Внутришлифовальный универсальный полуавтомат 3М227ВФ2 высокой точности с ЧПУ** предназначен для шлифования цилиндрических и конических, сквозных и глухих отверстий при мелкосерийном и серийном производстве.

#### Техническая характеристика

Наибольшая длина заготовки, мм . . . . .	200
Частота вращения шпинделья, об/мин:	
передней бабки . . . . .	60—1200
шлифовального . . . . .	5000; 9000; 12000; 18000; 28000.

Механизм поперечных подач с шаговым электродвигателем управляется однокоординатным устройством ЧПУ. Ввод необходимых команд в устройство программирования осуществляется шлифовщиком. Шлифование отверстия ведется в автоматическом режиме с получением отверстия по 6-му квалитету точности с обеспечением многократных правок круга в необходимых местах цикла. Наряду с автоматическим режимом работы возможно ручное управление. Можно сократить наложенный цикл работы путем набора на декадных переключателях панели ЧПУ «нулей», что означает исключение отдельных элементов цикла.

---

## ГЛАВА XI

---

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Задача правильной эксплуатации станков состоит в том, чтобы получить от станка наивысшую производительность при условии обеспечения его долговечности, точности и предупреждения отказов. Наивысшую производительность станка получают за

счет высококачественного инструмента (шлифовального круга), научно-обоснованного режима шлифования, надлежащей наладки станка и квалификации станочника.

Шлифовщик должен хорошо знать органы управления станком, его конструктивные и технологические возможности, условия надежной и долговременной работы, периодичность профилактических осмотров, номенклатуру и наличие быстроизнашивающихся частей, схему смазывания станков, правила техники безопасности.

## 2. УСТАНОВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

При изготовлении деталей на шлифовальных станках вибрация станины влияет на отклонение формы обрабатываемой поверхности. Вибрация — это механические колебания системы, повторяющиеся через определенные промежутки времени, называемые периодом колебаний. Величину, обратную периоду колебаний, называют частотой колебаний. Наибольшее отклонение от положения равновесия называют амплитудой колебания.

Причинами колебаний могут быть внешние (вынужденные колебания) и внутренние колебания, вызванные шлифованием (автоколебания). К внешним причинам относят неуравновешенность ротора электродвигателя, деталей передач станка, дисбаланс шлифовального круга, неравномерность подач станка и др.

Автоколебания возникают в результате неравномерности резания, колебаний сил трения между кругом и заготовкой. Они появляются по мере притупления круга и изменения состояния его рабочей поверхности; амплитуда за период стойкости круга возрастает. Для устранения автоколебаний следует чаще прорезать шлифовальный круг, не допуская его притупления и засаливания.

Прецизионные станки классов точности *A* и *C* должны обеспечивать обработку заготовок с отклонением формы, не превышающим нескольких десятков долей микрометра. Так, для круглошлифовальных станков класса *C* допускается отклонение от круглости детали не более 0,3 мкм и  $Ra=0,1 \dots 0,04$  мкм.

Прецизионные станки устанавливают на индивидуальные фундаменты (рис. 117, *a*) с виброизоляцией, используя упругие опоры. Средние и легкие шлифовальные станки устанавливают на бетонные блоки, размещают на виброизолирующих ковриках, изготавляемых из резины с высокой маслостойкостью и малой ползучестью.

Станки на полу цеха устанавливают на виброизолирующих опорах, которые служат эффективным средством виброизоляции станка и облегчают перестановку станков. Находят применение резинометаллические опоры для установки станков массой до 15 т.

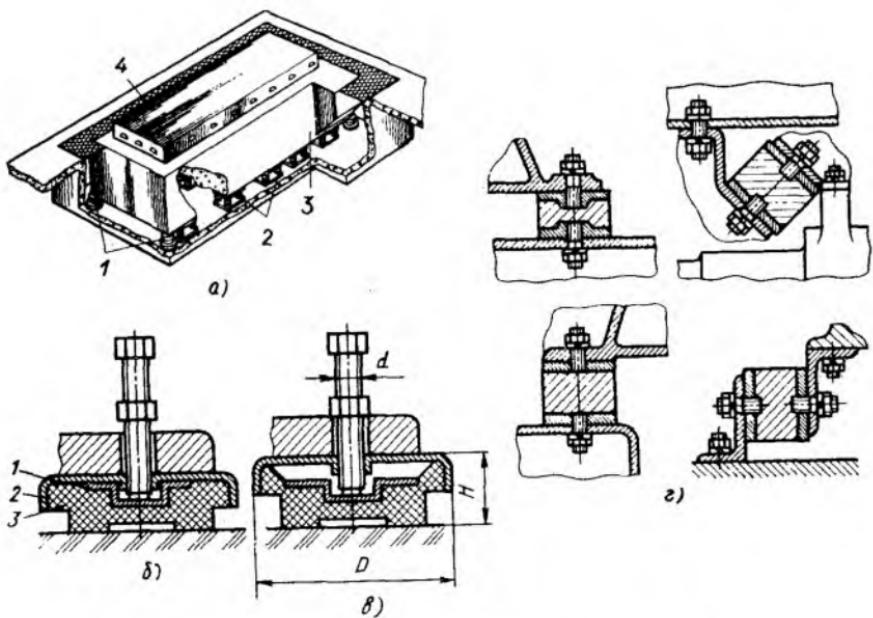


Рис. 117. Установка шлифовальных станков:

*а* — фундамент под тяжелый шлифовальный станок: 1 — амортизатор; 2 — винтовые пружины; 3 — фундаментная бетонная плита; 4 — станина и схема резинометаллических вибропропиолирующих опор в нерабочем положении (*б*), в рабочем положении (*в*) и способы гашения вибрации узлов с помощью трехслойных прокладок (*г*)

На рис. 117, *б*, *в* показаны резинометаллические вибропропиолирующие опоры, состоящие из упорного фланца 1, крышки 2 и резинового обода 3. При необходимости гасить вибрации отдельных узлов станка применяют трехслойные прокладки (рис. 117, *г*), состоящие из двух металлических пластин, соединенных слоем вулканизированной резины.

После установки станка все резервуары, корпуса заливают маслом и приступают к испытанию его на холостом ходу и под нагрузкой. Опробование станков на холостом ходу вначале ведут на пониженных частотах вращения, а по мере приработки зубчатых зацеплений, подшипников скольжения и трущихся поверхностей частоту вращения увеличивают и доводят до nominalной. При холостом опробовании проверяют температуру нагрева подшипников, работу зубчатых зацеплений и трущихся поверхностей путем периодической остановки станка, проверяют герметичность уплотнений, подачу масла в подшипники, зубчатые передачи, работу гидросистемы и системы охлаждения. Выявленные дефекты устраняют, станок испытывают под нагрузкой, после чего сдают его в эксплуатацию.

### 3. ПРОВЕРКА СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ

Точность шлифовального станка должна быть выше точности изготавляемой на нем детали. Для проверки станка на точность проводят статические и динамические испытания.

**Статические испытания** частей станка на точность проводят, приняв за базу станину в нерабочем состоянии станка. При этом проверяют отклонения от горизонтальности или вертикальности направляющих станины, стоек, плит, столов и т. д., от прямолинейности направляющих и столов, положение и вращение шпинделей и валов, отклонения от параллельности или перпендикулярности осей валов, от прямолинейности перемещения по направлениям, погрешности ходовых винтов и делительных устройств.

**Динамические испытания** на точность проводят на работающем станке по обработанной заготовке. Динамические испытания позволяют определить степень балансировки деталей вращения, жесткость стыков, качество изготовления зубчатых колес, дефекты в конструкции привода, которые при статических испытаниях не могут быть обнаружены.

**Инструменты, применяемые для проверки станка на точность.** Для статических испытаний станков применяют проверочную линейку, простую контрольную линейку, лекальную и граненую стальные линейки, угольники, щупы, эталонные плитки, конусные и цилиндрические оправки, индикаторы, уровни, оптические приборы, микрометры и др. Проверочную линейку шириной 40—130 мм, длиной 500—3000 мм применяют для проверки отклонения от прямолинейности направляющих плоскостей.

Щуп (рис. 118, а) применяют для проверки зазоров между прилегающими поверхностями, а также для отклонения измеряе-

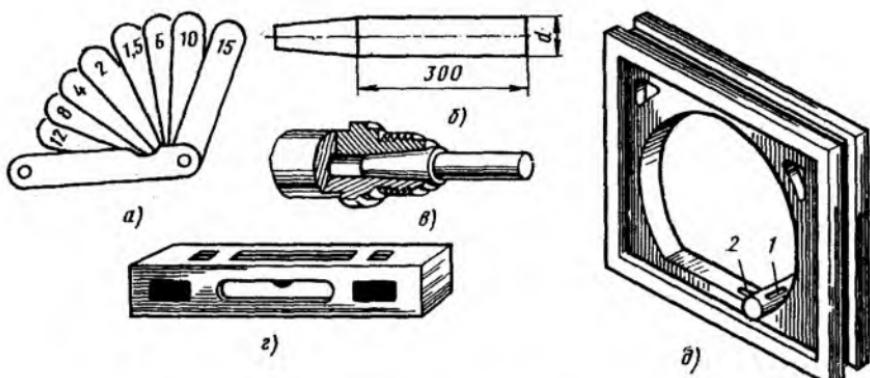


Рис. 118. Инструменты для проверки точности станков

мой плоскости от контрольной линейки. Для испытания станков применяют наборы пластиноч толщиной 0,05—0,5 мм.

Конусную оправку (рис. 118, б) применяют для проверки положения оси шпинделя и его конусной части (рис. 118, в). Цилиндрическая часть оправки имеет диаметр  $d=25 \dots 50$  мм и длину  $l=100 \dots 300$  мм. Коническую часть ее пригоняют по отверстию шпинделя станка.

Цилиндрическая оправка представляет собой отшлифованный цилиндрический валик с центровыми отверстиями. Ее применяют для проверки отклонения от параллельности линии центров и направляющих станины. Оправки изготавливают диаметром до 125 мм и длиной до 2000 мм из стали и термически обрабатывают.

Уровни бывают обыкновенные, регулируемые и рамные. Их используют для проверки правильности горизонтальной или вертикальной установки станка, отклонения от прямолинейности направляющих и столов, взаимного расположения станин и стоек.

В уровнях имеется ампула — цилиндрическая, немного изогнутая трубка, наполненная спиртом, с пузырьком воздуха. На поверхность ампулы наносят деления. Трубка заключена в корпус стального или чугунного бруска, у которого тщательно обработана нижняя поверхность, имеющая направляющие для удобства установки уровня. При отклонении корпуса от горизонтального положения пузырек воздуха перемещается по ампуле в направлении подъема, стремясь занять наивысшее положение. По числу делений, на которое перемещается пузырек, судят об уклоне. При испытаниях станков применяют уровни с чувствительностью 0,02—0,05 мм на 1 м длины. Длина подошвы уровня не менее 200—300 мм.

Обыкновенный уровень (рис. 118, г) представляет собой чугунный или стальной бруск с двумя взаимно перпендикулярными ампулами, устанавливаемыми на проверяемую поверхность. В регулируемом уровне наклон ампулы регулируют микрометрическим винтом для установки пузырька в среднее положение.

Рамный уровень (рис. 118, д) представляет собой квадратную чугунную рамку размером  $300 \times 300$  мм, причем три стороны имеют призматические выемки.

Внутри рамки на одной из сторон расположены две взаимно перпендикулярные ампулы 1 и 2. Рамный уровень применяют для проверки горизонтальности, вертикальности и взаимного расположения плоскостей и валов.

На рис. 119, а приведена схема проверки отклонения от прямолинейности перемещения стола в горизонтальной плоскости. Между центрами передней и задней бабок устанавливают контрольную оправку. На шлифовальной бабке или неподвижной части станка помещают индикатор так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был

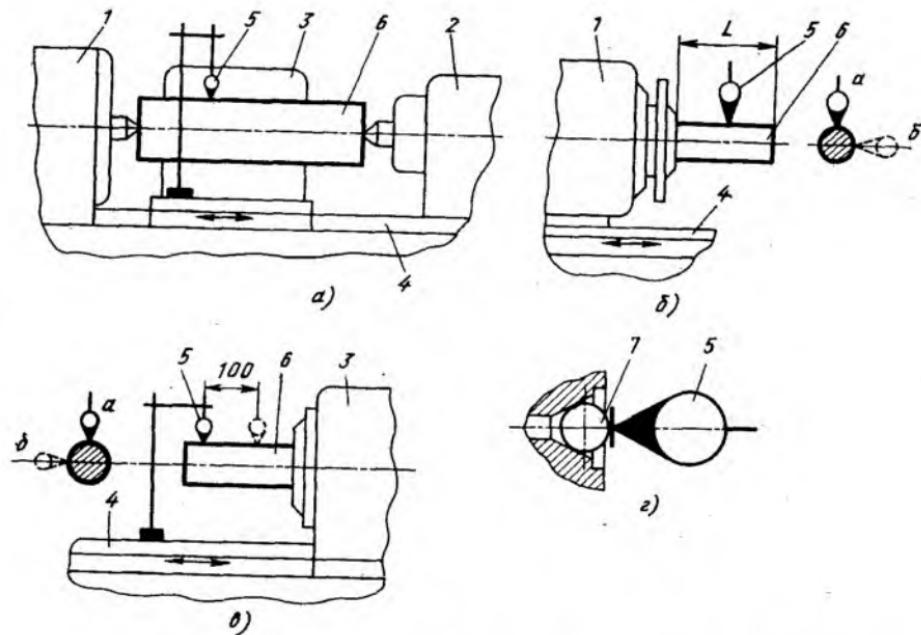


Рис. 119. Схемы статической проверки узлов станка на точность:

1 — передняя, 2 — задняя и 3 — шлифовальная бабки; 4 — стол; 5 — индикатор; 6 — контрольная оправка с цилиндрической измерительной поверхностью; 7 — шарик

направлен к ее оси перпендикулярно образующей. Показания индикатора на концах оправки должны быть одинаковы. Стол перемещают на длину хода.

На рис. 119, б приведена схема проверки отклонения от параллельности оси шпинделя передней бабки по отношению к перемещению стола в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В отверстие шпинделя передней бабки вставляют оправку, а на неподвижной части станка устанавливают индикатор так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки и был направлен к ее оси перпендикулярно образующей.

На рис. 119, в показана схема проверки отклонения от параллельности оси шлифовального шпинделя. На конец шпинделя шлифовальной бабки насаживают контрольную оправку. На столе укрепляют индикатор.

На рис. 119, г приведена схема проверки биения шпинделя передней бабки. На станине укрепляют индикатор так, чтобы его плоский измерительный наконечник касался поверхности шарика, вставленного в центральное отверстие шпинделя или оправки. Шпиндель приводят во вращение.

Динамические испытания состоят в том, что у прошлифованной контрольной заготовки тщательно проверяют: постоянство диаметра в продольном и поперечном сечениях; отклонение от круглости; отклонение от прямолинейности в плоскости торцовой поверхности образца и  $R_a$  обработанных поверхностей образцов.

**Балансировка шлифовальных кругов.** Шлифовальный круг считается сбалансированным, если его центр тяжести и ось вращения совпадают. Особенно тщательно балансируют шлифовальные круги большого диаметра, работающие на высоких окружных скоростях. Причинами неуравновешенности их могут быть неодинаковая плотность материала круга, неправильность его формы, расположение отверстия круга по отношению к наружной его поверхности с эксцентриком и др.

При балансировке шлифовальных кругов опорами могут быть призмы, диски и цилиндрические валики. На рис. 120, а опорами для установки оправки с кругом служат два цилиндрических валика. Шлифовальный круг на оправке помещают на валики и производят уравновешивание с помощью двух сегментов (рис. 120, б), которые перемещают по кольцевому пазу фланца с торцовой стороны. Круг ставят в произвольное положение, и при отсутствии уравновешенности его более тяжелая часть будет опускаться вниз. Перемещая сегменты, снова проверяют степень уравновешенности круга. Так повторяют до тех пор, пока круг в любом его положении на валиках будет находиться в покое.

Круги диаметром больше 100 мм необходимо балансировать. Шлифовальный круг перед балансировкой осматривают, чтобы убедиться в отсутствии трещин.

Балансировку шлифовальных кругов можно производить на станке. На рис. 120, в приведен механизм для балансировки шли-

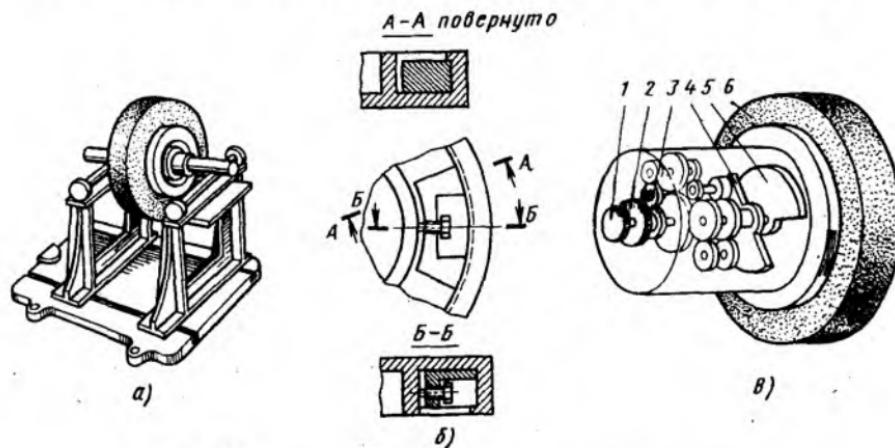


Рис. 120. Схема балансировки шлифовальных кругов

фовальных кругов, который представляет собой редуктор. Корпус редуктора прикреплен к фланцу шпинделя круга 6. Балансирующими элементами являются секторы 4 и 5, расположенные внутри редуктора и способные перемещаться один относительно другого. Для вращения секторов служат рукоятки 1 и 2. Секторы вращаются одновременно в одну и ту же сторону с помощью колес 3, но сектор 5 незначительно отстает от сектора 4. Непрерывное изменение взаимного расположения секторов дает возможность устранить дисбаланс.

Для балансировки необходимо остановить одну из рукояток 1 или 2. В результате зубчатые колеса редуктора будут вращать сектор относительно корпуса, а колеса — между собой. Если будет обнаружено, что при торможении рукоятки 2 наиболее благоприятное положение будет пройдено и дисбаланс начнет увеличиваться, то следует опустить рукоятку 2 и остановить рукоятку 1. В этом случае секторы начнут вращаться в обратном направлении.

Останавливая рукоятки поочередно, находят наиболее благоприятное положение сектора для снижения дисбаланса. Подобное балансировочное устройство применено на станке ЗЕ184В. При балансировке шлифовального круга используют виброметр. Применение этого механизма балансировки кругов ведет к резкому снижению вспомогательного времени, а следовательно, к повышению производительности шлифования. После балансировки круг правят.

#### 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

**Правила ухода за станком.** Уход за станком необходим для сохранения его точности, надежности и производительности в течение длительного срока работы. Основные правила ухода за станком приведены ниже.

Перед началом работы следует тщательно протереть смазанные поверхности направляющих и других непокрытых защитной краской частей станка, проверить исправность механизмов и узлов, наличие смазочного материала и СОЖ. Проверить крепление ограждений, натяжение ременных передач.

В течение смены необходимо следить за температурой подшипников шпиндельной бабки, не допуская, чтобы она превышала 60 °С. Перегрев может быть из-за недостаточного смазывания подшипников, излишней их затяжки или превышения допустимых режимов шлифования. Следует контролировать по маслоуказателям количество масла в резервуаре.

Ежедневно в конце смены следует проводить уборку станка; протереть измерительные приборы и устройства, установленные на станке, удалить грязь и абразивную пыль из всех пазов и отверстий, очистить все каналы слива СОЖ; смазать трущиеся по-

верхности и залить масло в масленки; протереть маховички, лимбы, рукоятки, таблички, пульт управления. Производить уборку станка во время его работы запрещается.

Масляные ванны заливают маслом согласно инструкции. Замену отработанного масла в смазочных устройствах производят не реже одного раза в 3 месяца.

Один раз в месяц необходимо очищать и промывать охлаждающую систему и полностью заменять отработанную жидкость. Немедленно следует заменять СОЖ, если она издает неприятный запах или раздражает руки шлифовщика.

**Смазывание станков.** Каждый металлорежущий станок, выпускаемый заводом-изготовителем, снабжается руководством или инструкцией по уходу и обслуживанию, содержащими необходимые сведения для правильной эксплуатации станка, в том числе и карту смазывания станка.

Правильная система смазывания снижает потери энергии на трение, уменьшает износ и т. д.

Наибольшее применение для смазывания станков получили индустриальные масла И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А и турбинное Т-22. Для обеспечения плавности малых подач в шлифовальных станках применяют антискаковые масла, которые отличаются от обычных масел тем, что имеют присадки, образующие прочную масляную пленку на контактирующих поверхностях, препятствующую возникновению непосредственного контакта металлических поверхностей. Они дают возможность снизить коэффициент трения покоя и перемещения рабочих органов при небольших скоростях скольжения. Так, при скорости перемещения менее 1 мм/мин коэффициент трения в парах чугун — чугун, чугун — закаленная сталь 0,07—0,1, что в 2—3 раза ниже, чем при смазывании нелегированными индустриальными маслами. Эти масла, кроме того, при малых скоростях перемещения обладают противозадирными и противоизносными свойствами.

Для уменьшения износа и улучшения условий работы трущихся пар в шлифовальных станках основные трущиеся пары выполняют закрытыми. Горизонтальные направляющие преимущественно защищают телескопическими щитками, вертикальные — защитными устройствами типа гармошек, ходовые винты — телескопическими трубами. Износ деталей больше зависит от степени совершенства защиты поверхностей трения, чем от режима работы станка.

**Ремонт станков.** Несмотря на уход за станком при его эксплуатации происходит изнашивание его трущихся частей, что приводит к нарушению посадок и сопряжений, увеличиваются зазоры, нарушается форма сопряженных поверхностей. Станок нуждается в ремонте, т. е. в восстановлении утраченных показателей. Различают два вида планово-предупредительного ремонта — текущий и капитальный.

**Текущий ремонт** — ремонт, при котором восстанавливают работоспособность отдельных механизмов. При текущем ремонте зачищают и исправляют шпоночные пазы, зачищают заусенцы на шейках валов, втулок, зубьях колес, восстанавливают поврежденные защитные ограждения и проделывают ряд других операций.

**Капитальный ремонт** — ремонт, при котором происходит полная разборка станка. Объем работ определяют по предварительно составленной дефектной ведомости.

**Осмотры станков.** Наружный осмотр проводят без разборки для выявления дефектов станка. Эти осмотры проводят между двумя плановыми ремонтами, и они являются одним из видов основной ремонтной профилактики. При осмотре устраниют все мелкие и выявляют более крупные дефекты. Результаты осмотра записывают в журнал осмотров и текущих ремонтов и по ним уточняют объем очередного ремонта. Если при осмотре обнаруживаются такие неисправности, которые могут вызвать ухудшение работы станка за время, оставшееся до ближайшего планового ремонта, то эти неисправности устраняют немедленно.

При осмотрах проверяют правильность переключения рукавок скоростей и подач, проводят регулирование фрикционных муфт, подтягивают или заменяют детали — шпильки, винты, гайки, а также пружины; проверяют системы охлаждения и смазочную и др.

**Паспорт шлифовального станка** — основной технический документ, содержащий данные, характеризующие станок, рекомендации по его установке и уходу за ним. В паспорте приводят основные размеры станка, скорости шпинделей и стола, подачи, наибольший допустимый крутящий момент на шпинделе и мощность. В нем содержатся сведения об основных приспособлениях к станку, о приводе, управлении станком, кинематических, гидравлических и электрических схемах, спецификации подшипников, зубчатых колес, электродвигателей, золотников, клапанов и т. д.

Паспорт используется цеховым технологом как документ для назначения режимов шлифования, выбора приспособлений, планирования и размещения станка в цехе. Паспорт необходим механику и энергетику как руководство по эксплуатации и ремонту станка: в него вносят данные о проведенных ремонтах и модернизациях.

## 5. СОЖ

Для отвода из зоны резания выделяющейся теплоты, уменьшения трения и удаления отходов шлифования применяют СОЖ, которые при шлифовании условно делят на эмульсии и масла.

Эмульсией называют жидкость, в которой во взвешенном со-

стоянии находятся микроскопические частицы другой жидкости. Основой шлифовальной эмульсии является вода с добавлением небольшого количества присадок, обеспечивающих смазочный эффект.

СОЖ, смывая абразивно-металлическую пыль, улучшает качество шлифуемой поверхности. СОЖ не должны содержать ядовитых примесей, вызывающих кожные заболевания у рабочих, не должны разъедать металл и краску станка. Чем больше площадь поверхности соприкосновения заготовки с шлифовальным кругом и тверже металл обрабатываемой заготовки, тем больше СОЖ необходимо подавать в зону шлифования. СОЖ следует равномерно подавать на всю высоту шлифовального круга.

Основу эмульсолов «Укринол-1» и «Аквол-2» также составляют минеральные масла, в которые вводят присадки, обеспечивающие его эмульгируемость в воде. «Укринол-1» — по внешнему виду прозрачная маслянистая жидкость, рекомендуемая при всех условиях шлифования; «Аквол-2» — прозрачная жидкость, маслянистая, темно-коричневого цвета, рекомендуемая при скростишном шлифовании дорожек колец подшипников.

**Подача СОЖ свободнопадающей струей (поливом)** (рис. 121, а) наиболее широко применяется на круглошлифовальных станках, главным образом для охлаждения заготовки.

**Подача СОЖ через поры шлифовального круга** (рис. 121, б). Жидкость подводят к осевому отверстию круга, и под действием центробежных сил она протекает через поры на периферию. При таком охлаждении температура заготовки уменьшается не только в результате лучшего подвода СОЖ, но и меньшего трения круга о поверхность заготовки, что уменьшает опасность появления прижогов и трещин на шлифуемой поверхности. Этот способ неприменим для кругов на вулканической и бакелитовой связках, так как они не имеют сквозных пор. Подавать СОЖ следует только при вращающемся круге и начинать шлифование через 2—5 мин после подачи СОЖ. Прекращать подачу СОЖ в шлифовальный круг необходимо за несколько минут до выключения станка.

**Очистка СОЖ.** Для очистки СОЖ используют разные устройства.

Широко применяют магнитный сепаратор. Наиболее эффективными являются комплексные системы очистки СОЖ, в которые входят магнитный сепаратор и фильтр с бумажной лентой.

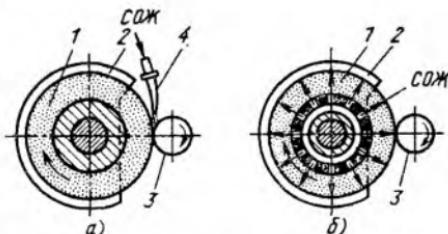


Рис. 121. Схемы подач СОЖ при шлифовании:

1 — шлифовальный круг; 2 — кожух;  
3 — заготовка; 4 — сопло

## 6. ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Любой режущий инструмент при резании изнашивается. Правка — процесс восстановления режущих способностей шлифовального круга и его геометрической формы (размерная стойкость). Правку шлифовальных кругов проводят алмазным инструментом. При правке необходимо снимать возможно меньший слой абразива. Износ круга при шлифовании составляет 15—20 % того объема, который снимают при правке шлифовального круга.

**Алмазные инструменты.** Для правки шлифовальных кругов по методу обтачивания применяют технические алмазы, алмазно-металлические карандаши, алмазные иглы и алмазно-металлические инструменты из алмазных порошков (ролики, гребенки, бруски и др.). На заводах часто используют автоматическую правку не только алмазами и алмазно-металлическими карандашами, но и алмазными роликами. Алмазные ролики — принципиально новый высокоточный и производительный инструмент для правки шлифовальных кругов, на внешней поверхности которого расположен алмазный слой. Алмазные ролики обеспечивают малое отклонение формы деталей, хорошую размерную стойкость круга.

Основные способы правки шлифовальных кругов алмазными роликами: цилиндрическим роликом (рис. 122, а), перемещающимся по прямой вдоль оси круга; фасонным роликом (рис. 122, б), перемещающимся в поперечном направлении (врезанием); цилиндрическим роликом (рис. 122, в), направленным по контуру; сложным фасонным роликом (рис. 122, г).

В зависимости от размера ролика его алмазный слой состоит из 300—1000 алмазных зерен. Один правящий алмазный ролик выдерживает 18—20 правок круга при толщине снимаемого слоя 0,03—0,04 мм. Правку шлифовальных кругов алмазными роликами проводят при рабочей скорости круга. Правку алмазных

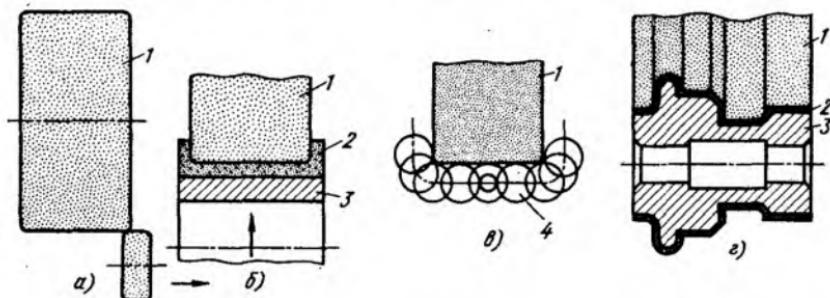


Рис. 122. Схемы правки шлифовальных кругов алмазными роликами:  
1 — абразивный круг; 2 — алмазный слой; 3 — корпус ролика; 4 — траектория ролика

кругов проводят только при засаливании поверхности режущего кольца частицами металла и при неравномерном изнашивании его рабочей поверхности.

## ГЛАВА XII

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

#### 1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ЕГО ОБСЛУЖИВАНИЕ

Рабочим местом шлифовщика называют ту зону производственной площади цеха, которая оснащена необходимыми для выполнения заданного трудового процесса техническими средствами. Систему мероприятий по оснащению рабочего места средствами и предметами труда и порядок расположения инвентаря, приспособлений, инструмента, заготовок и деталей во время работы, хранение их называют организацией рабочего места. Основной задачей этих мероприятий на рабочем месте шлифовщика является создание условий, обеспечивающих более полное использование как станка и его оснащения, так и рабочего времени.

На рабочем месте должны находиться только те предметы, которые необходимы для выполнения данной операции, причем каждый предмет должен быть на определенном месте. Если для мелких заготовок нет стеллажей, их следует складывать у станка в определенном порядке (рис. 123). Измерительный инструмент необходимо класть отдельно от режущего, заготовки — отдельно от деталей.

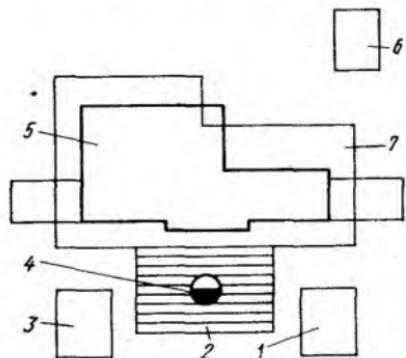


Рис. 123. Схема рабочего места шлифовщика:

1 — шкаф для хранения инструмента; 2 — решетка; 3 — стол для измерительного инструмента; 4 — положение рабочего у станка; 5 — станок ЗБ722; 6 — стеллаж для хранения приспособлений; 7 — фундамент

Вопросы планирования и загрузки рабочего места входят в обязанности мастера. Техническая документация (чертежи, технологические карты и т. д.) должна быть на рабочем месте до начала работы. Шлифовщик должен заранее знать, какую заготовку он будет обрабатывать, предварительно изучить чертеж детали.

## 2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

**Техника безопасности в механических цехах.** Подвесные транспортные устройства (монорельсы, конвейеры и др.) не должны располагаться над рабочим местом. Передачи — ременные, цепные, зубчатые и др. должны иметь ограждения.

Оборудование, работающее с выделением пыли (сухое шлифование), необходимо устанавливать в отдельном помещении. В этом помещении предусматривают вентиляцию и пылеотсасывающие устройства возле каждого места выделения пыли.

Технически грамотно решены вопросы техники безопасности на полуавтомате внутришлифовального универсального высокой точности станка ЗМ225ВФ2 с ЧПУ. Пуск гидравлики возможен только в исходном положении стола, пуск внутришлифовального шпинделя и шпинделя передней бабки — только при включенной гидравлике. При шлифовании отверстия в заготовке невозможен сход торцошлифовального устройства из нерабочего положения; при работе торцошлифовального устройства нельзя ввести стол в зону шлифования отверстия. Поперечное перемещение шлифовальной бабки осуществляется только в заданных линейных пределах (за указанными пределами подача автоматически отключается), поперечную подачу возможно включить только при включении шпинделя передней бабки и внутришлифовального круга. При открытии дверцы электрошкафа автоматически отключается вводной выключатель.

## 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Для хранения кругов на складе требуются стеллажи для больших кругов и выдвижные ящики для небольших кругов. Ячейки металлических стеллажей обшивают деревом или другим мягким материалом.

При транспортировании абразивного инструмента необходимо, чтобы дно и борта тележек были также обшиты мягким материалом; круги необходимо укладывать на подушку из опилок, древесной стружки и т. п. Не допускается перевозка абразивного инструмента вместе с металлическими предметами. На рабочем месте шлифовальные круги хранят отдельно от металлических предметов, так как они чувствительны к ударам. Под действием даже небольшого удара или толчка в них могут появиться трещины, которые могут быть причиной разрыва круга.

Абразивный инструмент должен быть подвергнут тщательному внешнему осмотру для своевременного обнаружения видимых дефектов круга. После осмотра следует слегка постучать деревянным молоточком массой 200—300 г по торцам поверхности круга для обнаружения внутренних дефектов. Перед пропусканием шлифовальный круг просушивают, очищают от упаковоч-

ногого материала и свободно надеваются на деревянный или металлический стержень.

Шлифовальные круги снабжают защитными кожухами из стали или ковкого чугуна. Без кожуха работать на станке не разрешается. Включая станок, необходимо убедиться в надежности крепления и прочности круга путем вращения его в холостую. Для обеспечения безопасной работы на станках круги испытывают на механическую прочность на стендах. Испытанию на механическую прочность подвергают круги, работающие со скоростью более 20 м/с. Скорость при испытании кругов должна в 1,5 раза превышать рабочую скорость.

---

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Бессольцев А. М., Покасюк В. Н. Станкостроение. Гибкие производственные системы на базе обрабатывающих центров, тяжелые и уникальные станки. Обзор. М.: НИИМаш, 1984. 84 с.
2. Врагов Ю. Я. Анализ компоновок металлорежущих станков (основы компонетики). М.: Машиностроение, 1978. 208 с.
3. Кельзон А. С. Упругие опоры в станкостроении. Обзорная информация. Станкостроение. М.: ВНИИТЭМР, 1985, вып. 3, 48 с.
4. Лещенко В. А., Киселев В. М., Куприянов Д. А. Гибкие производственные комплексы/Под ред. П. Н. Белянина и В. А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1984. 384 с.
5. Локтева С. Е. Станки с программным управлением. М.: Машиностроение, 1979. 288 с.
6. Лоскутов В. В. Шлифовальные станки. М.: Машиностроение, 1976. 192 с.
7. Лоскутов В. В. Шлифование металлов. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
8. Проников А. С., Камышный Н. И., Усов Б. А. Металлорежущие станки и автоматы/Под ред. А. С. Проникова. М.: Машиностроение, 1981. 480 с.
9. Свешников В. К., Столбов Л. С., Усов А. А. Гидроприводы металлорежущих станков и промышленных роботов (манипуляторов). Обзор. М.: НИИМаш, 1983. 44 с.
10. Соболев С. М., Астерман А. Н. Повышение производительности и точности обработки нежестких деталей на круглошлифовальных станках//Станки и инструмент. 1982. № 11. С. 15—16.
11. Юрин В. Н. Повышение технологической надежности станков. М.: Машиностроение, 1987. 78 с.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Основы технологии обработки заготовок шлифованием . . . . .</b>	4
1. Технологический процесс шлифования . . . . .	4
2. Закономерность построения механизмов главного движения и подач . . . . .	7
3. Классификация шлифовальных станков . . . . .	12
4. Основные типы и компоновки шлифовальных станков . . . . .	13
5. Кинематические связи в шлифовальных станках . . . . .	15
6. Эргономика шлифовальных станков . . . . .	16
<b>Глава II. Типовые механизмы и узлы шлифовальных станков . . . . .</b>	18
1. Механические передачи . . . . .	18
2. Валы, шпиндель и их опоры . . . . .	21
3. Гидравлические передачи . . . . .	26
4. Механизмы малых подач . . . . .	38
5. Пути повышения точности и надежности шлифовальных станков . . . . .	39
<b>Глава III. Круглошлифовальные станки . . . . .</b>	43
1. Методы круглого шлифования . . . . .	43
2. Круглошлифовальный центровый полуавтомат ЗМ151 . . . . .	45
3. Приспособления круглошлифовальных станков . . . . .	51
4. Наладка круглошлифовальных станков . . . . .	60
<b>Глава IV. Бесцентрово-шлифовальные станки . . . . .</b>	63
1. Общие сведения . . . . .	63
2. Круглошлифовальный бесцентровый полуавтомат ЗЕ184В . . . . .	67
3. Бесцентрово-шлифовальные станки с широкими кругами . . . . .	72
4. Загрузочные устройства . . . . .	74
5. Наладка бесцентрово-шлифовальных станков . . . . .	76
<b>Глава V. Внутришлифовальные станки . . . . .</b>	78
1. Особенности внутреннего шлифования . . . . .	78
2. Универсальные внутришлифовальные станки ЗК227В и ЗМ227В . . . . .	83
3. Шлифовальные станки с планетарным движением шпинделя . . . . .	89
4. Приспособления для крепления заготовок . . . . .	90
5. Особенности наладки внутришлифовальных станков . . . . .	93
<b>Глава VI. Плоскошлифовальные станки . . . . .</b>	94
1. Схемы шлифования плоских поверхностей . . . . .	94
2. Классификация плоскошлифовальных станков . . . . .	96
3. Плоскошлифовальный станок ЗЕ711В . . . . .	98
4. Плоскошлифовальный станок ЗЕ756 . . . . .	102
5. Двусторонние торцошлифовальные автоматы . . . . .	104
6. Приспособления для установки и закрепления заготовок . . . . .	106
7. Наладка плоскошлифовальных станков . . . . .	107

<b>Глава VII. Станки для финишных операций . . . . .</b>	<b>108</b>
1. Хонинговальные станки . . . . .	108
2. Доводочные станки . . . . .	114
3. Суперфинишные станки . . . . .	117
4. Станки для ленточного шлифования . . . . .	119
<b>Глава VIII. Станки для скоростного и силового шлифования . . . . .</b>	<b>122</b>
1. Особенности скоростного и силового шлифования . . . . .	122
2. Требования к станкам для скоростного и силового шлифования . . . . .	124
3. Станки для скоростного и силового шлифования . . . . .	125
<b>Глава IX. Автоматизация шлифовального оборудования . . . . .</b>	<b>128</b>
1. Основные понятия . . . . .	128
2. Автоматические загрузочные устройства . . . . .	129
3. Технические средства управления . . . . .	132
4. Автоматизация измерений размеров заготовки на шлифовальных станках . . . . .	135
5. Промышленные роботы . . . . .	139
6. Механизация подъемно-транспортных работ . . . . .	140
7. Автоматические линии (АЛ) . . . . .	141
8. Гибкие производственные системы (ГПС) . . . . .	144
<b>Глава X. Основные понятия о числовом программном управлении (ЧПУ) станками . . . . .</b>	<b>147</b>
1. Общие сведения . . . . .	147
2. Системы программного управления станками . . . . .	148
3. Кодирование управляющих программ . . . . .	150
4. Считывающие устройства . . . . .	151
5. Приводы исполнительных органов . . . . .	152
6. Шлифовальные станки с ЧПУ . . . . .	153
<b>Глава XI. Эксплуатация шлифовальных станков . . . . .</b>	<b>159</b>
1. Общие сведения . . . . .	159
2. Установка шлифовальных станков . . . . .	160
3. Проверка станка на точность . . . . .	162
4. Техническое обслуживание и ремонт . . . . .	166
5. СОЖ . . . . .	168
6. Правка шлифовальных кругов . . . . .	170
<b>Глава XII. Организация рабочего места и техника безопасности . . . . .</b>	<b>171</b>
1. Организация рабочего места и его обслуживание . . . . .	171
2. Техника безопасности . . . . .	172
3. Эксплуатация шлифовальных кругов . . . . .	172
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>173</b>

**Долгопрудненский авиационный техникум**

**Электронная библиотека**



Заказчик: А.Ю.Козловский Исполнитель Н.Н.Миличий



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

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109  
Email: dat.ak@mail.ru  
Site: gosdat.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**ЛОСКУТОВ Василий Васильевич**

**ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ**

Редактор Ю. И. Подскребко

Технический редактор Н. В. Тимофеенко

Корректор Л. Я. Шабашова

ИБ № 5369

Сдано в набор 19.10.87.

Подписано в печать 07.01.88. Т-04009.

Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная № 2.

Гарнитура литературная. Печать офсетная.

-Усл. печ. л. 10,78. Усл. кр.-отт. 11,03. Уч.-изд. л. 11,33.

Тираж 20 000 экз. Заказ 1648. Цена 55 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,  
107076, Москва, Строгинский пер., 4.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома

при Государственном комитете СССР

по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

101898, Москва, Центр, Хохловский пер., 7.

55 коп.

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»



ISBN 5-217-00252-2