



**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Гидропневмоавтоматика»**

**Г. С. Кульгейко, Е. Э. Дмитриченко**

## **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**ПРАКТИКУМ**

**по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2015**

УДК 621.0(075.8)  
ББК 34.5я73  
К90

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 9 от 12.05.2014 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Технология машиностроения»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *И. В. Царенко*

Кульгейко, Г. С.  
К90 Основы технологии машиностроения : практикум по выполнению лаб. работ для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / Г. С. Кульгейко, Е. Э. Дмитриченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 108 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены схемы станков и их описание, инструменты и приспособления для различных групп станков, схема базирования деталей, описаны алгоритмы проведения расчетов режимов резания для различных технологических операций и расчетов нормы времени.

Для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.0(075.8)**  
**ББК 34.5я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2015

## Указания по технике безопасности

Инструктаж по технике безопасности, проводится на первом лабораторном занятии. Студенты, не прошедшие инструктаж, к работе в лаборатории не допускаются.

Лабораторные работы выполняются на оборудовании кафедр «Технология машиностроения», «МРСИ», лаборатории «ЛКТО». При их выполнении следует соблюдать следующие правила:

1. Включение и выключение оборудования производится преподавателями или лаборантами. При отсутствии преподавателя или лаборанта, включение стенов и работа на них категорически запрещается.

2. В процессе проведения работы студент, допущенный к выполнению работы, должен находиться на своем рабочем месте, указанном преподавателем или лаборантом.

3. При проведении работы запрещается выполнение действий, не предусмотренных в разделах "Порядок выполнения работы" или не разрешенных преподавателем или лаборантом.

4. По окончании опыта, студент покидает рабочее место по указанию преподавателя или лаборанта.

## Общие указания по оформлению отчета

Оформление отчетов по лабораторным работам производится в соответствии с действующими стандартами, входящими в комплекс Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Отчет по каждой работе должен содержать:

- формулировку цели данной работы;
- основные расчетные формулы;
- схемы и устройство оборудования, схемы обработки;
- чертеж детали, маршрутный технологический процесс обработки данной детали, операционные эскизы на заданную операцию;
- таблицу расчетов и выводы из результатов расчетов.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, которые могут дать правильные ответы на контрольные вопросы данной работы. Для подготовки к лабораторным занятиям рекомендуется использовать информацию изложенную в данном методическом пособии и рекомендуемой литературе.

## 1.Лабораторная работа №1

### Технологические возможности токарных станков. Измерение шероховатости поверхностей, полученных точением и алмазным выглаживанием

**Цель работы:** изучить общий вид станка 16К20, получить представление о методах обработки различных поверхностей на данном станке, ознакомиться с технологическими возможностями станков токарной группы, получить навыки по выбору оборудования и технологической оснастки.

### 1.1 Теоретическая часть

#### 1.1.1 Общие сведения о токарных станках

Токарные станки относятся к первой группе и классифицируются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1.1

Классификация токарных станков

Группа	Типы токарных станков				
	1	2	3	4	5
1	Автоматы и полуавтоматы		Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные
		6	7	8	9
	Токарные и лобовые		Многорезцовые	Специализированные	Разные токарные

Точение тел вращения осуществляется на станках токарной группы (см. табл. 1.1). У станков этой группы **главное движение** – вращение шпинделя (шпинделей) с заготовкой; **движения подачи** – перемещение суппорта (суппортов) продольном и поперечном направлениях; **вспомогательные движения** – быстрые перемещения каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях от отдельного привода и др.

Распространенными в единичном и мелкосерийном производствах являются универсальные токарно-винторезные станки, на которых можно осуществлять все виды точения, а также нарезание различных резьб, сверление, зенкерование, развертывание, накатывание и алмазное выглаживание.

В состав этих станков входят (рис. 1.1, а) станина 10, передняя бабка 1, суппорт 2 с резцедержателем 3, задняя бабка 5, ходовой винт 6, ходовой вал 7, фартук 8 и коробка подачи 9.

Заготовка 4 может устанавливаться в центрах, в трехкулачковом патроне или в другом приспособлении. Движение резания  $D_r$  осуществляется вращением шпинделя станка с закрепленной на нем заготовкой. Движения подачи  $D_{спр}$  и  $D_{спп}$  обеспечиваются относительным продольным и поперечным перемещением суппорта станка с резцедержателем (резцом).

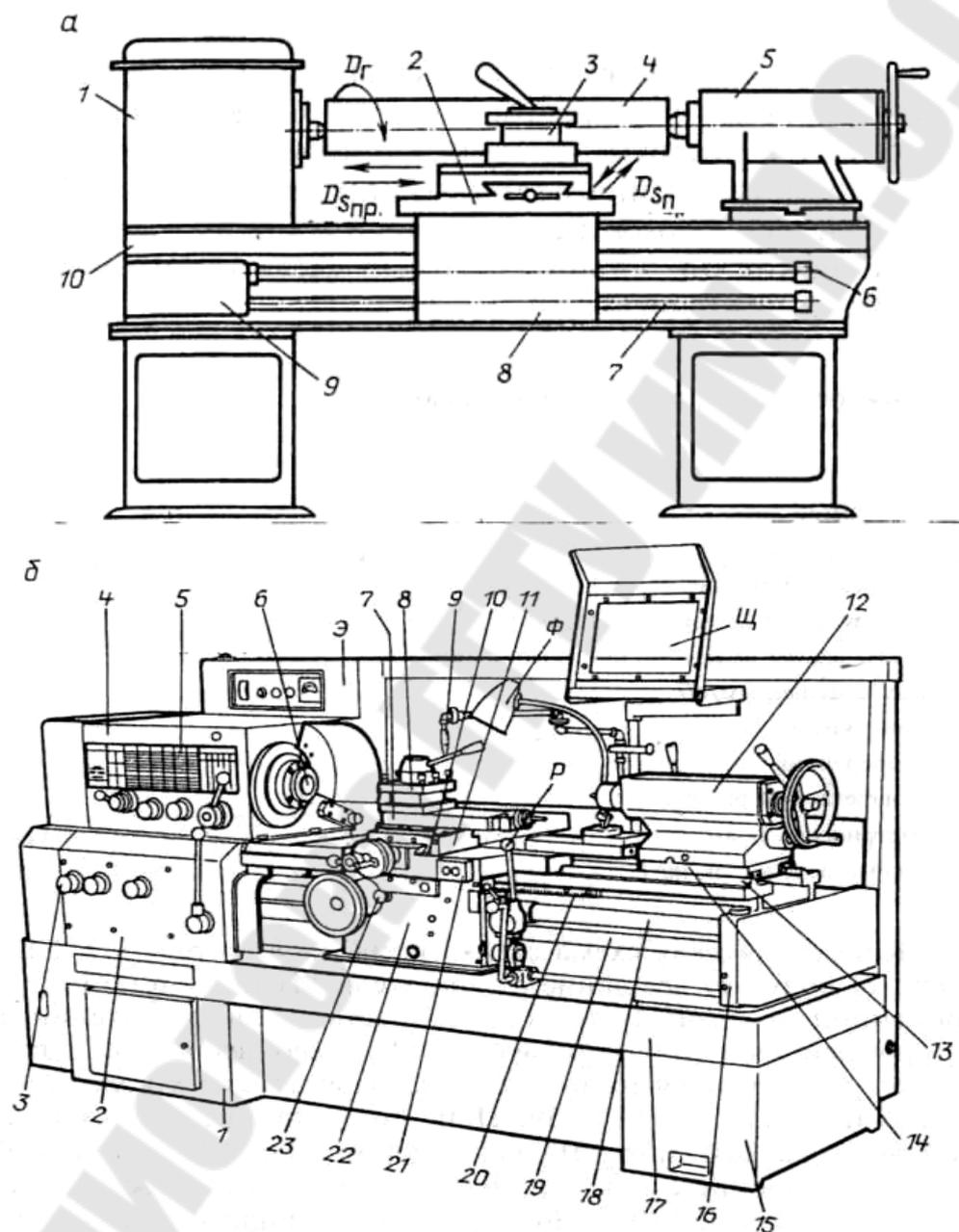


Рис. 1.1 – Схема токарно-винторезного станка (а) и общий вид станка мод. 16К20 (б)

На рис. 1.1, б показан общий вид широко применяемого токарно-винторезного станка мод. 16К20. Станина размещена на тумбах 1, 15. В тумбе 1 смонтирован электродвигатель главного привода станка, в тумбе 15 размещены бак и насосная станция подачи СОЖ. С левой стороны станины установлены коробка подач 2 с органами управления 3 и передняя бабка 4 с нониусом 5 и органами управления, в которой размещена коробка скоростей и шпиндель 6. На направляющих 13 станины установлены продольные салазки (каретка) 21, обеспечивающие движение  $D_{\text{спр}}$  и имеющие поперечные направляющие 10, по которым, обеспечивая движение  $D_{\text{стоп}}$ , перемещаются поперечные салазки (каретка) 11. На каретке 11 размещена поворотная плита с направляющими для установки, поворота и перемещения резцовых салазок (верхней каретки) 7 с резцедержателем 8. На суппорте 21 закреплен фартук 22 с рукояткой 23 включения и выключения реечной шестерни и другими органами управления, соединенный соответствующими передачами с ходовым винтом 18, ходовым валом 19 и зубчатой рейкой 20 для обеспечения движений суппорта соответственно при нарезании резьбы, поперечном точении, продольном точении и быстром перемещении суппорта.

За передней бабкой установлен электроцит Э с органами управления электросистемой. Насосная станция станка соединена трубопроводами с краном 9 подачи СОЖ, которая, поливая заготовку и инструмент, стекает в корыто 17, а оттуда – в бак. Для предотвращения разбрасывания стружки и разбрызгивания СОЖ при обработке заготовок на станке предусмотрен откидной щиток Щ. Станок снабжен местным освещением в виде светильника (фонаря) Ф.

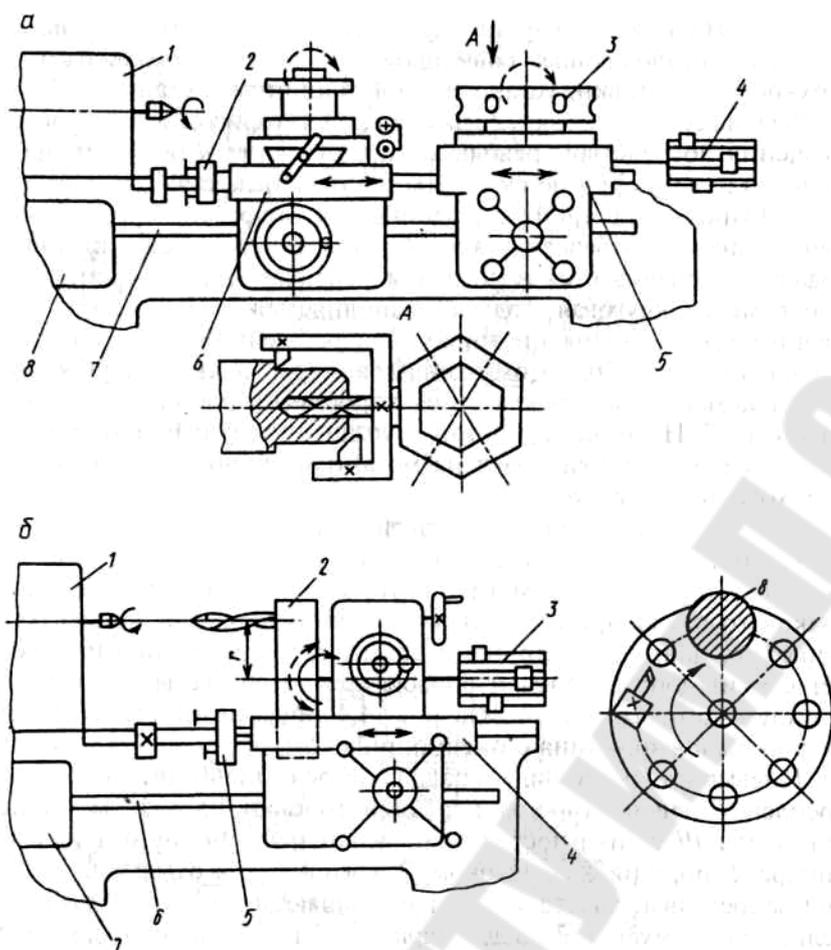


Рис. 1.2 – Схемы револьверных станков с осью вращения револьверной головки: *а* – вертикальная; *б* – горизонтальная

К токарной группе относятся также токарно-револьверные станки и полуавтоматы, используемые в серийном и массовом производствах. Токарно-револьверные станки отличаются от токарно-винторезных наличием револьверной головки (которая устанавливается на револьверном суппорте, размещаемом вместо задней бабки) и отсутствием ходового винта. В гнездах револьверной головки можно закреплять резцы, сверла, метчики, плашки и другие инструменты, а также многоинструментальные державки для одновременной обработки нескольких поверхностей заготовки. Эти станки более производительны, чем токарно-винторезные. Станки могут быть с вертикальной и горизонтальной осями вращения револьверной головки. На станках с вертикальной осью вращения головки наряду с револьверным суппортом предусмотрен такой же суппорт, как и на токарных станках, имеющий продольную и поперечную подачи, что расширяет технологические возможности и повышает производительность в ре-

зультате совмещения операций.

Токарно-револьверные станки позволяют использовать в качестве заготовок прутки и штучные заготовки. На станке с вертикальной осью вращения револьверной головки (рис. 1.2, *а*) инструмент суппорта 6 имеет продольную и поперечную подачи.

Для револьверного суппорта 5 предусмотрена лишь продольная подача. На этом суппорте установлена револьверная головка 3, которая в период отвода суппорта вправо автоматически поворачивается для установки в рабочую позицию другого инструмента. Одновременно поворачивается и барабан 4 с упорами. При повороте упоры через соответствующие переключатели подают команду на изменение скорости и подач на новые параметры режима обработки  $\vartheta$  и  $S$ . Движение с коробки подач на суппорты передается ходовым валом 7. На рисунке сверху представлена многоинструментальная державка, позволяющая совмещать обработку нескольких поверхностей заготовки, установленной в шпинделе станка.

Револьверная головка 2 (рис. 1.2, *б*) с горизонтальной осью вращения посредством револьверного суппорта 4 получает продольную подачу. Другие суппорты на этом типе станков отсутствуют. Выполнение таких операций, как подрезка торцов, проточка канавок, отрезка детали 8, поперечная к оси заготовки подача, обеспечивается вращением револьверной головки, т. е. имеет место круговая подача, выполняемая механически или вручную. Для замены инструмента в рабочей позиции головка поворачивается. При этом командоаппарат 3 своими упорами подает команду на переключения коробки скоростей 1 и коробки подач 7. На торце суппорта 4 установлен барабан упоров 5. Движение от коробки подач на механизм суппорта обеспечивается ходовым валом 6.

### **1.1.2 Инструмент, используемый на токарных станках**

Основным инструментом при токарной обработке заготовок являются резцы, которые по назначению подразделяются (рис. 1.3) на проходные 6, 8, проходные упорные 4, подрезные 1, отрезные и прорезные 5, расточные 10 и 9; фасонные 2; резьбовые 7; резцы для чистой обработки 3 с зачищающей гранью и др.

По направлению движения резцы могут быть правые (3, 4, 6, 8) и левые (1), радиальные и тангенциальные. По форме режущей части

они могут быть прямые (3, 6), отогнутые (1, 4, 8, 9, 10), оттянутые (5, 7) и изогнутые. По конструкции различаются резцы цельные и сборные (с креплением режущих пластинок различными способами), резцовые блоки.

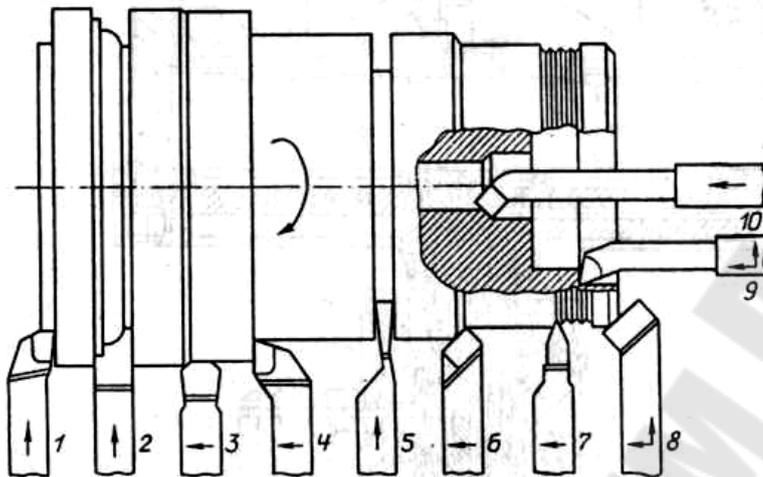


Рис. 1.3 – Основные типы резцов и их относительные движения

Токарная обработка осуществляется при главном движении (вращении заготовки) и движениях подачи инструмента (рис. 1.4, а). Формообразование поверхностей при обработке с продольным движением подачи осуществляется по методу следов, при обработке с поперечным движением – в основном по методу копирования. Перемещения инструментов и управление ими могут осуществляться полностью или частично вручную (универсальные станки), от кулачков или копиров (полуавтоматы и автоматы) или по управляющим командам программ системы ЧПУ станка.

Наружные цилиндрические поверхности обтачиваются (рис. 1.4, б) прямыми или упорными проходными резцами. Заготовки гладких валов обтачивают, устанавливая их в центрах. Заготовки ступенчатых валов обтачивают по схемам деления припуска на части (многопроходная обработка) или по схемам деления заготовки на части. Для обработки нежестких валов рекомендуется использовать резцы с главным углом в плане  $\varphi = 90^\circ$ . При этом радиальная составляющая силы резания  $P_y = 0$ , что снижает деформацию (прогиб) в процессе обработки и повышает точность обработки.

Наружные (рис. 1.4, в) и внутренние резьбы нарезаются резьбовыми резцами, форма и расположение режущих кромок которых определяет профиль нарезаемых резьб. Наладку универсальных токар-

но-винторезных станков для нарезания резьбы с заданным шагом необходимо начинать с определения числа зубьев сменных зубчатых колес гитары.

Точение длинных пологих конусов можно осуществлять путем смещения в поперечном направлении задней бабки относительно ее основания (рис. 1.4, *з*). Значение смещения определяется исходя из общей длины заготовки по центровым гнездам и заданного угла путем решения прямоугольного треугольника, малый катет которого противолежащий углу, есть искомая величина (смещение бабки). Конические поверхности небольшой длины могут обрабатываться путем поворота поворотной плиты с резцовыми салазками и перемещения на них от руки резцедержателя с резцом. При обработке конических поверхностей на станках с ЧПУ перемещение резца под углом обеспечивается за счет автоматического суммирования одновременно осуществляемых продольного и поперечного движений подачи. На рис. 1.4, *в*, *г* показана установка заготовок в центрах с применением поводка 1 и поводкового патрона 2.

Сквозные отверстия растачиваются расточными резцами (рис. 1.4, *д*), глухие – упорными (рис. 1.4, *е*).

С поперечным движением подачи обтачиваются кольцевые  $\square$ инавки (рис. 1.4, *з*) прорезными резцами, профильные канавки (рис. 1.4, *и*) фасонными стержневыми резцами, короткие конические поверхности – фаски (рис. 1.4, *к*) широкими резцами, у которых главный угол в плане  $\varphi$  равен половине угла при вершине конической поверхности.

Отрезание деталей от заготовки (рис. 1.4, *л*) выполняется отрезными резцами с наклонной режущей кромкой, что обеспечивает получение торца у детали без остаточного заусенца. Подрезание торцов (рис. 1.4, *н*) обеспечивается при поперечной подаче специальными подрезными резцами.

На токарно-винторезных станках обработка отверстий выполняется сверлами (рис. 1.4, *м*), зенкерами и развертками. Обтачивание наружных и растачивание внутренних конических поверхностей средней длины (рис. 1.4 *ж*, *о*) с любым углом конуса при вершине производятся на токарно-винторезных станках с наклонным движением подачи резцов при повороте резцовых салазок.

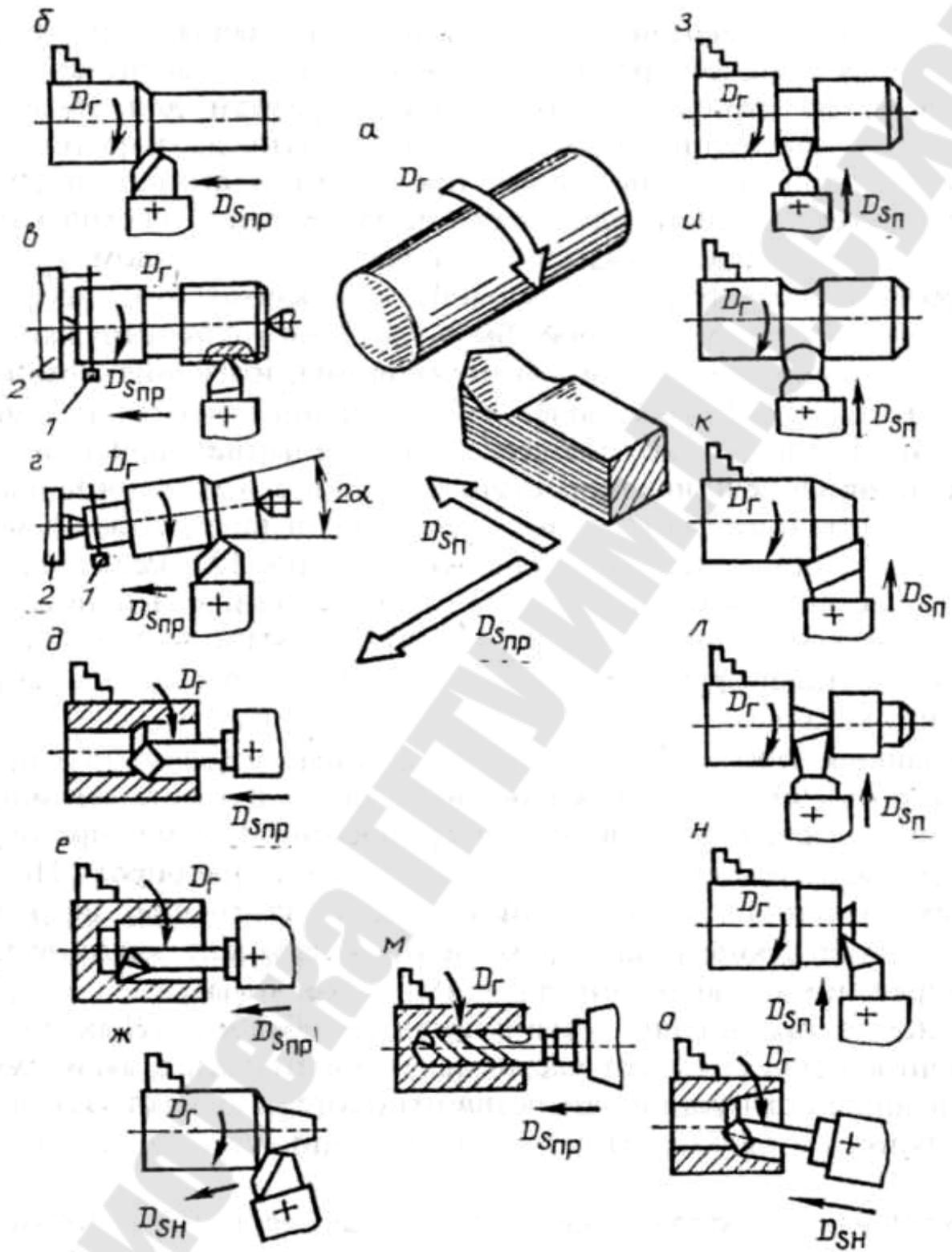


Рис. 1.4 – Схемы обработки заготовок на токарных станках

### 1.1.3 Приспособления для базирования и закрепления заготовок

Для установки длинных заготовок на токарных станках используются центры (рис. 1.5 и 1.6) и люнеты, при этом на заготовку надевается хомутик (рис. 1.7), который упирается в палец 1 (рис. 1.7,б) планшайбы или поводкового патрона; для коротких – трехлачковые, четырехлачковые, цанговые патроны и другие приспособления. Люнет служит дополнительной опорой при обработке вращающихся длинных заготовок валов.

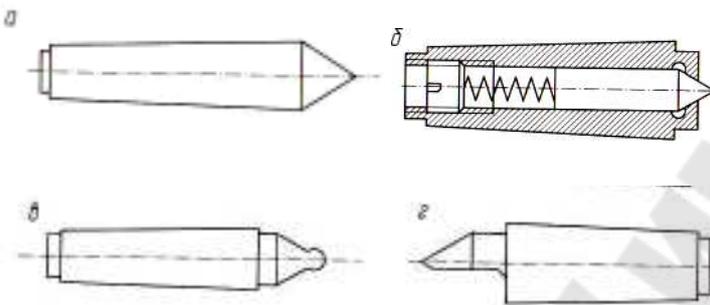


Рис. 1.5 – Схемы неподвижного (жесткого) (а), плавающего (б), сферического (в) центров и полуцентра (г)

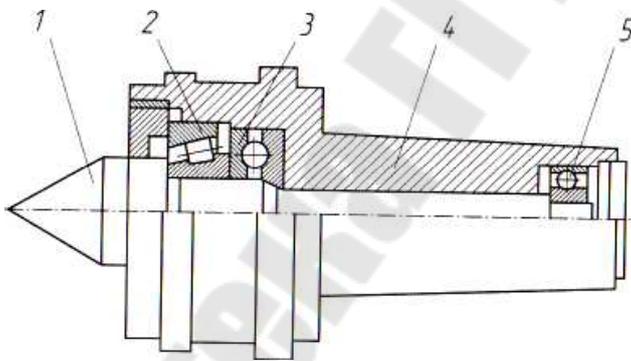


Рис. 1.6 – Вращающийся центр:

1 – собственно центр; 2 – упорно-радиальный конический роликоподшипник; 3 – упорный шарикодшипник; 4 – корпус; 5 – радиальный шарикоподшипник

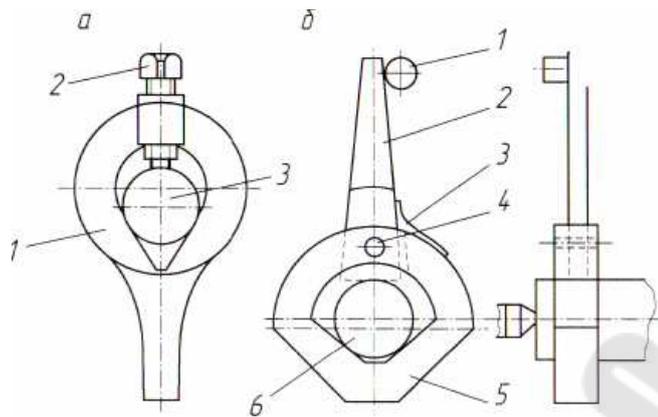


Рис. 1.7 – Токарные хомутики:

*a* – обычный (1 – корпус; 2 – винт; 3 – заготовка); *б* – самозатягивающийся (1 – палец планшайбы; 2 – рычаг шарнирный; 3 – пружина; 4 – ось рычага; 5 – корпус; 6 – заготовка)

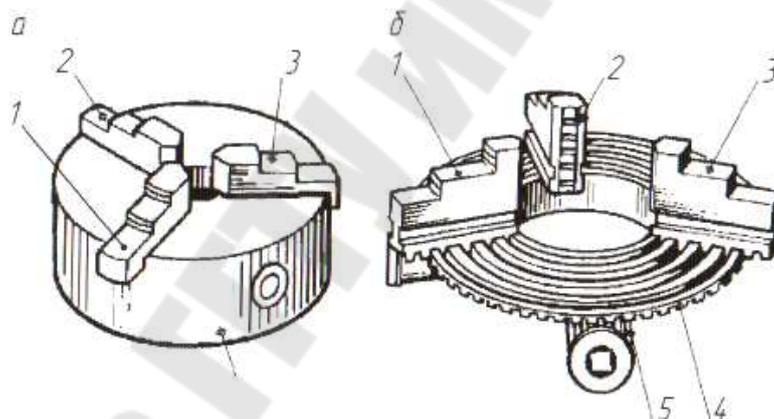


Рис.1.8 – Трехкулачковый самоцентрирующий патрон: *a* – общий вид; *б* – устройство; 1– 3 – кулачки; 4 – диск с коническим зубчатым венцом и спиральной нарезкой; 5 – приводное коническое зубчатое колесо; 6 – корпус

Для установки заготовки, с использованием в качестве реальной технологической базы наружной цилиндрической или шестигранной поверхности, обычно используют трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 1.8). Такой патрон можно использовать, если в качестве реальной технологической базы принята внутренняя цилиндрическая поверхность и прилегающий к ней торец, но диаметр этой поверхности должен быть достаточно большим, чтобы внутри могли разместиться кулачки. Четырехкулачковый патрон (рис.1.9) с независимым перемещением кулачков винтовым приводом применяют преимущественно для закрепления заготовок с технологической базой некруглой формы (квадрат, прямоугольник и т.д.). Кулачки этих патронов могут быть по-

вернуты на 180° для установки заготовок по наружным поверхностям большого удаления друг от друга.

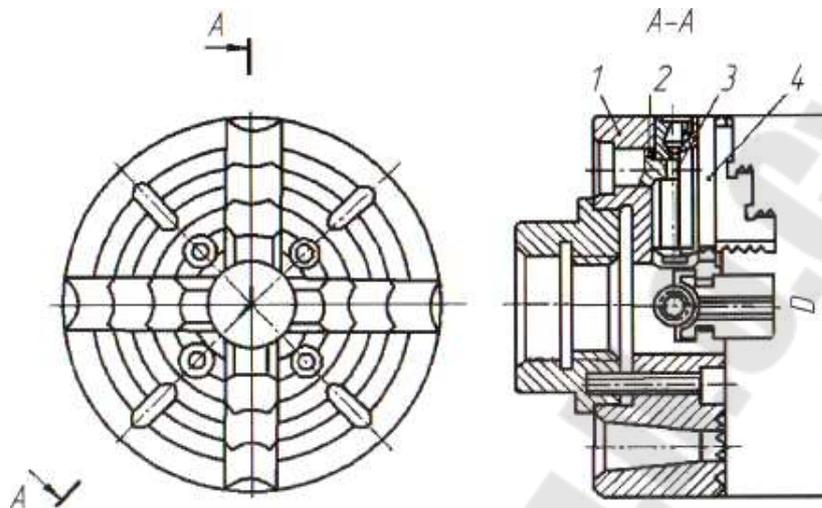


Рис. 1.9 – Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков: 1 – корпус; 2 – упор; 3 – винт; 4 – кулачок

При обработке втулок и дисков, чтобы обеспечить соосность обрабатываемых поверхностей с отверстием, которое служит реальной технологической базой, заготовку устанавливают и закрепляют на оправках различной конструкции. Оправки могут быть консольными, когда они своим хвостовиком (конус Морзе) устанавливаются в шпинделе станка, или центровыми, когда с закрепленной на них заготовкой устанавливаются в центрах. Цилиндрические оправки для установки заготовок с гарантированным зазором (рис. 1.10, а) конструктивно простые, позволяют вести многоместную обработку, но не обеспечивают точного центрирования. Цилиндрические прессы (рис. 1.10, б) применяют при необходимости обеспечить высокую точность относительного расположения отверстия и обрабатываемых поверхностей. Используя при запрессовке упорные кольца (на рисунке не показаны), точно ориентируют заготовку по длине оправки. При наличии кольцевой выточки 1 можно подрезать оба торца заготовки. Шейка 2 – направляющая при напрессовке заготовки на рабочую поверхность.

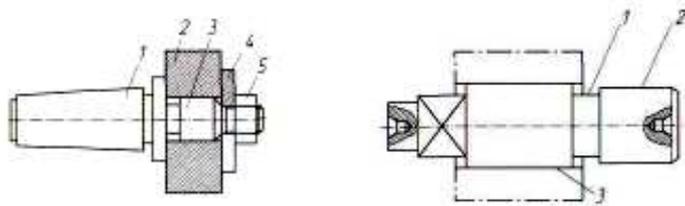


Рис. 1.10 – Схемы оправок для установки заготовок: *а* – консольная оправка с зазором: 1 – хвостовик; 2 – заготовка; 3 – рабочая шейка; 4 – быстросъемная шайба; 5 – гайка; *б* – схема цилиндрической прессовой оправки: 1 – кольцевая выточка; 2 – шейка направляющая; 3 – рабочая поверхность

Наряду с жесткими, применяют разжимные оправки:

2.цанговые; 2) кулачковые; 3) с тарельчатыми пружинами; 4) с гофрированными центрирующими втулками; 5) с упругой гильзой, которая разжимается изнутри гидропластом; 6) самозажимные роликовые.

Кулачковая центровая и консольная цанговая оправки показаны на рис. 1.11. Силу закрепления на этих оправках обеспечивает давление центра задней бабки. При этом тонкостенные втулки 3 разжимаются кулачками 1 при воздействии втулки 2 (рис. 1.11, *а*) или лепестками 4 цанги при воздействии конуса 5 (рис. 1.11, *б*).

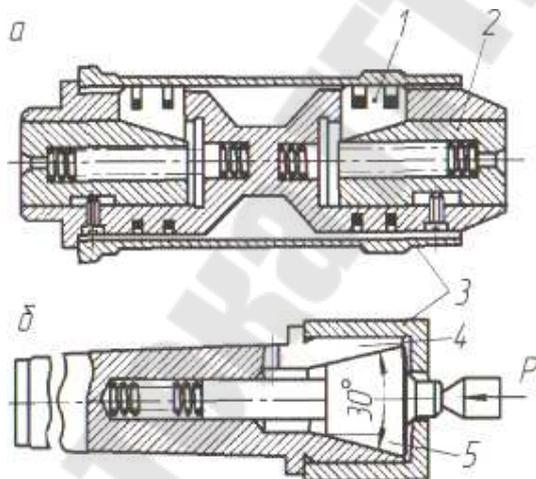


Рис. 1.11 – Кулачковая центровая (*а*) и консольная цанговая (*б*) оправки.

### 1.1.4 Схемы базирования и установки

Схемой базирования будем называть эскиз заготовки детали в состоянии после выполнения рассматриваемой операции, на котором выделены обработанные поверхности, проставлены выполненные

технологические размеры и условными значками отмечены точки сопряжения технологических баз заготовки с плоскостями (осями) собственной (базовой) системы координат. Технологическими базами заготовок, которые обрабатывают на токарном станке, чаще всего бывают оси цилиндрических и конических поверхностей и плоскости (торец, ось симметрии, плоскость). Сочетание технологических баз, обеспечивающих полную определенность положения заготовки относительно собственной системы координат, будем называть комплектом технологических баз, который должен накладываться на заготовку шесть связей.

Установка характеризуется базированием и закреплением заготовки с целью обеспечения ее неподвижности при воздействии сил обработки. Поэтому схема установки отличается от схемы базирования тем, что на ней вместо точек сопряжения условными знаками указывают установочные и зажимные (установочно-зажимные) элементы приспособления, а также место приложения и направление действия силы зажима.

На рис.1.12 показаны примеры схем базирования (слева) и соответствующих им схем установки (справа). Комплект технологических баз, показанный на рис. 1.12, а, состоит из оси заготовки – двойной направляющей (1 – 4) и двух опорных (5, 6) баз – торца и плоскости симметрии, проходящей через ось заготовки. Эта схема базирования заготовки может быть реализована посредством переднего и заднего вращающегося центров. Вращающимся центром задней бабки заготовка подается до жесткого упора. При этом вращение заготовке передается поводковым патроном и хомутиком.

Комплект технологических баз, показанный на рис. 1.12, б и в, состоит из установочной (1– 3), двойной опорной (4, 5) и опорной (6) баз. Для подрезания торца и обтачивания уступа на заготовке детали типа диск ее устанавливают в трехкулачковые самоцентрирующий патрон с опорой торцом в выточки кулачков (рис. 1.12, б).

Комплект технологических баз при обработке небольшой корпусной детали (рис. 1.12, в) реализуется при установке заготовки на плоские опоры и два пальца (цилиндрический и ромбический). Сила зажима прижимает заготовку к опорам. Такое специальное приспособление можно смонтировать из стандартных элементов на планшайбе.

Комплект технологических баз, показанный на рис. 1.12, г, состоит из установочной (1– 3), направляющей (4, 5) и опорной (6) баз. Он может быть реализован при установке заготовки в четырехкулачковый

патрон.

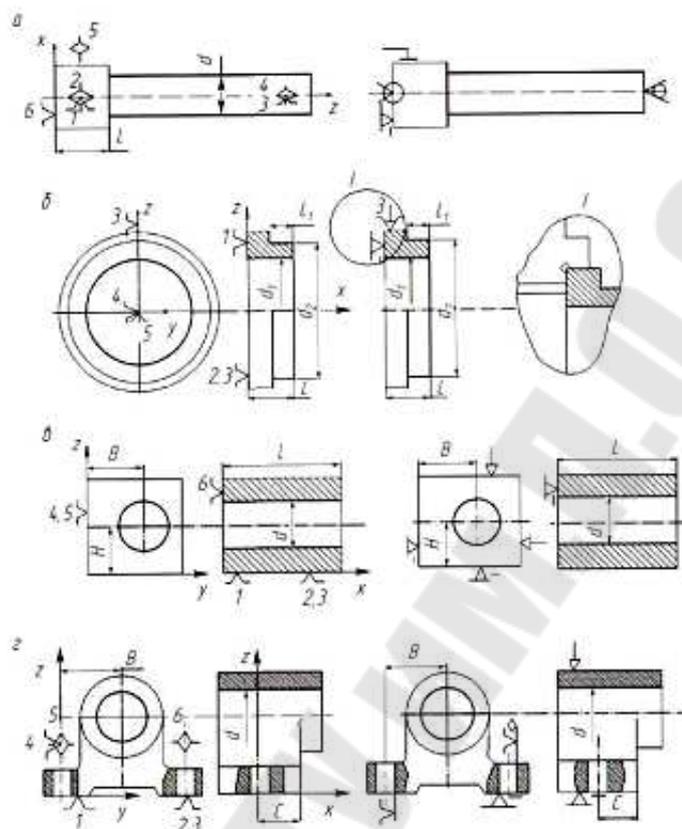


Рис. 1.13 – Примеры схем базирования и соответствующих им схем установки (а – з)

### 1.1.5 Режимы резания для токарных операций

Скорость резания при обтачивании определяется окружной скоростью точки, взятой на поверхности заготовки, м/мин

$$v = \frac{\pi D_3 n_3}{1000},$$

где  $D_3$  – диаметр заготовки, мм;

$n_3$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ .

При поперечной подаче (подрезание торца, отрезка) скорость  $v$  непостоянна и уменьшается с перемещением резца к центру заготовки. При растачивании скорость определяется по наибольшему диаметру обработанной поверхности.

При точении подача выражается в мм/мин ( $S_M$ ) и в мм/об ( $S_0$ ). Глубина резания  $t$  при обработке в несколько проходов выбирается

индивидуально для каждого из них.

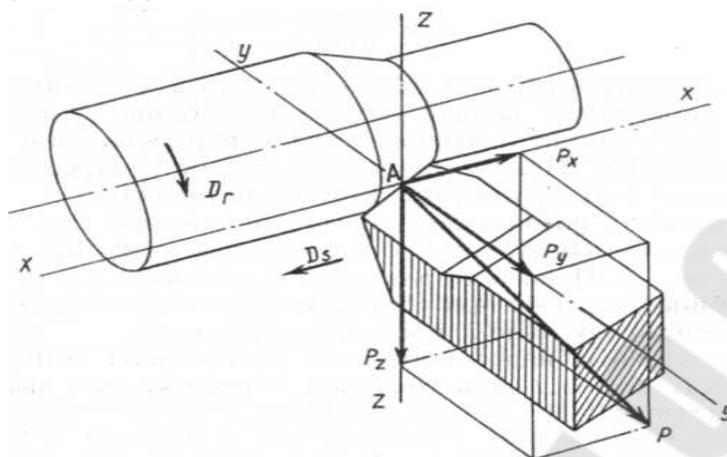


Рис. 1.14 – Схема сил, действующих на проходной резец

В процессе обработки на резец, равно как и на заготовку, действуют силы сопротивления резанию. Вектор равнодействующей этих сил  $P$  при тчении можно приложить в середине (в точке  $A$ ) контактной части главной режущей кромки резца (рис. 1.14). Для удобства расчетов вектор  $P$  раскладывается на составляющие в системе координат  $XYZ$ :  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ .

Осевая сила  $P_x$ , действующая в направлении, противоположном направлению движения подачи  $D_s$ , учитывается при расчетах на прочность механизма продольной подачи станка и резца на изгиб в плоскости  $XY$ . Радиальная сила  $P_y$  принимается во внимание при расчетах на прочность механизма поперечной подачи станка, сопротивления отжиму резца и изгиба заготовки в плоскости  $XY$ . Тангенциальная сила  $P_z$ , совпадающая с направлением вектора скорости движения резания, называется **силой резания**. Эта сила учитывается при расчетах мощности станка, работы резания и сопротивления резца изгибу в плоскости  $YZ$ . Равнодействующая всех рассмотренных сил имеет следующий вид

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

Наибольшей по значению обычно является сила  $P_z$ . По значению силы  $P_z$  можно определить эффективную мощность  $N_{эф}$ , кВт  
 $N_{эф} = P_z \vartheta / 60037,2$ .

Время работы резца до допустимого значения износа, определяемого критерием затупления, называется периодом стойкости  $T_{ц}$ (мин) инструмента.

## 1.2 Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретическую часть данной лабораторной работы.
2. Получить задание у преподавателя (чертеж детали или вариант с указанием типа производства).
3. Изучить чертеж, разработать маршрутный технологический процесс обработки детали для заданного типа производства, начертить операционный эскиз для токарной операции, операцию описать по переходам.
4. Используя литературу 1 и 2 рассчитать режимы резания для заданных переходов токарной операции.
5. Произвести наладку токарно-винторезного станка на обработку заданной детали, настроить на рассчитанные режимы резания, произвести подрезку торца, точить цилиндрическую поверхность, сверлить отверстие. Произвести контроль шероховатости обработанных поверхностей.
6. Изменить режимы резания (для чистового точения), настроить станок, точить цилиндрическую поверхность, расточить отверстие. Произвести контроль шероховатости обработанных поверхностей.
7. Выбрать модель токарного станка в соответствии с типом производства, инструмент и приспособление для выполнения токарной операции, используя справочную литературу 1.
8. Используя литературу 1 и 2 рассчитать режимы резания для одного перехода токарной операции.
9. Составить отчет о проделанной работе.

## 3. Содержание отчета

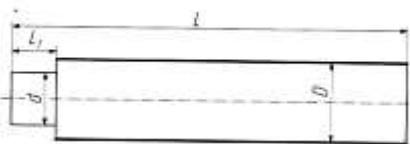
1. Цель работы.
2. Начертить все схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на токарном станке 16К20 с указанием основных движений и обозначением режущего инструмента.
3. Начертить схему наладки токарного станка, выбранного в соответствии с техпроцессом, обозначить основные узлы и движения узлов станка. Обозначить на схеме инструмент и приспособления.
4. Начертить операционный эскиз детали (эскиз детали с выделенной обрабатываемой поверхностью, указанием глубины резания, основных движений, базирования и т.д.).

5. Привести расчеты режимов резания.
6. Сделать выводы о проделанной работе.

#### 1.4 Контрольные вопросы

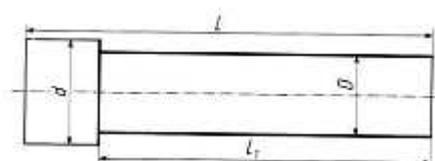
1. Расскажите классификацию токарных станков.
2. Приведите схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на токарно-винторезном станке, указать виды инструментов используемые при этом.
3. Назовите главные компоненты токарно-винторезного станка.
4. Какой компонент токарно-винторезного станка совершает главное движение?
5. Какие компоненты токарно-винторезного станка совершают движения подачи?
6. Какие компоненты станка совершают автоматические движения подачи?
8. Назовите разновидности инструментов, которые применяют на токарно-винторезном станке.
9. Какими способами можно передать крутящий момент от шпинделя заготовке, установленной в центрах?
10. Какими способами можно установить заготовку, если технологической базой являются цилиндрическое отверстие и торец заготовки?
11. Как установить заготовку вала низкой жесткости?
13. Как установить заготовку длинного вала для обработки отверстия, соосного оси вала, в одном из его концов?
14. Как установить метчик и плашку на токарно-винторезном станке?
16. Укажите возможные варианты формообразования наружных и внутренних конических поверхностей.
18. Как обеспечить соосность обработанных с одной установки точных наружной и внутренней цилиндрических поверхностей на заготовке без отверстия?
21. Как проверить точность обработки наружной и внутренней крепежной резьбы?
23. Как проверить точность обработки внутренней цилиндрической поверхности?
24. Как проверить точность обработки наружной фасонной поверхности?

## 1.5 Задания по проектированию операций токарной обработки



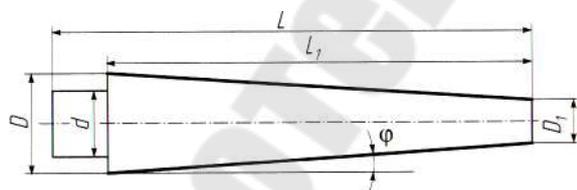
Материал: СЧ10

№	$D$ , мм	$d$ , мм	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
1	50 h11	30	300	50	12,5
2	50 h10	20	80	20	6,3
3	100h9	80	200	40	3,2
4	120h9	100	900	100	1,6



Материал: Сталь 45

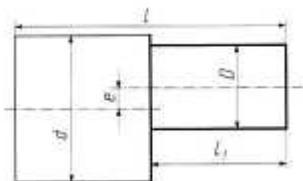
№	$D$ мм	$d$ , мм	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
5	30 h11	50	300	50 IT11	12,5
6	20 h10	50	80	20 IT 10	6,3
7	80 h9	100	200	40 IT 9	3,2
8	100 h8	120	900	100 IT10	1,6



Материал: Сталь 45

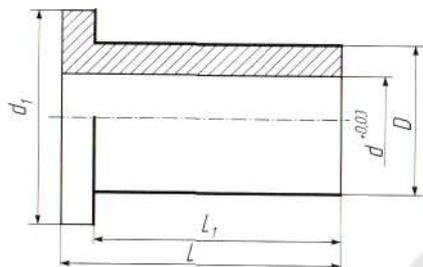
№	$D$ , мм	$d$ , мм	$D_1$ , мм	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
9	47 h11	30	30 h11	300	250	12,5
10	50 h9	20	20 h9	80	60	0,8

11	100 h9	80	80 h9	200	160	3,2
12	120 h8	100	100 h8	900	800	1,6



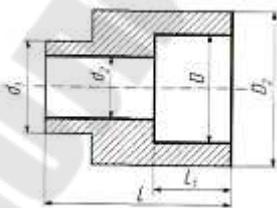
Материал: Сталь 45

№	d, мм	D, мм	e, мм	L, мм	L <sub>1</sub> , мм	Ra, мкм
13	50	30 h11	5	300	150 IT11	12,5
14	50	20 h10	10	80	40 IT10	6,3
15	100	80 h9	5	200	100 IT10	3,2
16	120	100 h9	12	900	450 IT9	1,6



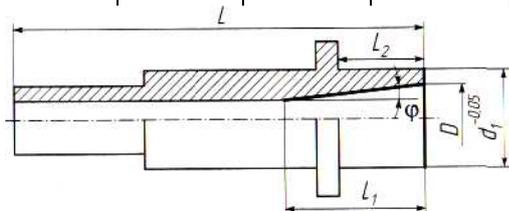
Материал: Сталь 45

№	D, мм	d, мм	D <sub>1</sub> , мм	L, мм	L <sub>1</sub> , мм	Ra, мкм
17	55 h11	30	60	300	250 IT11	12,5
18	50 h10	20	69	80	60 IT10	6,3
19	100 h9	80	120	200	160 IT9	3,2
20	120 h8	100	140	900	800 IT9	1,6



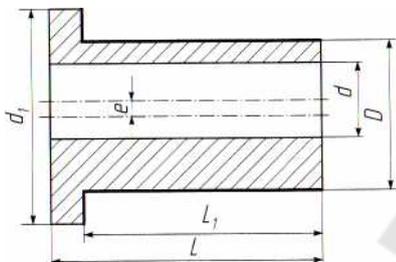
Материал: СЧ10

№	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$D$ , мм	$D_2$	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
21	55	30	50 $H11$	80	300	150 $IT11$	12,5
22	50	20	40 $H11$	70	80	40 $IT10$	6,3
23	100	80	100 $H10$	160	200	100 $IT9$	3,2
24	120	100	150 $H9$	200	900	300 $IT9$	1,6



Материал: Сталь 45

№	$d_1$ , мм	$D$ , мм	$L_2$ , мм	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
25	47	30 $H11$	30	300	50	12,5
26	50	20 $H10$	20	80	10	6,3
27	100	80 $H9$	80	200	70	3,2
28	120	100 $H9$	100	900	150	1,6



Материал: Сталь 45

№	$D$ , мм	$d$ , мм	$d_1$ , мм	$e$ , мм	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$Ra$ , мкм
29	55 $h11$	30	60	1	300	250	12,5
30	50 $h10$	20	69	2	80	60	0,8
31	100 $h9$	80	120	1	200	160	3,2
32	120 $h9$	100	140	2	900	800	1,6

## 2 Лабораторная работа №2

### Технологические возможности фрезерных станков. Расчет режимов резания при обработке на фрезерных станках

**Цель работы:** ознакомиться с технологическими возможностями фрезерных станков, изучить общий вид вертикально- и горизонтально-фрезерных станков, получить представление о методах обработки различных поверхностей на данном станке, навыки по выбору оборудования, инструмента и технологической оснастки для выполнения фрезерной операции, рассчитать режимы резания для фрезерной операции.

### 2.1 Теоретическая часть

#### 2.1.1 Общие сведения о фрезерных станках

Фрезерные станки относятся к шестой группе и классифицируются в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1

Классификация фрезерных станков

□ие □я- па	Типы фрезерных станков				
	1	2	3	4	5
6	Вертикально-фрезерные	Фрезерные	-	Копировальные и □ие□яровальные льные	Вертикальные бесконсольные
	6		7	8	9
	Продольные		Широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные

Фрезерование осуществляется на фрезерных станках, которые могут быть универсальными (вертикально-, горизонтально-, продольно-фрезерные) и специализированными (шлице-, шпоночно-, карусельно-, копировально-, резьбофрезерные и др.).

По конструктивным особенностям эти станки подразделяются на консольные (рис. 2.1, а, б, г), когда стол расположен на подъемном кронштейне-консоли; бесконсольные (рис. 2.1, в, д, е), у которых стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях; непрерывного действия (рис. 2.1, з, и) (карусельные и барабанные).

В единичном, мелкосерийном и серийном производствах наибо-

лее распространены консольные станки. Универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 2.1, а) имеет горизонтальный шпиндель 2 и выдвижной хобот 1, на котором установлена серьга (подвеска) 3, поддерживающая установленную в шпиндель оправку с фрезой. Консоль 4 перемещается по направляющим стойки 5. На консоли размещены салазки 6 и стол 7.

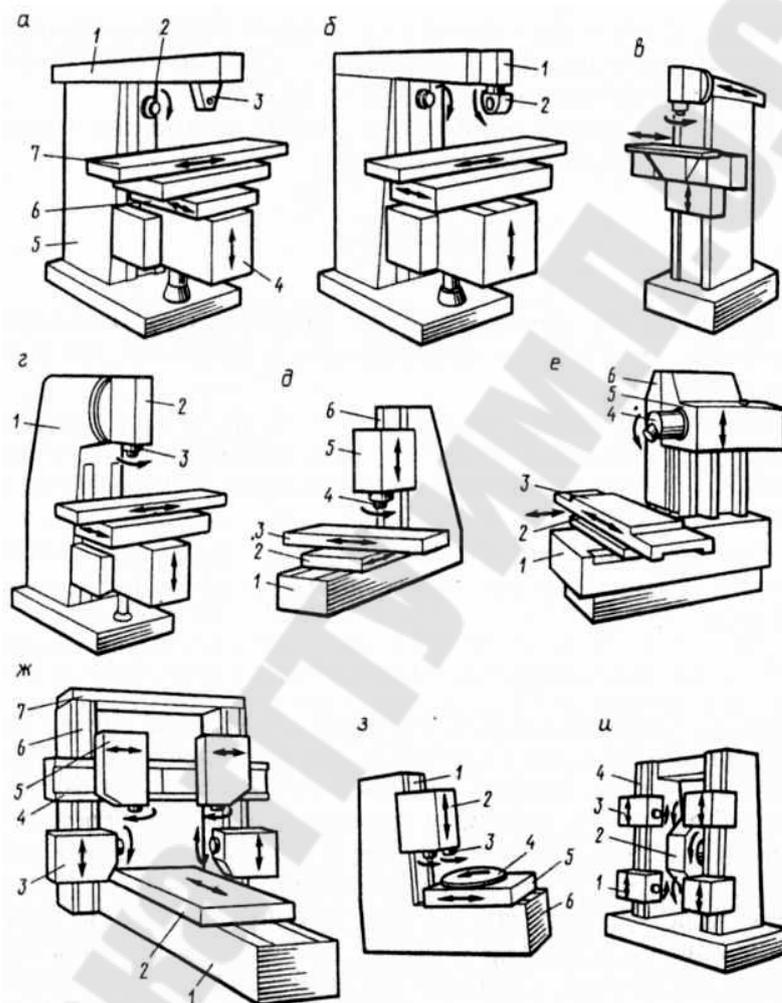


Рис. 2.1 – Разновидности фрезерных станков и движения на них

Консольный горизонтально-фрезерный (рис. 2.1, б) и бесконсольно-фрезерный (рис. 2.1, в) станки являются широкоуниверсальными. Первый из них помимо горизонтального шпинделя имеет шпиндельную головку I, которая может поворачиваться на хоботе в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой можно фиксировать под любым углом к установленной на столе обрабатываемой заготовке. На головке 1 монтируют головку 2 для фрезерования, сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания. Бесконсольно-фрезерный станок имеет такие же

технологические возможности, как и консольный горизонтально-фрезерный, за счет поворота шпиндельной головки на любой угол в вертикальной плоскости.

Консольный вертикально-фрезерный станок (рис. 2.1, *з*) имеет вертикальный шпиндель 3, который размещен в поворотной шпиндельной головке 2, установленной на стойке 1. Бесконсольные вертикально- и горизонтально-фрезерные станки (рис. 2.1, *д*, *е*) предназначены для обработки крупногабаритных заготовок, имеют салазки 2 и стол 3, которые перемещаются по направляющим станины 1. Шпиндельная головка 5 может перемещаться по направляющим стойки 6, а шпинделю 4 могут сообщаться осевые перемещения при установке фрезы.

Продольно-фрезерный станок (рис. 2.1, *ж*) рассчитан на обработку плоских поверхностей крупногабаритных заготовок одновременно с трех сторон. В этих целях на станине 1 установлены две вертикальные стойки 6, соединенные поперечиной 7. На направляющих стоек смонтированы фрезерные головки 3 с горизонтальными направляющими и траверса 4, на которой установлены фрезерные головки 5 с вертикальными шпинделями. Стол 2 перемещается по направляющим станины 1.

Карусельно-фрезерные станки (рис. 2.1, *з*), используемые для обработки поверхностей торцовыми фрезами, имеют один или несколько шпинделей 3 для черновой и чистовой обработки. По направляющим стойки 1 перемещается шпиндельная головка 2. Стол 4 за счет непрерывного вращения сообщает установленным на нем заготовкам движение подачи и вместе с салазками 5 имеет установочное перемещение по направляющим станины 6.

Барабанно-фрезерные станки (рис. 2.1, *и*) применяются в крупносерийном и массовом производствах. Заготовки устанавливаются на вращающемся барабане 2, который сообщает им движение подачи. Фрезерные головки 3 (для черновой обработки) и 1 (для чистовой) перемещаются по направляющим стоек 4.

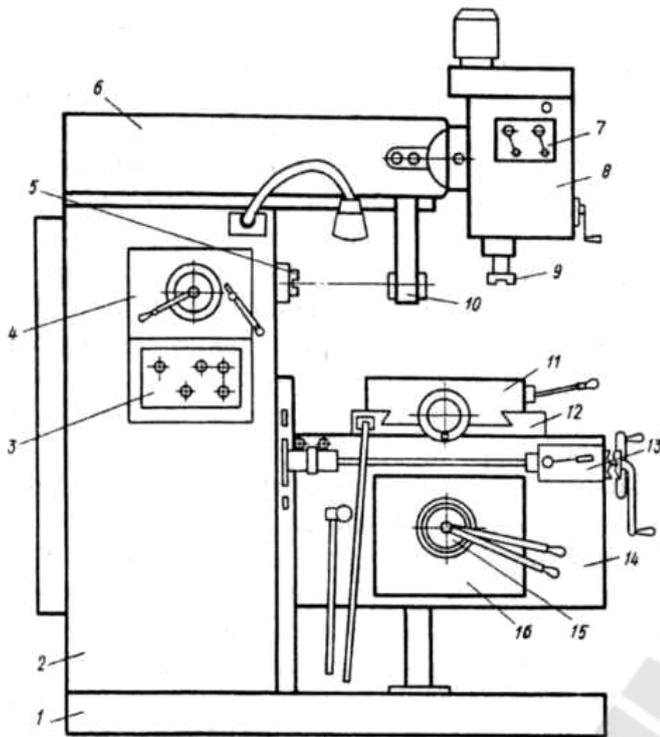


Рис. 2.2 – Общий вид станка мод. 6Т80Ш: 1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – кнопочная станция; 4 – механизм переключения частот вращения горизонтального шпинделя; 5 – горизонтальный шпиндель; 6 – хобот; 7 – механизм переключения частот вращения вертикального шпинделя; 8 – поворотная шпиндельная головка; 9 – вертикальный шпиндель; 10 – подвеска; 11 – стол; 12 – поперечные салазки; 13 – механизм включения вертикальной подачи; 14 – консоль; 15 – механизм переключения подач; 16 – коробка подач

Широкоуниверсальный (Ш) фрезерный станок мод. 6Т80Ш повышенной точности относится к консольным горизонтально-фрезерным станкам и предназначен для фрезерования плоскостей, торцовых поверхностей, скосов, пазов и других фрезерных работ цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами. В приводе подач станка имеется предохранительная муфта, которая срабатывает при подходе стола к жесткому упору. Станок имеет устройство автоматического торможения шпинделя. Основные сборочные единицы и органы управления станка представлены на рис. 2.2.

В качестве инструмента при фрезеровании используются фрезы. Они подразделяются по следующим конструктивным признакам:

- 1) по расположению зубьев на исходном цилиндре (торцовые, цилиндрические, дисковые, двусторонние, угловые, фасонные, концевые и др.);
- 2) по конструкции зуба (острозаточенные и затылованные);

3) по направлению зуба (с прямыми, наклонными, винтовыми зубьями);

4) по конструкции фрезы (цельные, составные, со вставными зубьями, сборные);

5) по способу крепления (насадные, с коническим хвостовиком и цилиндрическим хвостовиком);

6) по материалу режущей части (быстрорежущая сталь, твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые материалы).

Схемы обработки поверхностей фрезерованием на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках представлены на рис. 2.3 В отличие от схем токарной обработки вместо изображения установочных элементов использованы их условные обозначения, вместо движений ( $D_T$ ,  $D_S$ ) – скорость  $v$ , подачи  $S$ , вместо зажимов – стрелки, что можно использовать как вариант оформления схем обработки.

Вертикальные плоскости на горизонтально-фрезерных станках (рис. 2.3, *а*) фрезеруются торцовыми насадными фрезами или фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных станках (рис. 2.3, *г*) – концевыми фрезами. Большие по высоте вертикальные плоские поверхности можно обрабатывать на горизонтально-фрезерных станках с использованием вертикальной подачи. Для обработки небольших по высоте вертикальных поверхностей на горизонтально-фрезерных станках можно применять концевые и дисковые фрезы.

Горизонтальные поверхности обрабатываются цилиндрическими фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 2.3, *б*) и торцовыми насадными фрезами на вертикально-фрезерных (рис. 2.3, *в*). Чаще чистовая обработка горизонтальных поверхностей осуществляется по второму варианту, так как торцовые насадные фрезы имеют более жесткое закрепление и обеспечивают плавный безвибрационный режим. При последовательных рабочих ходах фрез можно обрабатывать поверхности значительной ширины. Узкие горизонтальные плоскости следует обрабатывать концевыми фрезами.

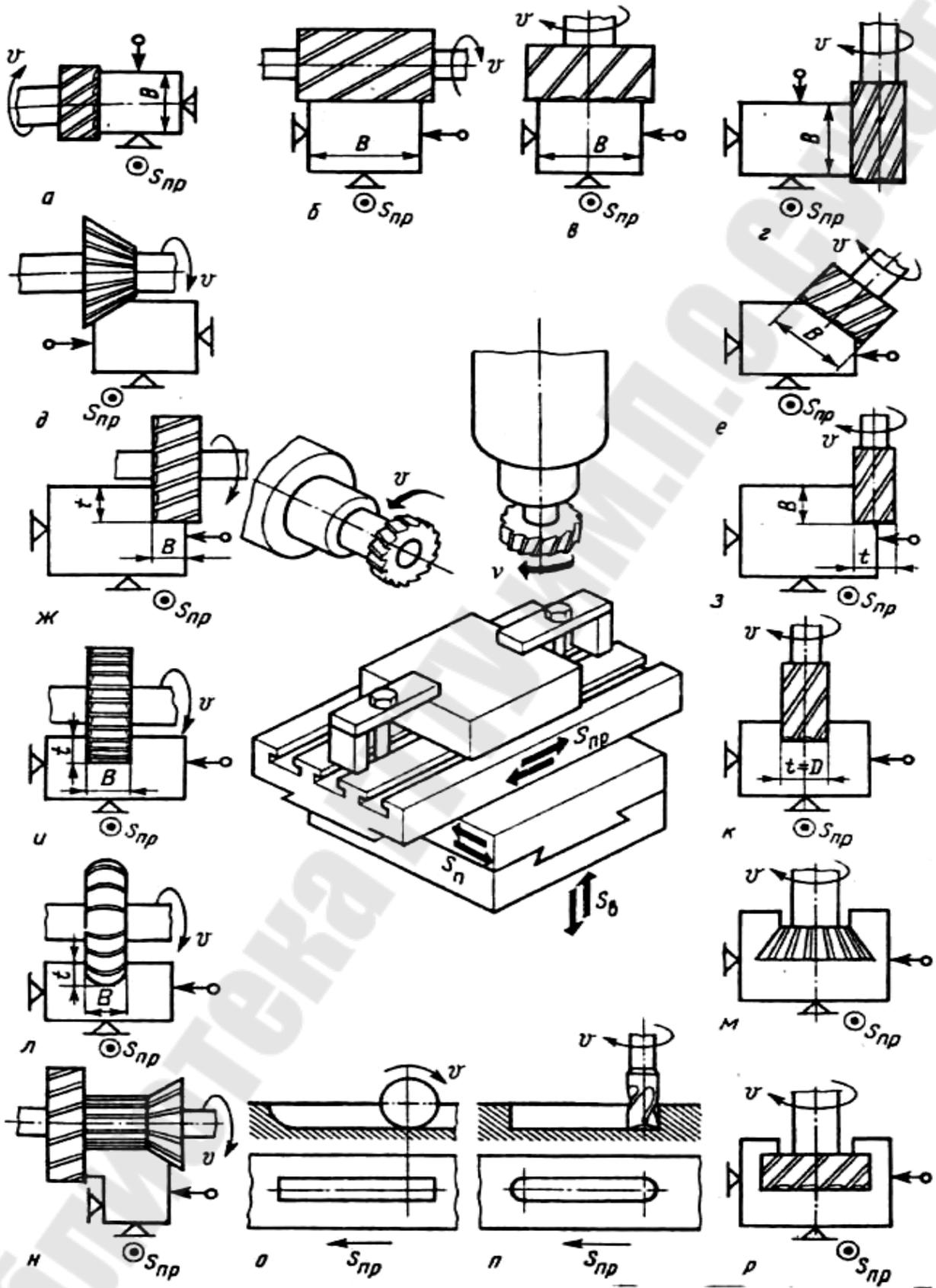


Рис. 2.3 – Схемы фрезерования поверхностей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках

Наклонные поверхности небольшой ширины можно получить на горизонтально-фрезерном станке дисковой угловой фрезой (рис. 2.3, *д*). Широкие наклонные поверхности удобно обрабатывать на вертикально-фрезерных станках с поворотом шпиндельной головки торцовой насадной (рис. 2.3, *е*) или концевой фрезами. Уступы и прямоугольные пазы на горизонтально-фрезерных станках обрабатываются дисковыми двусторонними (рис. 2.3, *ж*) и трехсторонними (рис. 2.3, *и*) фрезами соответственно, а на вертикально-фрезерных – концевыми фрезами (рис. 2.3, *з*). При вертикальном расположении уступов и прямоугольных пазов их можно обрабатывать концевыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках.

Фасонные поверхности с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей обрабатывают фасонными фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 2.3, *л*). Пазы типа «ласточкин хвост» и Т-образные обычно обрабатываются на вертикально-фрезерных станках. При этом сначала фрезеруется прямоугольный паз концевой фрезой (рис. 2.3, *к*), а затем концевой угловой (рис. 2.3, *м*) или Т-образной (рис. 2.3, *р*) фрезами.

Шпоночные пазы фрезеруются на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках соответственно дисковыми (рис. 2.3, *о*) и концевыми (рис. 2.3, *н*) фрезами. Одновременную обработку нескольких поверхностей можно осуществлять на горизонтально-фрезерных станках набором фрез (рис. 2.3, *н*). Для обеспечения близких по значению скоростей рекомендуется применять набор фрез, диаметры которых отличаются друг от друга не более чем в 1,5 раза.

На продольно-фрезерных станках торцовыми насадными и концевыми фрезами обрабатываются вертикальные, горизонтальные, наклонные поверхности, уступы и пазы. При обработке шпиндельные бабки станка обеспечивают вращение фрез (скорость резания), но сами остаются неподвижными. Продольную подачу  $S_{пр}$  совершает стол (рис. 2.4, *а*). Некоторые шпиндельные бабки могут поворачиваться для обработки наклонных поверхностей. На этих станках осуществляется совмещенная (одновременная) обработка всех поверхностей, что экономически оправдано.

На карусельно-фрезерных станках (рис. 2.4, *б*) применяют в основном торцовые насадные фрезы 3, которые устанавливаются на шпиндели фрезерной головки 4 и с помощью которых обрабатываются горизонтальные поверхности заготовок 2, размещенных равномерно на столе 1 станка в приспособлениях. Заготовки устанавливаются в

зоне загрузки I в приспособления при непрерывно вращающемся столе. В зоне обработки II заготовки фрезеруются сначала в размер  $A_1$  (черновая обработка), а затем в размер  $A_2$  (чистовая обработка). В позиции 1 обработанная заготовка снимается и устанавливается новая.

На барабанно-фрезерных станках (рис. 2.4, в) стол-барабан 1 вращается в вертикальной плоскости на горизонтально расположенной оси. Установленные в приспособлениях на гранях барабана заготовки б можно обрабатывать одновременно с двух сторон. Размещенные на верхних фрезерных головках фрезы 4 и как правило, выполняют черновую обработку поверхностей в размер  $A_1$ , а фрезы 2, 3 нижних фрезерных головок – чистовую в размер  $A_2$ . Движение круговой подачи  $D_{ск}$  обеспечивается, как и в предыдущем случае, постоянным вращением стола-барабана. Загрузка-выгрузка также осуществляется без остановки станка в свободной от инструмента позиции.

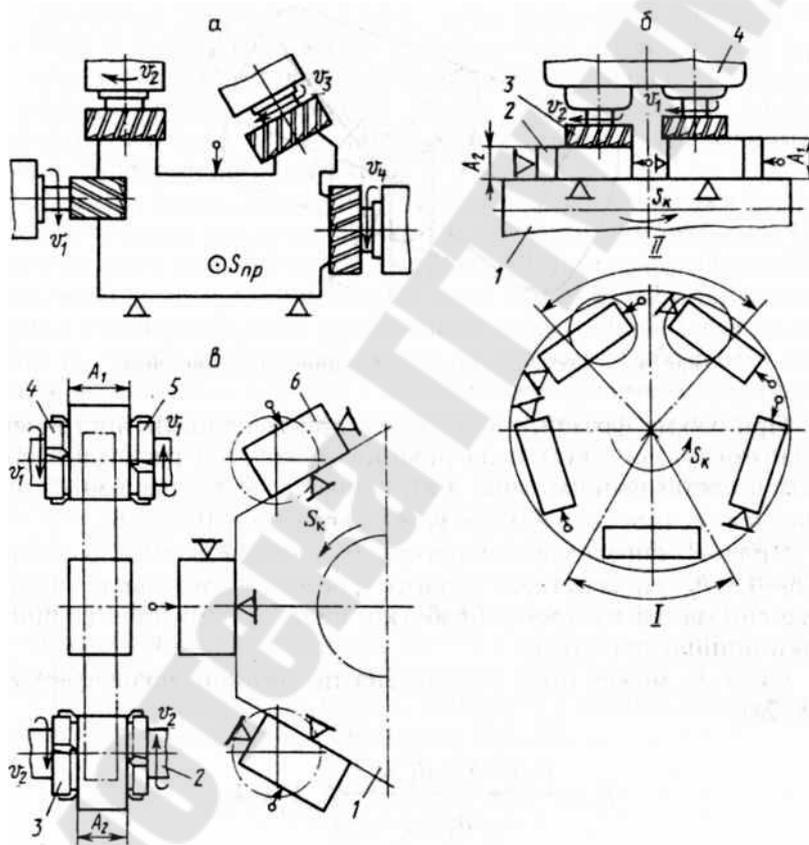


Рис. 2.4 – Схемы обработки фрезерованием на продольно-фрезерном (а), карусельно-фрезерном (б) и барабанно-фрезерном (в) станках

### 2.1.2 Режимы резания.

Скорость резания при фрезеровании равна окружной скорости фрезы

$$v = \frac{\pi d_u n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

где  $d_u$  – диаметр фрезы (инструмента), мм;  
 $n$  – частота вращения фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ .

Подача определяется как расстояние, на которое перемещается обрабатываемая заготовка относительно инструмента за время углового поворота фрезы на один зуб ( $S_z$ , мм/зуб), за время одного оборота фрезы ( $S_o$ , мм/об) за 1 мин ( $S_m$ , мм/мин). Глубина резания ( $t$ , мм) находится как расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями заготовки, а ширина фрезерования ( $B$ , мм) – как ширина поверхности, обработанной за один рабочий ход.

Обработка заготовок на горизонтально-фрезерных станках, как правило, осуществляется при продольном движении подачи. Поперечное и вертикальное движения подачи перемещают заготовки по второму, третьему и т. д. ходам инструмента с целью перекрытия всей поверхности заготовки по ширине в случае, если ширина инструмента меньше ширины обрабатываемой поверхности, а также для изменения уровней обработки (черновая, получистовая, чистовая обработка за одну установку заготовки).

На вертикально-фрезерных станках используются продольное и поперечное перемещения подачи в зависимости от пространственного расположения обрабатываемой поверхности заготовки. Вертикальное движение подачи в этом случае обычно применяется как установочное для изменения уровней обработки.

На практике используется следующая последовательность выбора конструкции, геометрии, материала фрез и назначения параметров режима фрезерования.

*Выбор инструмента.* При фрезеровании сталей с  $\delta_b < 1400$  Мпа используются фрезы с зубьями из быстрорежущих сталей Р9М4К8 или Р6М5К5, а также твердые сплавы ВК8 при черновой обработке и ВКЗМ, ВК6М ВК60М при чистовой. При обработке высокопрочных материалов с пределом прочности  $1400 < \delta_b < 1600$  Мпа фрезы следует оснащать пластинами из твердых сплавов группы ВК. Передний угол для фрез из быстрорежущих сталей  $\gamma = 10 - 15^\circ$ ; для фрез, оснащенных твердыми сплавами,  $\gamma = 5 - 10^\circ$ . Задний угол  $\alpha = 10 - 15^\circ$ .

*Выбор глубины резания.* Значение  $t$  принимается равным при-

пуску  $Z_n$  при обработке за один проход, что позволяет повышать мощность и виброустойчивость современных станков. При пониженной жесткости технологической системы и высоких требованиях к точности и качеству отделки поверхностей припуск  $Z_n$  снимается за два прохода – черновом и чистовом.

*Выбор подачи  $S_z$*  осуществляется из следующего условия: чем прочнее материал и больше его предел прочности  $\delta_b$ , тем меньшее значение принимает  $S_z$ . При фрезеровании, например, заготовок из жаропрочных и коррозионностойких сталей  $S_z = 0,05 - 0,2$  мм/зуб.

*Период стойкости* инструмента выбирается в пределах 60 – 180 мин.

*Расчет скорости  $v$  резания* производится по приведенным выше эмпирическим формулам.

*Расчет частоты вращения инструмента  $n$*  
$$n = \frac{1000}{\pi d_u}$$

Корректировка значений  $n$  и  $S_m$  по паспортным данным станка.

Соотношение мощности резания  $N_p$  и мощности станка  $N_{ст}$  должно быть следующим:  $N_p < N_{ст}$ .

*Расчет основного (машинного) времени, мин*

$$t_0 = L_i / S_m,$$

где  $L = l_3 + l_b + l_{п}$  ( $l_3$  – длина поверхности заготовки,  $l_b$  – длина врезания,  $l_{п}$  – длина перебега, обычно  $l_{п} = 0,2-5$  мм);

$i$  – число ходов.

### 2.1.3 Приспособления для фрезерных станков

Конструкция фрезы определяет способ ее установки на станке. В этих целях используются станочные приспособления (вспомогательный инструмент) в виде оправок, цанговых и других инструментальных патронов и иных устройств. Так, насадную фрезу 1 (рис. 2.5, а) устанавливают на центральной оправке 2, которая закрепляется в коническом отверстии шпинделя 3 путем затягивания тягой (винтом) 4. Сухари 5, входящие в пазы фланцев шпинделя станка и оправки, обеспечивают вращение последней, которое передается на фрезу 1 через длинную шпонку 6. Правый конец оправки поддерживается подшипником 7, размещенным в серье 8. Требуемое осевое положение фрезы на оправке обеспечивается набором установочных колец 10 и фиксируется зажимом гайки 9. Таким образом можно устанавливать набор фрез с заданным расстоянием между ними для совмещен-

ной обработки поверхностей заготовок. Данный способ закрепления инструмента и такое приспособление используются обычно на горизонтально-фрезерных станках.

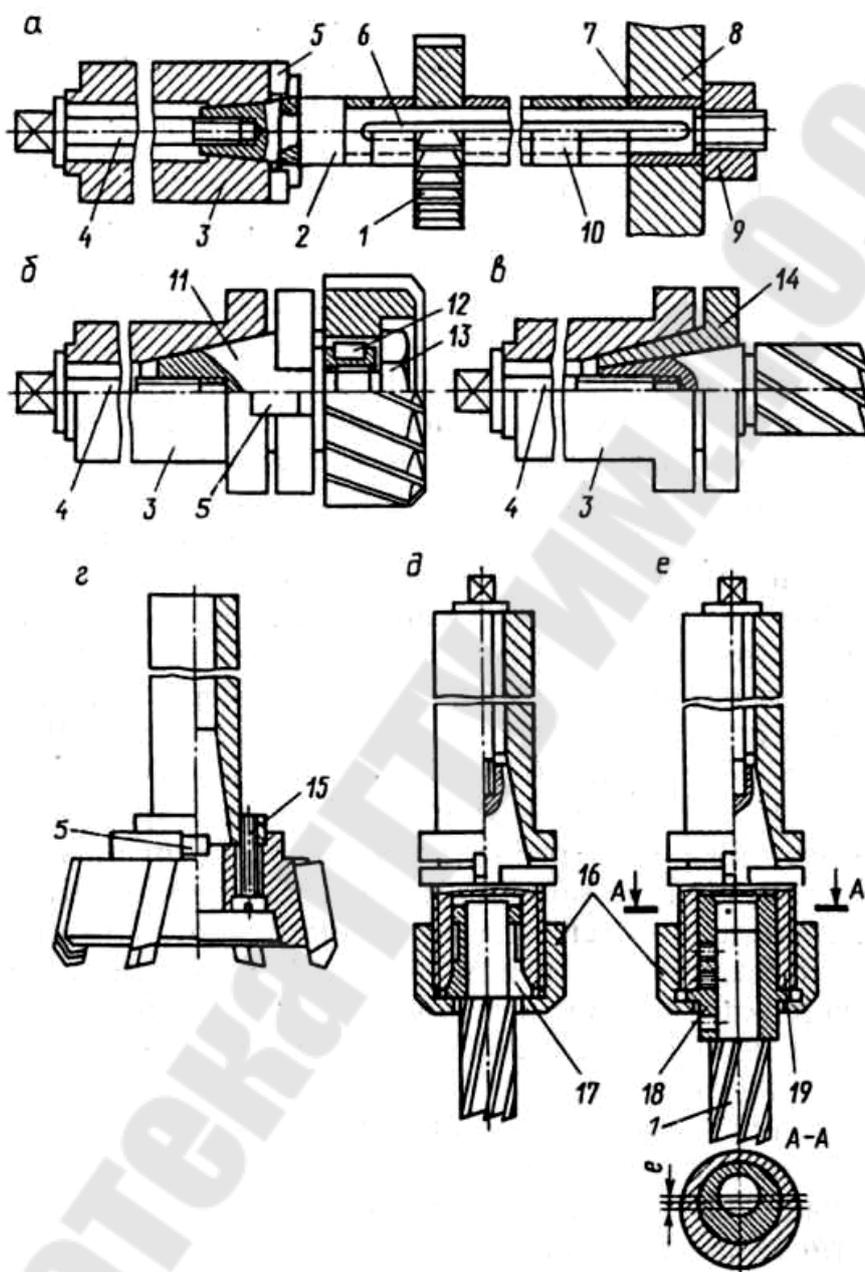
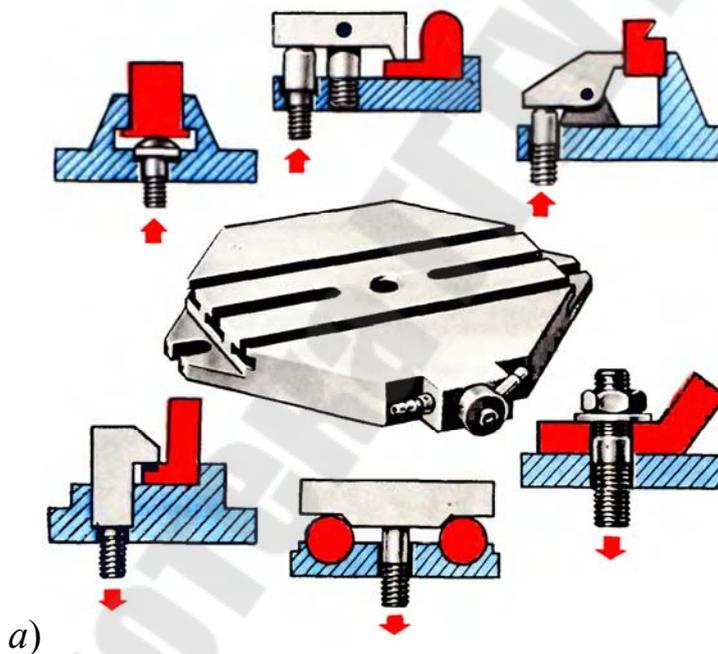


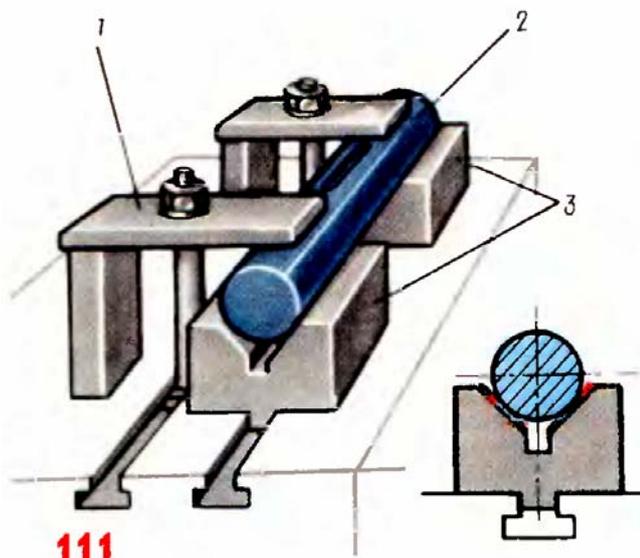
Рис. 2.5 – Схемы установки фрез на станках

Торцовые и дисковые фрезы устанавливаются на концевых оправках 11 (рис. 2.5, б) с помощью шпонки 12 и винта 13. Размещение самой оправки в шпиндель станка осуществляется, как и в предыдущем случае (рис. 2.5, а). Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают либо непосредственно в коническом отверстии шпинделя станка, либо через переходную втулку 14 (рис. 2.5, в). Иногда торцовые

фрезы закрепляются непосредственно на шпинделе станка винтами 15 (рис. 2.5, *г*). Для установки фрез с цилиндрическими хвостовиками используются цанговые патроны (рис. 2.5, *д*) и патроны с эксцентриситетом втулки 18, в которой винтами закрепляется фреза 1, и корпуса 19 патрона (рис. 2.5, *в*). При закручивании гайки 16 в первом случае она перемещает (вжимает) цангу 17 в коническое отверстие корпуса и этим центрирует и зажимает фрезу 1. Во втором случае гайка 16 удерживает втулку 18 за бурт от выпадания, а передача крутящего момента на инструмент осуществляется за счет несовпадения осей вращения инструмента, наружной поверхности соединенной с ним втулки 18 и внутренней поверхности корпуса 19. Сами патроны своими коническими хвостовиками устанавливаются, подобно рассмотренным выше оправкам, в шпиндель станка.

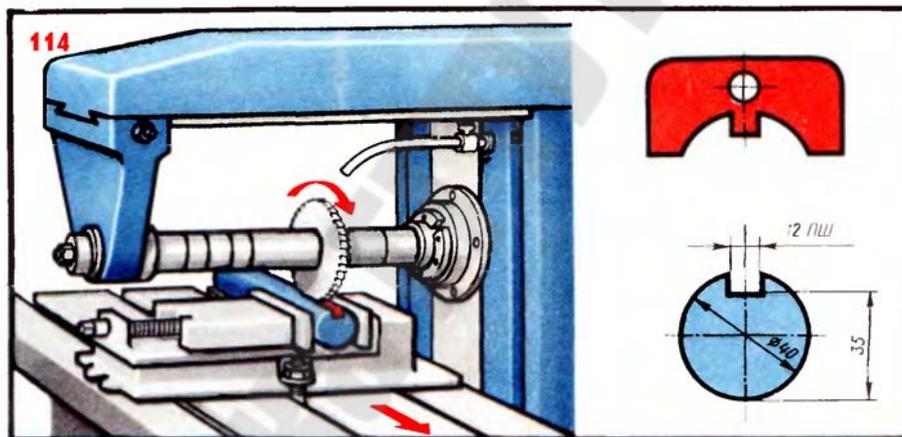
Для установки заготовок на фрезерных станках используются различные приспособления. В качестве оснастки в единичном, мелкосерийном и серийном производствах часто используются тиски, прижимы, упоры и др. (рис. 2.6, *а, б* и 2.7, *а, б*).





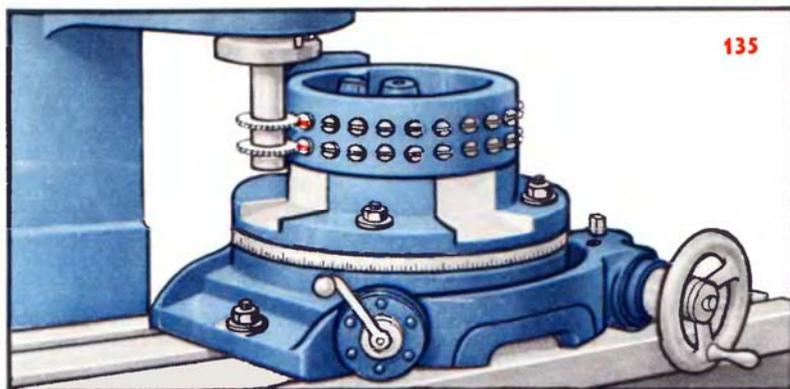
б)

Рис. 2. 6 – Схемы закрепления деталей на столе фрезерного станка: а – применением прижимов; б – прижимами на призмах



Фрезерование сквозного шпоночного паза дисковой фрезой

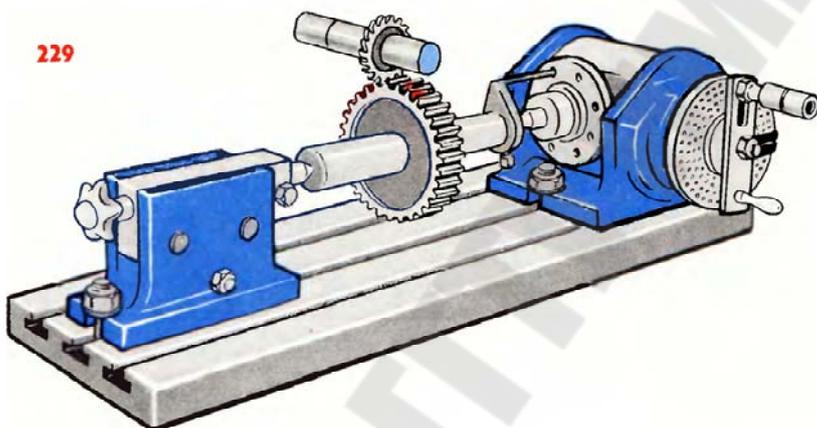
а)



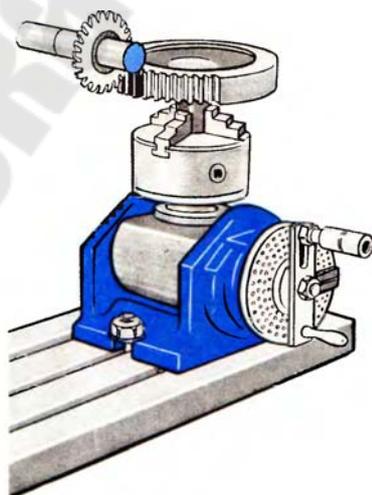
Приспособление для непрерывного фрезерования шлицев в головках винтов

б)

Рис. 2.7 – Схемы закрепления деталей в приспособлениях: а – в тисках; б – в поворотном (делительном) приспособлении



а)



б)

Рис. 2.8 – Схемы фрезерования зубьев зубчатого колеса дисковой модульной фрезой на горизонтально-фрезерном станке с использованием делительной головки

В крупносерийном и массовом производствах для закрепления деталей используют специальные приспособления.

## 2.2 Порядок выполнения лабораторной работы

### Часть 1

1. Изучить теорию к лабораторной работе.
2. Получить задание у преподавателя: чертеж детали (вариант) и тип производства. Изучить требования чертежа.
3. Написать маршрутный технологический процесс обработки детали. Фрезерную операцию описать по переходам, начертить операционный эскиз для данной операции.
4. Произвести наладку фрезерного станка на обработку заданной поверхности детали, настроить на заданные режимы резания, произвести обработку поверхности.
5. Используя литературу 1 и 2 выбрать станок, инструмент и приспособление для выполнения фрезерной операции (указать модель, размеры рабочей зоны и мощность станка, номер, ГОСТ, материал и число зубьев инструмента, вид приспособления).
6. Начертить наладку станка на выполнение данной операции (показать рабочую зону станка, инструмент, деталь и приспособление), с указанием основных движений.

### Часть 2

7. Используя литературу 1 и 2 рассчитать режимы резания для одного перехода фрезерной операции, результаты расчетов занести в таблицу 1.

Таблица 2.2

Сводная таблица режимов резания

Наименование операции, перехода	Режимы резания, мм			Подача $S_0$ , мм/об	Подача $S_z/S_m$ , мм/зуб мм/мин	Стойкость $T$ , мин	Скорость резания $v$ м/мин	Частота вращения $n$ , об/мин	Сила резания $P, H$	Мощность резания $N$ , кВт	Машиное (основное) время $t_m(T_0)$ , мин
	$D$ , мм	$t$ , мм	$L$ , мм								

8. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

## 2.3 Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть работы: общий вид вертикально- и горизонтально-фрезерных станков, схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на фрезерных операциях с обозначением и указанием режущего инструмента.
3. Технологический процесс обработки детали, операционный эскиз для данной операции.
4. Схема наладки станка на выполнение данной операции с обозначением узлов и основных движений узлов станка. Указать модель станка, номер и ГОСТ инструмента, вид приспособления.
5. Привести схему обработки (эскиз детали с выделенной обрабатываемой поверхностью и с указанием глубины резания, направления подачи и т.д.) и расчет режимов резания для заданной детали на заданном станке.

## 2.4 Контрольные вопросы

1. Назовите главные компоненты горизонтального консольно-фрезерного универсального станка.
2. Какой компонент горизонтального консольно-фрезерного универсального станка совершает главное движение?
3. Какие компоненты технологической системы горизонтального консольно-фрезерного универсального станка совершают движения подачи?
4. Каково назначение стола горизонтального консольно-фрезерного универсального станка?
11. Назовите группы инструментов, которые применяют на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке.
12. Назовите виды формообразования поверхностей на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке.
13. Как установить дисковую, угловую, цилиндрическую или фасонную фрезу на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке?
14. Как установить торцовую или концевую фрезу на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке?
15. Назовите способы установки заготовок-планок и корпусных деталей на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном

станке.

16. Назовите способы установки цилиндрических заготовок на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке.

17. Как установить призматическую заготовку на столе горизонтального консольно-фрезерного универсального станка для обработки уступа?

18. Как установить дисковую заготовку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для обработки пазов?

19. Как установить заготовку вала на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования шпоночного паза?

20. Как установить заготовку вала на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования квадрата или шестигранника?

21. Как установить заготовку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования плоскости под углом к технологической базе?

22. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования открытого паза дисковой фрезой в заготовке вала?

23. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования открытого паза дисковой фрезой в заготовке диска?

24. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования закрытого паза концевой фрезой в заготовке вала?

25. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования открытого паза дисковой фрезой в заготовке планки?

26. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования открытого паза типа «ласточкин хвост» в заготовке плиты?

27. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования открытого Т-образного паза в заготовке призматического корпуса?

28. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном консольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования угловых пазов в заготовках дисковых фрез?

29. Как выполнить размерную настройку на горизонтальном кон-

сольно-фрезерном универсальном станке для фрезерования зубчатого венца в заготовке?

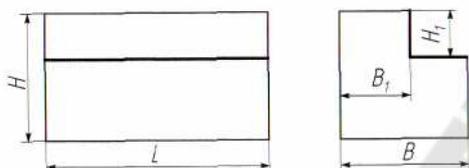
30. Назовите технологические возможности горизонтального консольно-фрезерного универсального станка.

### 2.5 Задание по проектированию операций обработки заготовок фрезерованием



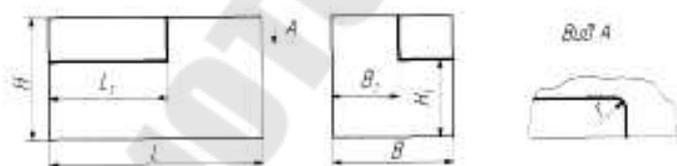
Материал: Сталь 45

№	H, мм	B, мм	L, мм	H <sub>1</sub> , мм	B <sub>1</sub> , мм
1	40	60	240	35 IT11	50 IT11
2	50	85	280	40 IT10	70 IT10
3	60	90	300	52 IT9	55 IT9



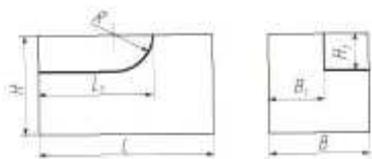
Материал: СЧ10

№	H, мм	B, мм	L, мм	H <sub>1</sub> , мм	B <sub>1</sub> , мм
4	40	60	240	10 IT11	50 IT11
5	50	85	280	15 IT11	70 IT11



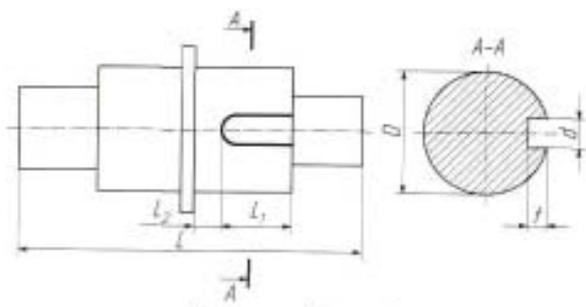
Материал: Сталь 45

№	L, мм	B, мм	H, мм	r, мм	L <sub>1</sub> , мм	B <sub>1</sub> , мм	H <sub>1</sub> , мм
6	250	120	100	12	200 IT11	100 IT11	80 IT11
7	300	140	120	10	220 IT11	125 IT11	105 IT11
8	380	180	200	12	300 IT11	162 IT10	174 IT10



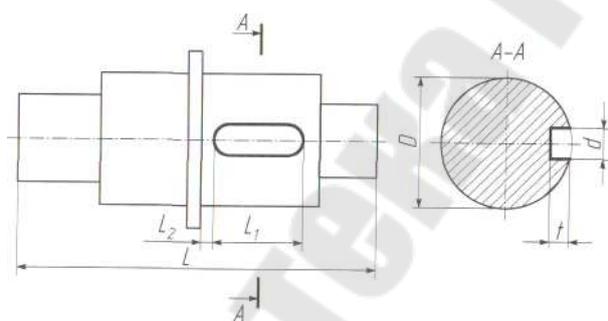
Материал: Сталь 45

№	L, мм	B, мм	H, мм	R, мм	L <sub>1</sub> , мм	B <sub>1</sub> , мм	H <sub>1</sub> , мм
9	250	120	100	20	200 IT11	100 IT11	15 IT11
10	300	140	120	30	220 IT11	125 IT11	20 IT11



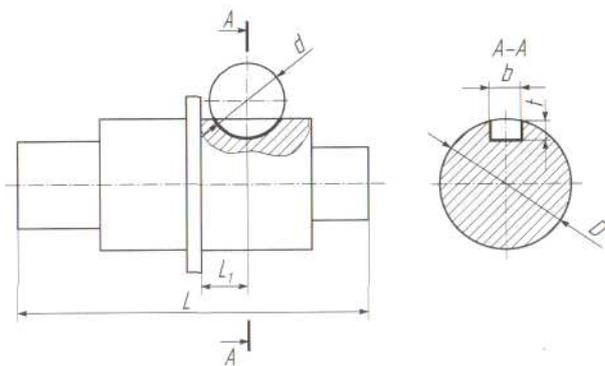
Материал: Сталь 45

№	L, мм	L <sub>2</sub> , мм	L <sub>1</sub> , мм	D, мм	b, мм	t, мм
11	260	2	201T11	25	61T9	3,8 1T10
12	300	3	25 1T10	30	81T8	4,5 1T9
13	400	5	301T911	45	12 1T9	5,2 1T10



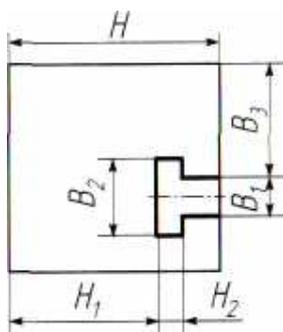
Материал: Сталь 45

№	L, мм	L <sub>2</sub> , мм	L <sub>1</sub> , мм	D, мм	b, мм	t, мм
14	260	2	20 IT11	25	6 IT9	3,8 IT10
15	500	5	40 IT10	60	16 IT8	6,5 IT9



Материал: Сталь 45

№	$L$ , мм	$L_1$ , мм	$D$ , мм	$d$ , мм	$b$ , мм	$t$ , мм
16	250	30	24	32	61 IT9	11,2
17	300	32	30	35	8 IT 8	12,2
18	320	40	36	38	10 IT 9	11,7



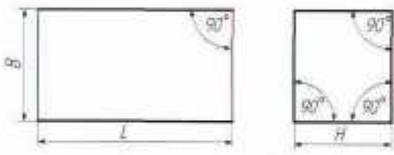
Материал: Сталь 45

№	$L$ , мм	$B$ , мм	$H$ , мм	$H_1$ , мм	$B_3$ , мм	$B_1$ , мм	$B_2$ , мм	$H_2$ , мм
19	400	240	200	175	120	14 IT10	24	И
20	500	300	240	202	150	22 IT9	36	16



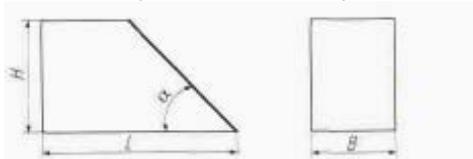
Материал: СЧ10

№	$L$ , мм	$B$ , мм	$H$ , мм
21	250 IT11	120	120
22	300 IT11	180	160
23	400 IT9	200	120



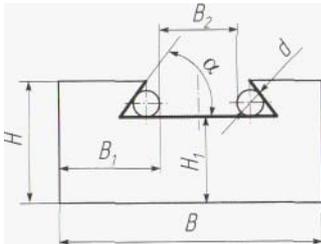
Материал: Сталь 45

№	$L$ , мм	$B$ , мм	$H$ , мм
24	250	120 IT11	120 IT11
25	200	100 IT9	120 IT9



Материал: Сталь 45

№	$L$ , мм	$H$ , мм	$B$ , мм	$\alpha$ , ...°
26	200 IT11	100	60	60
27	300 IT10	120	50	60
28	350 IT9	160	75	45



Материал: Сталь 45

№	$L$ , мм	$B$ , мм	$H$ , мм	$B_1$ , мм	$B_2$ , мм	$d$ , мм	$H_1$ , мм	$\alpha$ , ...°
29	300	200	240	30 IT11	140	16	220 IT11	60
30	400	300	220	40 IT9	200	12	205 IT9	55

## 4.Лабораторная работа №3

### Технологические возможности станков сверлильно-расточной группы. Расчет технических норм времени на выполнение сверлильных операций

**Цель работы:** получить представление о методах обработки различных поверхностей на станках второй группы, изучить устройство и работу вертикально-сверлильного и горизонтально-расточного станков, получить навыки по выбору оборудования, инструмента и технологической оснастки для обработки корпусных деталей. Рассчитать технические нормы времени на сверлильной операции.

### 3.1 Общие сведения о станках сверлильно-расточной группы

Таблица 3.1

Классификация токарных станков

группа	Типы станков				
	1	2	3	4	5
2	Вертикально-сверлильные	Одношпиндельные полуавтоматы	Многошпиндельные полуавтоматы	Координатно-расточные	Радиально-сверлильные
	6		7	8	9
	Расточные		Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные

К видам осевой обработки относятся сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, зенкование и цекование. В качестве оборудования используются сверлильные станки, на которых движение резания (главное движение) обеспечивается вращением инструмента. Растачивание осуществляется на расточных станках, также имеющих вращающийся инструмент.

Наибольшее распространение получили вертикально-сверлильные станки (рис. 3.1, а) для сверления отверстий в заготовках сравнительно небольших размеров. Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента в данном случае предусмотрено перемещение приспособления с заготовкой. Радиально-сверлильные станки (рис. 3.1, б) используются для обработки отверстий в крупногабаритных заготовках. Совмещение осей отверстий и инструмента на

этих станках достигается перемещением шпинделя станка относительно неподвижной заготовки.

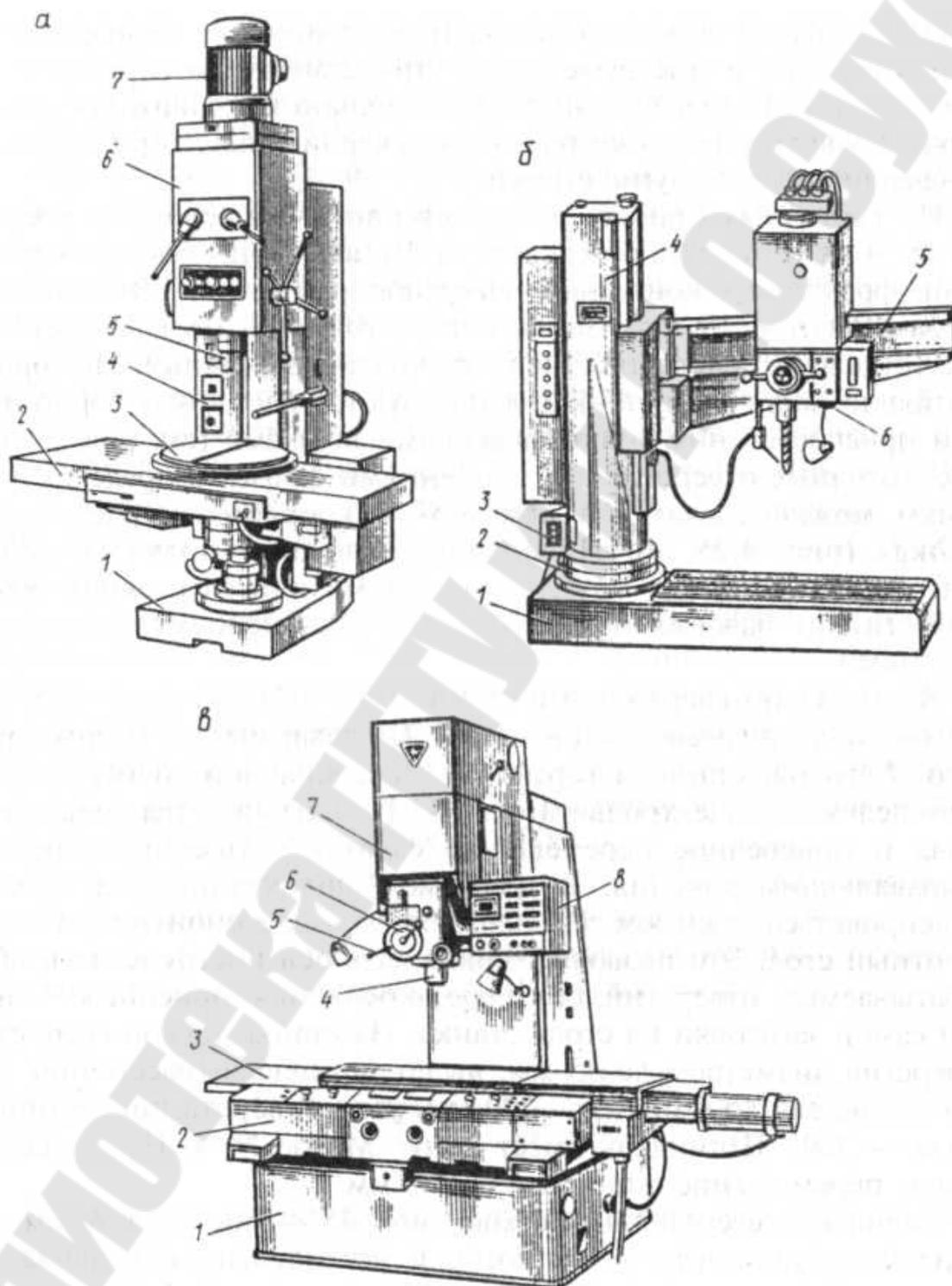


Рис. 3.1 – Общий вид станков сверлильно-расточной группы: а – вертикально-сверлильный мод. 2Н135-1; б – радиально-сверлильный мод. 2554; в – координатно-расточной мод. 2А450Ф30

На расточных станках можно сверлить, зенкеровать, растачивать и развертывать отверстия, подрезать торцы бобышек резцами, фрезеровать контурные поверхности заготовок. Эти станки подразделяются на горизонтально-расточные, алмазно-расточные (отделочно-расточные) и координатно-расточные. На горизонтально-расточных станках используются расточные борштанги и приспособления с направляющими втулками. Высокоточные отверстия с отклонениями формы в пределах 3 – 5 мкм можно выпонить на алмазно- и координатно-расточных станках (рис. 3.1, в). Последние позволяют получать межцентровые расстояния между отверстиями или расстояния осей отверстий от базовых поверхностей с отклонением в пределах 1 – 5 мкм.

Вертикально-сверлильный станок мод. 2Н135 (рис. 3.1, а) состоит из фундаментальной плиты 1, плавающего 2 и поворотного 3 столов, станины (стойки) 4, сверлильной головки 6 со шпинделем 5, электродвигателя 7. На плавающем столе смонтирован поворотный стол. Это позволяет совмещать оси инструмента и обрабатываемых отверстий без перезакрепления приспособления или самой заготовки на столе станка. На станке можно сверлить отверстия диаметром до 35 мм, вылет шпинделя (расстояние от оси шпинделя до стойки) – 300 мм, угол поворота поворотного стола – 360°. Шпиндель имеет конус Морзе № 4. Наибольшее осевое перемещение шпинделя – 250 мм.

Радиально-сверлильный станок мод. 2554 (рис. 3.1, б) имеет фундаментную плиту 1, на которой установлена неподвижная колонна 2 с надетой на нее поворотной гильзой 4. Последняя после поворота на требуемый угол закрепляется на колонне 2 гидрозажимом 3. На гильзе 4 предусмотрены вертикальные направляющие для перемещения траверсы (рукава) 5. На траверсе смонтирована сверлильная головка 6, которая имеет возможность перемещаться вдоль траверсы и поворачиваться вместе с ней и поворотной гильзой 4 на угол до 360°. Обрабатываемая заготовка может устанавливаться на подставке, непосредственно на фундаментной плите (стол) и на полу около плиты. Наибольший диаметр сверления – 50 мм, вылет шпинделя (расстояние от оси шпинделя до наружной поверхности гильзы колонны) 360—1600 мм, наибольшее перемещение траверсы – 1000 мм, пределы частоты вращения шпинделя станка (25 ступеней) – 21– 2000 мин<sup>-1</sup>, пределы подачи (21 ступень) – 0,05 – 5 мм/об.

Одностоечный с ЧПУ координатно-расточной станок мод. 2А450Ф30 (рис. 3.1, в) предназначен для обработки отверстий с точным расположением осей, а также для полустогового и чистового контурного фрезерования. Станок снабжен поворотными столами, позволяющими производить обработку отверстий и плоских поверхностей под различными углами. В станке применена позиционно-контурная система ЧПУ, расширяющая его технологические возможности. Шпиндель станка может иметь 25 частот вращения в пределах 10 – 2500 мин<sup>-1</sup> и 30 рабочих подач в пределах 1,25 – 1000 мм/мин. Стол станка имеет 14 рабочих подач в пределах 2,5 – 1000 мм/мин. Дискретность отсчета подач по осям X, Y, Z – 0,001 мм.

Станок состоит из станины 1 с направляющими, на которых перемещаются салазки 2 со столом 3. В шпиндельной бабке 7 размещена коробка скоростей со шпинделем 4, гильза которого может перемещаться вертикально. Контроль этого перемещения фиксируется по лимбу 6. Рукоятка 5 предназначена для ускоренного перемещения шпинделя 4. На бабке 7 размещен пульт 8 управления устройством ЧПУ (УЧПУ).

Установка заготовок на сверлильных станках осуществляется обычно в приспособления-кондукторы, по втулкам которых сверлятся отверстия. В последние годы производят переналаживаемые круглые накладные кондукторы (ПКНК), регламентированные ГОСТ 31.111.42 – 83 и каталогом К.31.112.41 – 89. Они входят в состав комплекта УСП (УСПП). Универсально-сборные ПКНК состоят из базовых деталей в виде делительных дисков; корпусных деталей в виде планок, делительных опор, ползунов, самоцентрирующихся шариками или кулачками головок; установочных деталей в виде пальцев; направляющих деталей в виде быстросменных удлиненных кондукторных втулок.

При осевой обработке могут использоваться многошпиндельные головки, повышающие технологические возможности одношпиндельных сверлильных станков, в том числе и многооперационных с ЧПУ, и производительность сверления.

### **3.2 Технологические возможности горизонтально-расточных станков**

Общий вид горизонтально-расточного станка с неподвижной стойкой модели 262Г представлен на рис. 3.2, а основные узлы расточно-

го станка модели 2620 – на рис. 3.3.

Станина имеет коробчатую форму с внутренними ребрами жесткости. Направляющие станины в зоне шпиндельной бабки 2 закрыты кожухами, прикрепленными к нижним саням стола 4. В правой нижней части станины смонтирован привод подачи стан

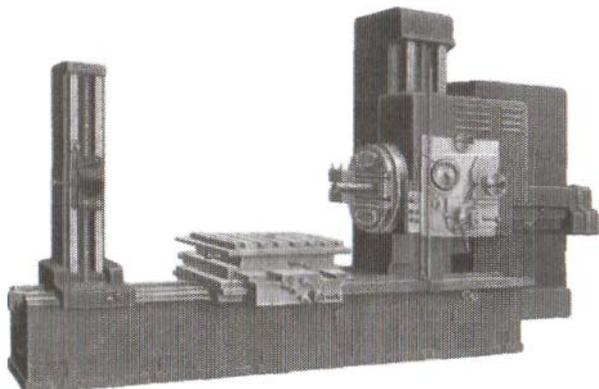


Рис. 3.2. – Общий вид горизонтально-расточного станка модели 262Г

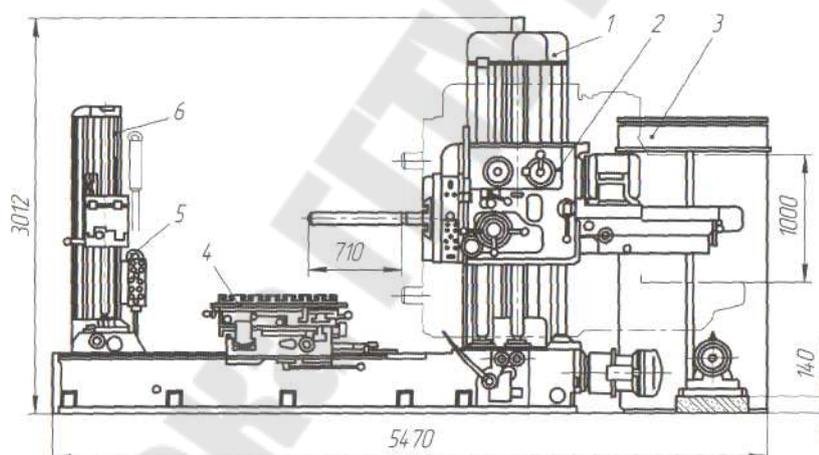


Рис. 3.3. – Основные узлы станка модели 2620: 1 – передняя стойка; 2 – шпиндельная бабка; 3 – электрошкаф; 4 – стол; 5 – дублирующий пульт управления; 6 – задняя стойка.

Масса станка – 12 000 кг. Габариты: длина – 5070 мм, ширина – 2250, высота – 2755 мм. Диаметр растачивания шпинделем – 240 мм; наибольшая длина растачивания шпинделем – 600; диаметр торцевой и наружной обточек суппортом планшайбы – 450; наибольшая длина растачивания и обтачивания суппортом планшайбы – 400; наибольший диаметр сверла (по конусу шпинделя) – 65 мм; наибольшая допускаемая масса заготовки – 2000 кг.

Передняя стойка 1 имеет специальное исполнение с целью повышения ее жесткости и вибростойкости за счет рационального расположения ребер жесткости и формы их поперечного сечения. По вертикальным направляющим передней стойки 1 перемещается вверх и вниз шпиндельная бабка 2, для уравнивания которой имеется противовес. Он расположен с задней стороны стойки и связан со шпиндельной бабкой тросом, пропущенным через блоки, закрепленные на стойке. Передняя стойка закреплена на правом уширенном конце станины.

Шпиндельная бабка представляет собой жесткую чугунную коробку-корпус, внутри и снаружи которой смонтированы отдельные, связанные между собой подузлы и механизмы: главный электродвигатель станка (снаружи) – шпиндельное устройство (внутри); планшайба с радиальным суппортом; коробка скоростей; механизм привода и распределения перемещений расточного шпинделя и радиального суппорта (внутри); хвостовая часть; механизмы управления станком; насос для смазывания привода главного движения, плунжерный масляный насос для смазывания направляющих и др.

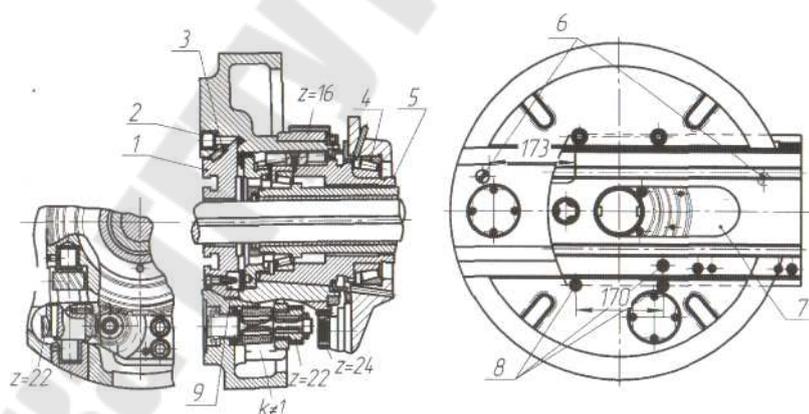


Рис. 3.4. – Планшайба с радиальным суппортом станка модели 262Г

На рис. 3.4 полый шпиндель планшайбы большого диаметра смонтирован на прецизионных конических роликоподшипниках 4, размещенных в отверстиях передней и внутренней (промежуточной) 5 стенок бабки. По направляющим планшайбы, имеющим форму ласточкина хвоста, может перемещаться радиальный суппорт 1. Для выборки зазора между направляющими планшайбы суппорта помещен регулируемый (с помощью винтов) клин 3.

Для зажима радиального суппорта имеются два специальных плунжерных (нажимных) винта 2 на торце планшайбы. Перемещение

суппорта по направляющим ограничено двумя упорными винтами 6 во избежание соприкосновения стенок окна 7 радиального суппорта с расточным шпинделем при совмещенной работе последних. Максимальное перемещение суппорта по планшайбе составляет 170 мм и отмечается указателями 8.

Подача радиального суппорта включается и выключается независимо от подачи расточного шпинделя с помощью планетарной передачи, расположенной в механизме распределения подач шпиндельной бабки.

Зубчатый венец  $z = 116$ , сидящий свободно на ступице планшайбы, связан с планетарной передачей посредством шестерни  $z = 24$ . Он сообщает движение суппорту через шестерню  $z = 22$ , червячную передачу  $z = 1$ ,  $z = 22$  и косозубую шестерню  $z = 16$ , находящуюся в зацеплении с рейкой 9 и прикрепленную к суппорту.

Суппорт имеет два Т-образных паза для закрепления инструмента.

### **3.2.1. Методы базирования и закрепления заготовок при обработке на горизонтально-расточных станках**

Под установкой следует понимать совокупность приемов, состоящих из подготовки к установке, базирования заготовки, ее выверки и закрепления.

Эти работы выполняются в определенном порядке:

- 1) определяют местоположение заготовки на поверхности стола или плиты;
- 2) устанавливают универсальные установочные приспособления (если таковые требуются);
- 3) предварительно закрепляют и выверяют универсальные установочные приспособления;
- 4) окончательно закрепляют установочные приспособления;
- 5) заготовку базируют на стол или плиту (или приспособление) и предварительно закрепляют;
- 6) выверяют правильность положения обрабатываемой заготовки относительно станка;
- 7) окончательно закрепляют заготовку.

Различают три основных метода установки заготовок на расточных станках, когда заготовка устанавливается непосредственно на поверхность стола или плиты; на подкладки, бруски, угольники и приз-

мы; и в специальные приспособления.

Единичные обрабатываемые заготовки, как правило, устанавливаются непосредственно на стол или плиту станка либо на универсальные приспособления.

Время на установку, выверку и закрепление обрабатываемых заготовок обычно составляет значительную часть времени, затрачиваемого на выполнение всей операции. Сокращение его обеспечивается применением различных приспособлений.

Схема закрепления заготовки с помощью прихвата показана на рис. 5.8, а. При закреплении необходимо, чтобы высота подставки была несколько больше высоты той части заготовки, на которую наложена планка-прихват, и чтобы расстояние  $l_1$  было меньше или равно  $l_2$ , что позволяет обеспечить более надежное закрепление.



Рис. 3.2 – . Схема закрепления с помощью крепежных комплектов: а – с нерегулируемой подставкой: 1 – подставка; 2 – прижимная планка; 3 – заготовка; 4 – стол или плита станка; б – с регулируемой опорой: 1 – винт; 2 – планка-прихват; 3 – контргайка; 4 – самоустанавливающаяся пята; 5 – пружинное кольцо

На рис. 3.2, б показан прихват с регулируемой винтовой опорой. Изменение высоты опоры производят путем завинчивания (или отвинчивания) винта 1 в резьбовое отверстие планки-прихвата 2; контргайка 3 фиксирует винт в резьбовом отверстии. Самоустанавливающаяся пята 4 соединена с винтом пружинным кольцом 5.

Не рекомендуется применять крепежные комплекты с винтовой регулируемой опорой в тех случаях, когда для закрепления к заготовке необходимо приложить значительные силы.

Заготовки с точно обработанными плоскими основаниями, у которых оси растачиваемых отверстий параллельны основанию, а обрабатываемые поверхности перпендикулярны ему, устанавливаются непосредственно на поверхность стола станка (рис. 3.3, а). Однако

самая тщательная и точная обработка плоской поверхности основания не может гарантировать плотный ее контакт с поверхностью стола.

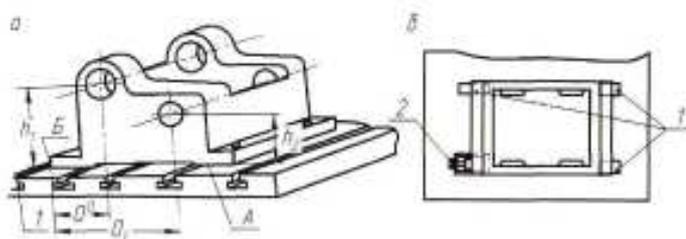


Рис. 3.3 – Установка заготовки с плоским основанием на стол станка: а – заготовка с точным плоским основанием; А – основание заготовки; Б – вспомогательная базовая поверхность; б – схема размещения подкладок и клинового домкрата при установке заготовки с неточным плоским основанием: 1 – подкладки; 2 – клиновой домкрат

Плотность прилегания опорной поверхности и зазор могут быть проверены (измерены) щупом. Набор щупов № 1 состоит из восьми пластин; самая тонкая пластина имеет толщину 0,03 мм, остальные разнятся по толщине на 0,01 мм.

Заготовки с плоскими, но неточно обработанными основаниями следует устанавливать на мерные плоские подкладки.

Подкладки ставят под три угла (рис. 3.3, б) опорной поверхности заготовки, чем в соответствии с правилом трех точек обеспечивается ее контакт с каждой из подкладок. Под четвертый угол вводят клиновой домкрат, положение которого регулируется по высоте.

Заготовки с необработанными основаниями обычно устанавливают на регулируемые по высоте клиновые или винтовые домкраты. Клиновые домкраты как наиболее жесткие обеспечивают возможность более прочного закрепления заготовки.

Имеются заготовки, у которых плоские опорные поверхности основания находятся не на одной высоте или расположены так, что ниже их имеются необработанные поверхности или обработанные, но не базовые поверхности. Такие заготовки устанавливают на брусках (рис. 3.4), причем последние устанавливают и выверяют и затем закрепляют.

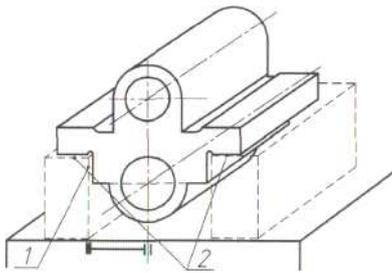


Рис. 3.4 – Схема установки заготовки с разделенными базовыми опорными поверхностями: 1 – базовая боковая опорная поверхность; 2 – базовые установочные опорные поверхности

При разности высот поверхностей основания обычно на один из брусков дополнительно ставят необходимое число мерных плоских подкладок.

Плотность прилегания опорных поверхностей к поверхностям брусков проверяется так же, как и при установке обрабатываемых заготовок непосредственно на поверхность стола.

Заготовки, у которых надо обработать относительно перпендикулярные отверстия и поверхности с двух, трех и четырех сторон (причем эти отверстия параллельны основанию, а поверхности перпендикулярны ему), необходимо устанавливать с таким расчетом, чтобы обеспечивать возможность выполнения их обработки с одной установки. Этим обеспечиваются сокращение объема работ и повышение точности, так как при каждой новой установке появляются неизбежные погрешности. Такие заготовки устанавливают на поворотных столах (рис. 3.5) таким образом, чтобы каждое обрабатываемое отверстие и поверхность отстояли от торца планшайбы станка примерно на равном и возможно минимальном расстоянии.

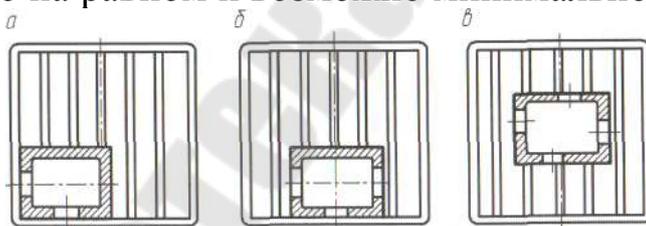


Рис. 3.5 – Схема расположения заготовки при обработке: а – с двух сторон; б – с трех сторон; в – с четырех сторон

Многие заготовки для обеспечения точной обработки необходимо установить так, чтобы их основания занимали не параллельное, а перпендикулярное положение относительно поверхности стола. Для этих целей применяют угольники (рис. 3.6), к вертикальным поверхностям которых прижимают обрабатываемые заготовки осно-

ваниями. До закрепления обрабатываемых заготовок производят установку и выверку угольника, который размещают на столе так, чтобы обеспечить доступность обработки с двух, трех и четырех сторон и хороший обзор в процессе обработки.

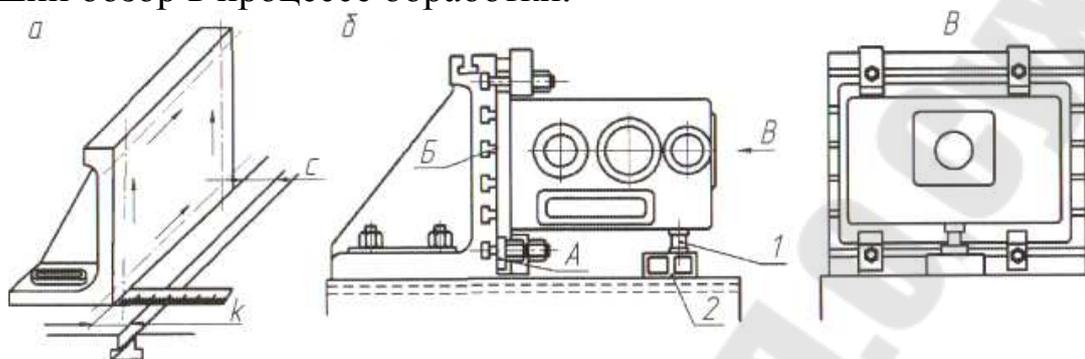


Рис. 3.6 – Схема выверки угольника (а) и установка корпуса на угольнике (б): 1 – опоры; 2 – плоская подкладка или брусок; А – крепление заготовки к угольнику; Б – Т-образные пазы угольника

Предварительная установка угольника производится параллельно одному из пазов стола станка (рис. 3.6, а). Для этого от кромки паза до вертикальной поверхности угольника откладываются равные расстояния  $c$  и  $k$ .

Дополнительная выверка положения осуществляется при помощи индикатора, мерительный штифт которого обходит путь, указанный стрелками. После выверки производят окончательное закрепление угольника.

На рис. 3.6, б показан пример установки корпусной заготовки на угольнике. Если заготовка относительно высока, то под действием силы тяжести она может несколько провисать, а при обработке отжиматься и вибрировать под воздействием составляющих сил резания.

При установке заготовки на угольник жесткость системы понижается. Это устраняется подведением под заготовку дополнительных одной или двух опор. В качестве таких опор 1 применяют винтовые или клиновые домкраты. Если высота домкратов недостаточна, их устанавливают на плоскую подкладку или брусок 2.

Заготовки, у которых опорные базовые поверхности имеют цилиндрические формы, устанавливают на призмы. Короткие заготовки устанавливают на одну призму, длинные – на две (рис. 3.7, а). Выверка призм производится по контрольному валику произвольного диаметра.

Если у заготовки растачиваемые отверстия должны быть парал-

лельны осям базовых опорных поверхностей, то цилиндрическая поверхность контрольного валика должна быть параллельна шпинделю в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. Выверка делается по схеме, изображенной на рис. 3.7, б.

Если растачиваемые отверстия должны быть перпендикулярны осям опорных поверхностей заготовки, цилиндрическая поверхность контрольного валика должна быть перпендикулярна шпинделю. Эта выверка выполняется по схеме (рис. 3.7, в).

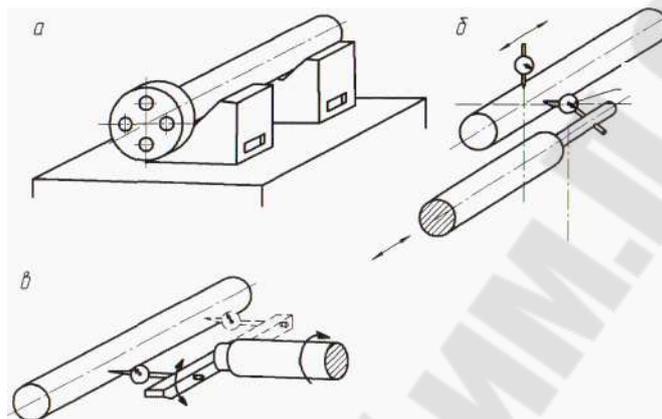


Рис. 3.7. Установка (а) и выверка (б, в) заготовок на призмах

### 3.3 Схемы обработки на станках сверлильно-расточной группы

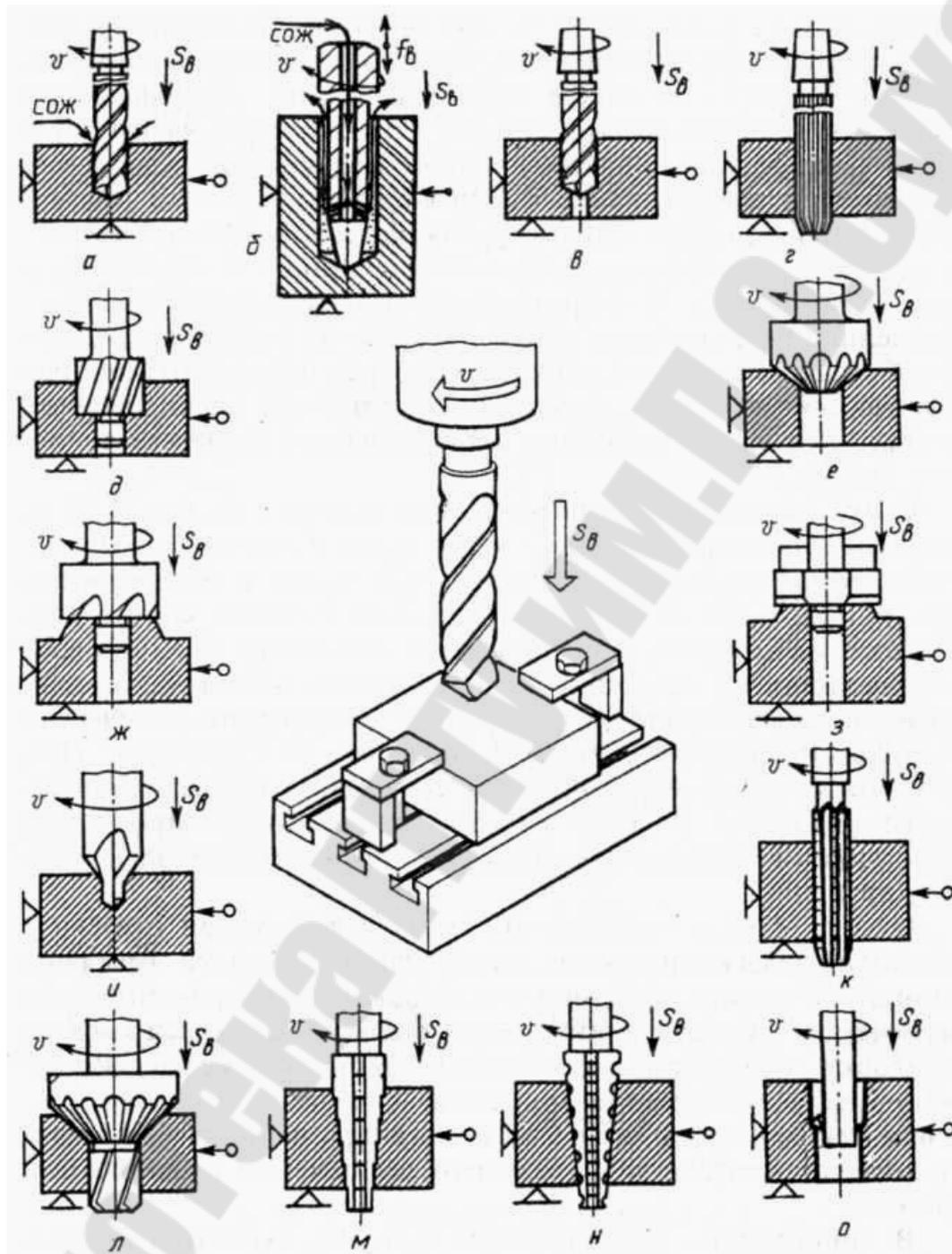


Рис. 3.8 – Схемы осевой обработки и растачивания

Схемы осевой обработки на сверлильных и расточных станках представлены на рис. 3.8. Сверлением (рис. 3.8, а) можно получать сквозные и глухие цилиндрические отверстия (квалитеты точности – 12 – 13,  $Ra = 6,3 - 15$  мкм). При обработке заготовок с помощью кондукторов обеспечивается расположение отверстий

с точностью  $\pm 0,15$  мм.

Вибросверлением (рис. 3.8, б) можно получать цилиндрические отверстия (квалитеты точности – 8 – 9,  $Ra = 0,4 - 1,25$  мкм). Процесс осуществляется при вибрации с частотой  $f_v$ , в направлении подачи  $S_v$ , что обеспечивает кинематическое дробление стружки и хорошую ее транспортабельность при вымывании подаваемой через каналы инструмента СОЖ. При этом инструмент хорошо оmyвается, охлаждается и смазывается СОЖ, чем достигается улучшение условий резания и повышение стойкости инструмента.

Рассверливание (рис. 3.8, в) выполняется с целью увеличения диаметра отверстия. Диаметр отверстия под рассверливание выбирается так, чтобы в работе не участвовала поперечная режущая кромка.

Зенкерование (рис. 3.8, г) применяется как предварительная обработка литых, штампованных или просверленных отверстий под последующие развертывание, растачивание или протягивание. При этом обеспечивается точность отверстий по 11 – 13 квалитетам, а шероховатость поверхности по  $Ra = (10 - 15)$  мкм. Зенкерование может быть и отделочной операцией. В отличие от рассверливания зенкерование обеспечивает исправление формы отверстия и повышение производительности обработки.

Развертывание является отделочной обработкой цилиндрических и конических отверстий с обеспечением точности 7 – 11 квалитетов и шероховатости поверхности по  $Ra = (1,25 - 5)$  мкм. Развертывание конических отверстий начинается с обработки имеющегося цилиндрического отверстия коническим ступенчатым зенкером (рис. 3.8, м), затем конической разверткой со стружко-разделительными канавками (рис. 3.8, и) и окончательно конической разверткой с гладкими режущими кромками. При требуемой шероховатости отверстия детали  $Ra = 5$  мкм заготовка предварительно сверлится с припуском на размер  $Z_{\text{п}} = (0,3 - 0,5)$  мм. При  $Ra = 2,5$  мкм заготовку предварительно зенкеруют с припуском на размер  $Z_{\text{п}} = (0,25 - 0,4)$  мм. При  $Ra = 1,25$  мкм заготовку подвергают предварительно черновому развертыванию с припуском на размер  $Z_{\text{п}} = (0,15 - 0,25)$  мм.

Зенкерованием обрабатываются цилиндрические (рис. 3.8, д) и конические углубления под головки винтов. Обработка ведется зенкерами-зенковками, некоторые из которых (рис. 3.8, е, д) имеют направляющую часть, обеспечивающую соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рис. 3.8, ж, з) обрабатываются торцовые по-

верхности, являющиеся опорными плоскостями головок винтов, шайб и гаек. Перпендикулярность торца к основному отверстию достигается наличием направляющей части у зенкера-цековки (рис. 3.8, ж) и у пластинчатого резца (рис. 3.8, з).

Нарезание резьбы в отверстиях (рис. 3.8, к) обеспечивается метчиками. При этом подача  $S_{\text{п}}$  должна быть равна шагу резьбы  $t$ .

С помощью комбинированного инструмента можно получать сложнопрофильные поверхности, например цилиндр плюс конус (рис. 3.8, и, л). При этом параметры режима обработки  $v$  и  $S_{\text{в}}$  принимаются по лимитирующему элементу комбинированного инструмента (центровочного сверла, зенкера).

Растачивание осуществляется на расточных станках с помощью однорезцовых патронов и оправок (рис. 3.8, о) или многорезцовых борштанг для одновременной обработки нескольких соосно расположенных отверстий. Этот вид обработки положительно отличается от зенкерования тем, что обеспечивает практически полное исправление формы отверстия, полученной на предшествующей растачиванию операции. Кроме того, на координатно-расточных станках достигается высокая точность обработанных отверстий и их относительного положения, а на алмазно-расточных станках можно получить шероховатость поверхности  $Ra = (0,1 - 0,2)$  мкм.

Растачивание выполняется на токарных станках по следующей схеме: заготовка вращается, инструмент подается; на фрезерных станках с вращением инструмента в виде резца-летунка (одно- или двухрезцовой вращающейся державки).

При сверлении могут иметь место следующие недостатки:

- увод сверла от заданной оси; разбивка отверстия по диаметру;
- неудовлетворительная шероховатость обработанной поверхности;
- смещение оси отверстия от базовых поверхностей.

При вибросверлении перечисленные недостатки уменьшаются. Это достигается за счет дробления стружки и ее вымывания потоком СОЖ из зоны резания. Такая стружка не царапает поверхность, не затормаживается в каналах, образованных канавками сверла и обработанной поверхностью, не оказывает влияния на процесс резания. Повышение качества обработанного отверстия достигается точным положением прямого сверла за счет его установки в прецизионных патронах, направления кондукторной втулкой с отверстием по форме сечения сверла, предупреждения продольного изгиба поддерживаю-

щей втулкой, точной заточки режущей части с обеспечением  $\square$ ие $\square$ якового угла, уравнивания по длине обеих основных режущих кромок, исключения обработки затупленным инструментом.

Растачивание на расточных станках выполняется так же, как и на токарных станках, с разницей лишь в том, что движение резания сообщается резцу. Поэтому параметры режима обработки можно определять, как и при растачивании на токарных станках. Поддачи при этом можно снижать в 1,2 – 1,5 раза с целью уменьшения шероховатости поверхности и увеличения точности обработанного отверстия при применении, например, координатно-расточных станков.

В целом обработка различных внутренних поверхностей усложнена по причинам лимитированного доступа в зону обработки инструмента и СОЖ, ограниченной возможности наблюдения за  $\square$ ие $\square$ ясьсом резания и инструментом, затруднений контроля точности и качества обработанной поверхности.

### **3.4 Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучить теорию к лабораторной работе.
2. Получить задание у преподавателя (чертеж детали с указанием типа производства). Изучить требования чертежа.
3. Написать маршрутный технологический процесс обработки детали. Сверлильную операцию описать по переходам, начертить операционный эскиз для данной операции.
4. Используя литературу 1 и 2 выбрать станок, инструмент и приспособление для выполнения сверлильной операции (указать модель, размеры рабочей зоны и мощность станка, номер, ГОСТ, материал инструмента, вид приспособления).
5. Начертить наладку станка на выполнение данной операции (показать рабочую зону станка, инструмент, деталь и приспособление), с указанием основных движений.
6. Произвести наладку шлифовального станка на обработку поверхности заданной детали, настроить на рассчитанные режимы резания. Произвести контроль шероховатости обработанной поверхности.
7. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

## 5. Содержание отчета

8. Цель работы.

9. Начертить все схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на шлифовальных станках указанием основных движений.

10. Начертить схему наладки шлифовального станка,  и  в соответствии с техпроцессом, обозначить основные узлы и движения узлов станка. Обозначить на схеме инструмент и приспособления.

11. Начертить операционный эскиз детали (эскиз детали с выделенной обрабатываемой поверхностью, указанием глубины резания, основных движений, базирования и т.д.).

12. Привести расчеты режимов резания.

13. Сделать выводы о проделанной работе.

### 3.4 Порядок выполнения лабораторной работы

#### Часть 1

1. Изучить теорию к лабораторной работе.

2. Получить задание у преподавателя (чертеж детали с указанием типа производства). Изучить требования чертежа.

3. Написать маршрутный технологический процесс обработки детали. Сверлильную операцию описать по переходам, начертить операционный эскиз для данной операции.

4. Используя литературу 1 и 2 выбрать станок, инструмент и приспособление для выполнения сверлильной операции (указать модель, размеры рабочей зоны и мощность станка, номер, ГОСТ, материал инструмента, вид приспособления).

5. Начертить наладку станка на выполнение данной операции (показать рабочую зону станка, инструмент, деталь и приспособление), с указанием основных движений.

6. Произвести наладку сверлильного станка на обработку отверстия, настроить на рассчитанные режимы резания. Произвести обработку.

#### Часть 2

7. Используя литературу 1 и 2 рассчитать режимы резания и штучное время для сверлильной операции, результаты расчетов занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Таблица технических норм времени для сверлильной операции, в минутах

Номер и наименование операции	$T_o$ , МИН	$T_v$ , МИН				$T_{оп}$ , МИН	$P_{об.ор}$ , %	$T_{шт}$ , МИН	$T_{пз}$ , МИН	$n$ , ШТ	$T_{штк}$ , МИН
		$T_{ус}$ , МИН	$T_{зо}$ , МИН	$T_{уп}$ , МИН	$T_{из}$ , МИН						
										100	

8. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

### 3.5 Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Теоретическая часть работы: зарисовать схемы общий вид вертикально-сверлильного и горизонтально-расточного станков, схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на этих операциях с обозначением и указанием режущего инструмента.
3. Технологический процесс обработки детали, операционный эскиз для сверлильной операции.
4. Схема наладки станка на выполнение данной операции с обозначением узлов и основных движений узлов станка. Указать модель станка, номер и ГОСТ инструмента, вид приспособления.
5. Начертить операционный эскиз детали (с выделенной обрабатываемой поверхностью и с указанием глубины резания, направления подачи и т.д.) и расчет режимов резания для заданной детали на заданном станке.

### 3.6 Вопросы и задания для самоконтроля

1. Для чего предназначены сверлильные станки?
2. В чем отличие радиально-сверлильных станков от вертикально-сверлильных?
3. Назовите главные компоненты вертикально-сверлильного станка.
4. Какой компонент вертикально-сверлильного станка совершает главное движение?
5. Какой компонент вертикально-сверлильного станка совершает движение подачи?
6. Как осуществляют перемещение стола вертикально-

сверлильного станка?

7. Назовите главные компоненты радиально-сверлильного станка.

8. Какой компонент радиально-сверлильного станка совершает главное движение? Движение подачи?

9. Какими способами достигается повышение производительности и точности обработки отверстий сверлением?

10. Для чего применяют сверла повышенной жесткости?

11. Что такое глубокое сверление?

12. Каково назначение зенкера? Какие поверхности обрабатываются зенкерами?

13. Чем отличается зенкер от сверла?

14. Какие зенкеры применяют для обработки глубоких отверстий?

15. Как делятся зенкеры по типу крепления на станке?

16. Как выбрать диаметр зенкера для предварительной и окончательной обработки?

17. Чем зенковка отличается от зенкера?

18. Для чего применяют развертки? Назовите основное отличие развертки от сверла и зенкера.

19. Для чего применяют комбинированные инструменты при обработке на сверлильных станках?

20. Назовите типы вспомогательных инструментов, применяемых при обработке на сверлильных станках?

21. Как базируют и закрепляют обрабатываемую заготовку при обработке на сверлильных станках?

22. Как при обработке на сверлильных станках происходит совмещение оси сверла (или другого инструмента) с осью будущего отверстия?

23. Дайте определение понятию «скальчатый кондуктор».

24. Какие типы кондукторов нашли наибольшее применение при обработке на сверлильных станках?

25. Назовите последовательность обработки цилиндрического отверстия  $d = 10$  мм IT7 и используемый при этом набор инструментов.

26. Назовите последовательность обработки цилиндрического отверстия  $d = 5$  мм IT10 и используемый при этом набор инструмен-

тов.

27. От чего зависит подача при сверлении?
28. От чего зависит скорость резания при сверлении?
29. Как рассчитать основное время для сверления отверстия?
30. Как рассчитать штучное время для выполнения сверлильной операции?
31. С помощью каких измерительных инструментов осуществляется контроль размеров отверстий при обработке на сверлильных станках?
32. Для чего используют индикаторные нутромеры?
33. Назовите главные компоненты одностоечного координатно-расточного станка модели 2450.
34. Для чего координатно-расточные станки следует располагать в изолированных помещениях с постоянной температурой?
35. Какие основные методы установки заготовок на расточных станках вы знаете?
36. Назовите состав крепежного комплекта для закрепления заготовки на столе расточного станка.
37. Какие технические решения используют в крепежных комплектах для закрепления заготовок различной высоты на столе расточного станка?
38. Что понимается под установкой заготовки на стол расточного станка или на плиту?
39. Назовите порядок установки заготовки на стол расточного станка.
40. Назовите основные общие правила, которые должны соблюдаться при установке заготовок для обработки на расточных станках.
41. Как проверить плотность прилегания между поверхностями стола и заготовки?
42. Назовите особенности установки заготовок при обработке на расточных станках по необработанным, предварительно (неточно) обработанным и точно обработанным базовым опорным поверхностям.
43. Как осуществляют выверку положения угольника при его установке на столе расточного станка?
44. Дайте определение понятия «выверка».
45. С помощью чего на расточных станках нарезают резьбу в отверстиях?

## 4. Лабораторная работа №4

### Технологические возможности шлифовальных станков. Виды шлифования

Цель работы: изучить технологические возможности шлифовальных станков, получить представление о методах обработки различных поверхностей на данных станках, получить навыки по выбору оборудования и технологической оснастки для обработки на этих станках.

#### 4.1 Общие сведения о шлифовальных станках

##### 4.1.1 Назначение и классификация

Станки шлифовальной группы современных моделей предназначены для изготовления деталей с малыми отклонениями формы, размеров, малым параметром шероховатости поверхности и отличаются высокой производительностью.

При шлифовании главным движением резания является вращение инструмента, а движения подачи  $S$  (они могут быть различными) сообщаются заготовке или инструменту. Различают шлифование периферией круга и торцом круга; в первом случае режущей частью является наружная поверхность круга, образующая которой параллельна оси его вращения, а во втором случае – торец круга.

По классификатору группа станков, работающих абразивным инструментом, обозначена цифрой 3 (первая цифра в обозначении модели). Вторая цифра указывает тип станка. Различают девять типов шлифовальных станков:

- 1 – круглошлифовальные станки;
- 2 – внутришлифовальные станки;
- 3 – обдирочно-шлифовальные;
- 4 – специализированные шлифовальные станки;
- 5 – продольно-шлифовальные;
- 6 – заточные;
- 7 – плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом;
- 8 – притирочные и полировальные станки;
- 9 – разные станки, работающий абразивным инструментом.

Для шлифовальной обработки применяют шлифовальные круги размеры которых соответствуют ГОСТ 2424 – 83, а абразивный материал – техническим условиям с повышенными требованиями к его однородности. Размеры круга, его форма и характеристика обычно заранее определены в технологических картах обработки. По этим параметрам подбирают круг соответствующей марки, например, шлифовальный круг ЧАЗ ПП 600 х 200 х 203 24А 12 П СМ 5 35 2 кл ЛЛ, маркировка которого означает: ЧАЗ – Челябинский абразивный завод; ПП – форма круга; 600 х 200 х 203 – размеры круга, мм (диаметр наружной поверхности х высота х диаметр отверстия); 24Л – марка материала (белый электрокорунд); 12 – номер зернистости; П – индекс зернистости; СМ – степень твердости; 5 – номер структуры; 35 – рабочая скорость, м/с; 2 кл – класс неуравновешенности; АА – класс точности.

#### 4.1.2 Виды шлифования

Шлифованием обрабатывают поверхности всех классов. Некоторые виды шлифования показаны на рис. 4.1. Обычно шлифование применяется для повышения точности размеров и формы поверхностей, формообразование которых было на предыдущих этапах обработки осуществлено другими способами: точением, фрезерованием и т. д. Чаще всего шлифуемые заготовки после предварительной обработки подвергаются закалке или химико-термической обработке. В зависимости от требований к точности шлифование подразделяют на предварительное, чистовое или тонкое.

В последнее время шлифование все чаще используют для формообразования, т.е. для снятия значительных слоев материала с заготовки (тогда его называют силовым) или для получения в сплошном материале канавок различной формы (тогда его называют глубинным). Шлифование производят шлифовальными кругами, состоящими из абразивных зерен, которые жестко сцементированы в пористое тело при помощи связки.

Для обработки наружных поверхностей вращения применяют различные способы круглого шлифования (рис. 4.1, а, б, г, ж, к) на круглошлифовальных станках. Заготовку при этом устанавливают в центрах, на оправке или в патроне. Для обработки внутренних поверхностей вращения применяют различные способы внутреннего шлифования (рис. 4.1, з). В зависимости от массы, габаритов и формы при внутреннем шлифовании заготовка либо вращается вокруг

оси шлифуемого отверстия, либо устанавливается на столе и имеет только продольную подачу. В последнем случае шлифование называют планетарным.

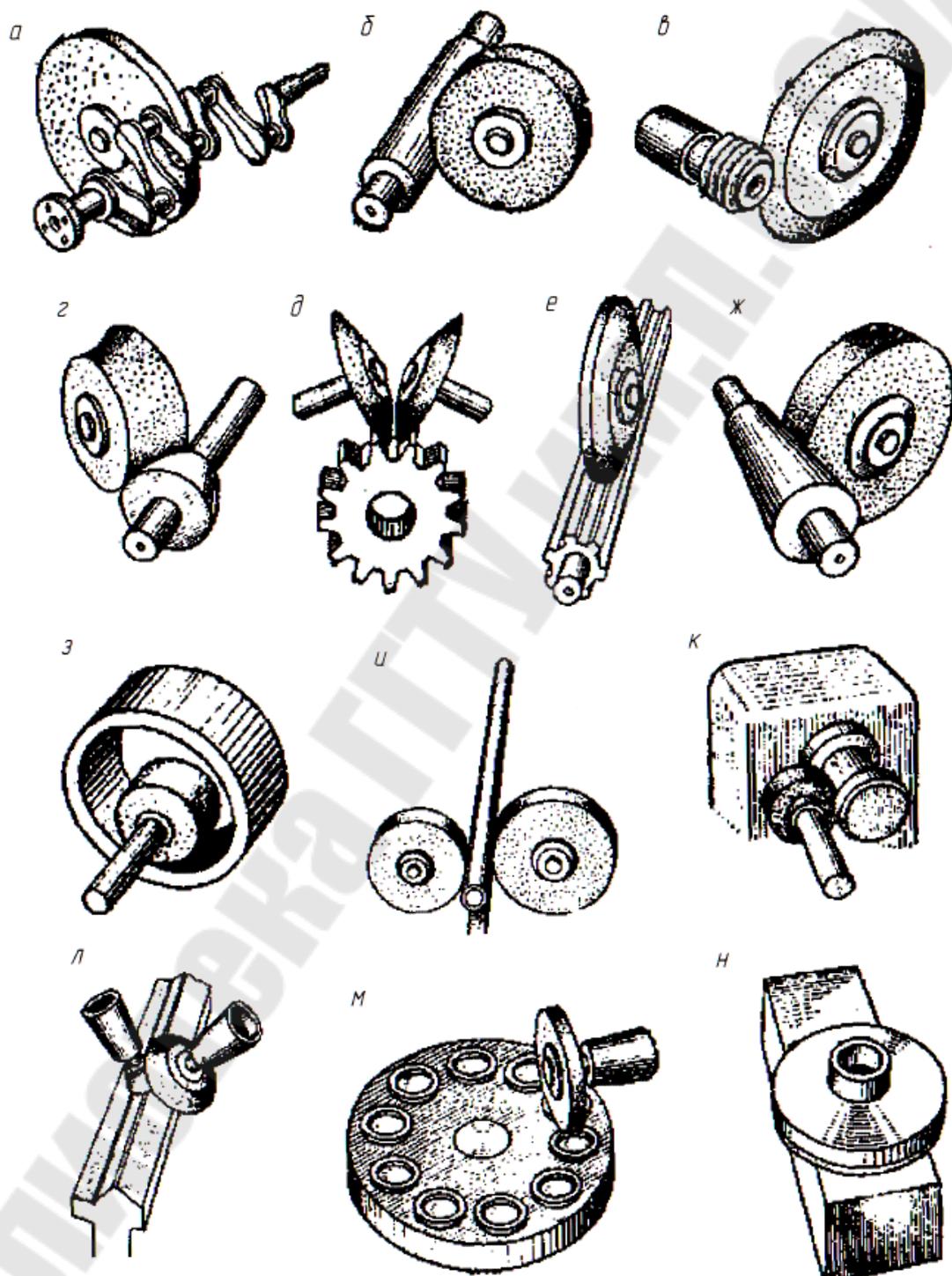


Рис.4.1 – Виды шлифования

Разновидностью круглого шлифования, характеризуемой высокой производительностью, является круглое бесцентровое шлифование (рис. 4.1, *и*). Особенностью этого способа является ориентация заготовки. В данном случае заготовку ориентируют в зоне шлифования той же поверхностью, которая шлифуется. При бесцентровом шлифовании заготовка опирается шлифуемой поверхностью на опорный нож и ведущий круг, который чаще всего тоже является абразивным, но с характеристиками отличными от шлифовального. Ведущий круг бывает также алюминиевым, стальным или чугунным. Кроме цилиндрических поверхностей, врезным бесцентровым шлифованием обрабатывают также ступенчатые, конические и фасонные поверхности.

Фасонное врезное круглое шлифование в центрах в последнее время (в условиях массового производства) все больше заменяется бесцентровым шлифованием на жестких опорах, при котором уменьшается влияние биения шпинделя и деформаций при закреплении заготовки на точность формы и относительное расположение шлифованной поверхности. Кроме того, данный способ существенно упрощает автоматизацию загрузки заготовок по сравнению с ее установкой в патронах и центрах.

Относительно неширокие плоскости и пазы обрабатываются плоским шлифованием на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом периферией или торцом круга (рис. 4.1, *л-н*). Чтобы уменьшить тепловое напряжение в зоне шлифования торцом круга, ось последнего наклоняют в плоскости, параллельной продольной подаче. При предварительном шлифовании допускается превышение задней кромки круга над передней до 2 мм, а при чистовом – не более 0,05 мм.

Для шлифования открытых плоскостей в массовом производстве применяют плоскошлифовальные станки с круговой (вместо продольной) подачей (рис. 4.1, *м*). Если ширина шлифования больше ширины шлифовального круга, то обработка ведется с круговой и поперечной подачами. Плоскошлифовальные станки с круглым вращающимся столом более производительны, потому что при их использовании есть возможность в 2 – 3 раза по сравнению со станком с прямоугольным столом повысить скорость продольной подачи. Это преимущество особенно проявляется при шлифовании закаленных заготовок.

Шлифование шлицевых поверхностей проводят на шлицешли-

фовальном станке либо одним профилированным кругом за один переход (рис. 4.1, *e*), либо за несколько переходов, когда боковые стороны и дно шлицев шлифуют отдельно. В первом случае обеспечивается относительная простота наладки, высокая точность относительного расположения шлицев и высокая стойкость круга. Однако различные условия шлифования dna и боковых сторон шлицев ограничивают производительность процесса шлифования.

Шлифование точных резьбовых поверхностей осуществляют на резьбошлифовальных станках шлифовальным кругом, профилированным согласно форме впадины между витками резьбы (рис. 6.1, *в*). Если шаг резьбы меньше 2 мм, то ее предварительно не прорезают и шлифование проводят «по целому».

Шлифование зубчатых поверхностей обеспечивает их высокую точность по всем показателям. Его осуществляют методом копирования образующей, когда профиль шлифовального круга соответствует форме и размерам впадины между зубьями, или методом огибания, когда форма инструмента соответствует зубу рейки, а в процессе шлифования имитируется движение в процессе зацепления. Пример шлифования методом огибания двумя шлифовальными кругами показан на рис. 4.1, *д*.

## 4.2 Кругло-шлифовальные станки

Круглое наружное шлифование осуществляют на круглошлифовальных станках, которые характеризуются наибольшими диаметром и длиной шлифуемой заготовки. 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.

Круглошлифовальный центровой полуавтомат модели ЗМ151 показан на рис. 4.2. По направляющим станины 2 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 5 и задней 9 бабок и приводят во вращение поводком, укрепленным на планшайбе передней бабки станка. Кроме того, гидропривод осуществляет поперечные перемещения шлифовальной бабки, которые используют для быстрого ее подвода и отвода, предварительной и чистовой подачи; отвод пиноли задней

бабки при отведенной шлифовальной бабке.

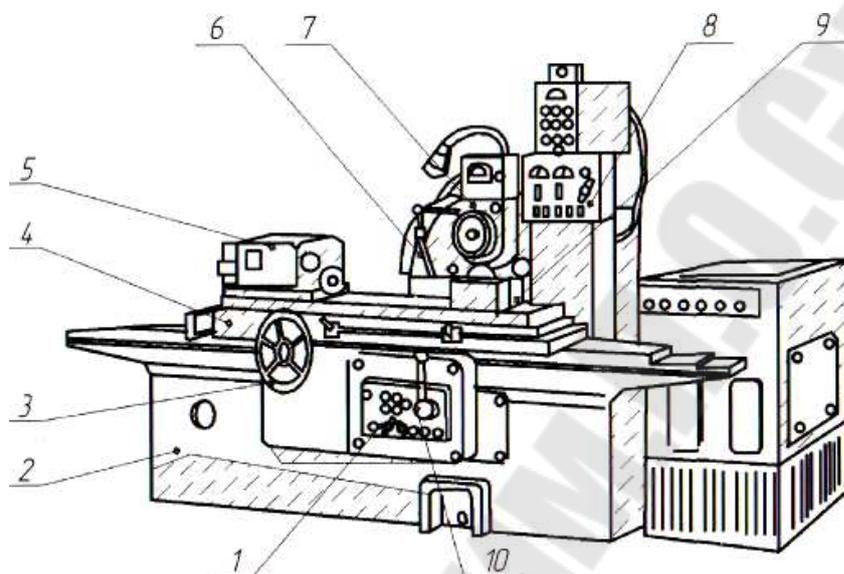


Рис. 4.2 – Круглошлифовальный станок модели 3М151: 1 – панель гидравлического управления станком; 2 – станина; 3 – маховичок ручного перемещения стола; 4 – стол; 5 – передняя бабка; 6 – шлифовальная бабка; 7 – механизм поперечной подачи; 8 – панель управления пуском насоса, шлифовального круга, вращением заготовки и согласованием 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

Краткая техническая характеристика станка модели 3М151:

Заготовка, мм:

наибольший диаметр ..... 200

наибольшая длина ..... 700

Высота центров над столом, мм ... 125

Шлифовальный круг, мм:

наибольший диаметр ..... 600

наибольшая высота ..... 80

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.

На круглошлифовальных станках заготовки валов устанавливают

на неподвижных центрах передней и задней бабок (рис. 4.3). Упорные центры имеют конический хвостовик, который легко входит в коническое отверстие передней и задней бабок и так же легко вынимается из них. Рабочий конец центра шлифуют на конус с углом при вершине  $60^\circ$ . Упорные центры различают по номерам, так как их размеры стандартизованы.

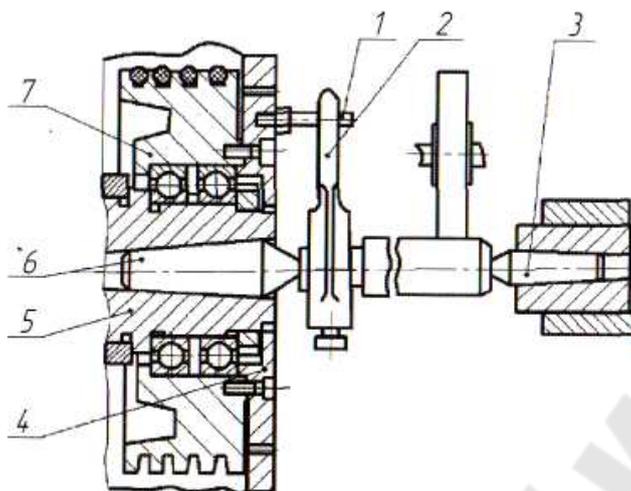


Рис. 4.3 – Схема установки заготовки в центрах: 1 – поводковый палец; 2 – хомутик; 3 – задний упорный центр; 4 – поводковый диск (планшайба); 5 – шпиндель передней бабки станка; 6 – передний упорный центр; 7 – шкив

При шлифовании в центрах шлифуемая заготовка получает вращение от поводковой планшайбы через хомутик, закрепляемый на конце заготовки.

Центры изготовляют цельными или с твердосплавным наконечником. При шлифовании заготовок диаметром  $3 \dots 4$  мм применяют обратные центры. В этом случае концы шлифуемых заготовок выполняют в виде конусов с углом при вершине  $60^\circ$ .

На рис. 4.4 – 4.6 показаны различные схемы круглого наружного врезного шлифования цилиндрических поверхностей в центрах. При шлифовании полуоткрытых наружных цилиндрических поверхностей, особенно когда необходимо обеспечить перпендикулярность ограничивающего торца, применяется совместное шлифование цилиндра и торца (рис. 4.5, 4.6). Наиболее эффективной является схема, показанная на рис. 4.6. В этом случае при правке меньше расходуется шлифовальный круг.

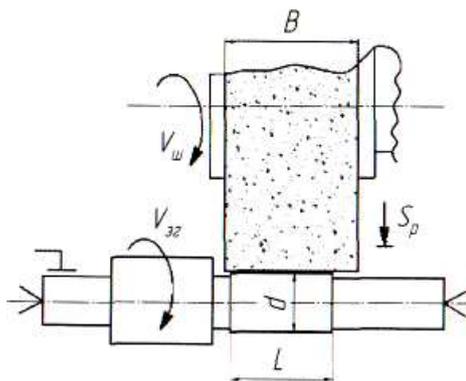


Рис. 4.4 – Схема круглого наружного врезного шлифования

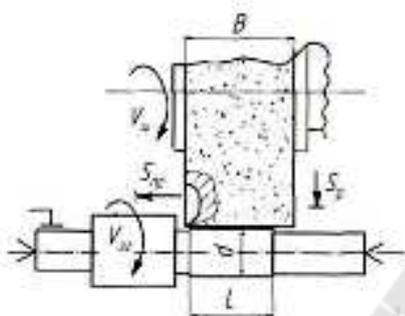


Рис. 4.5 – Схема круглого врезного шлифования с подшлифовкой торца цилиндрическим кругом

схемы круглого наружного врезного шлифования цилиндрических поверхностей в центрах. При шлифовании полуоткрытых наружных цилиндрических поверхностей, особенно когда необходимо обеспечить перпендикулярность ограничивающего торца, применяется совместное шлифование цилиндра и торца (рис. 4.5, 4.6). Наиболее эффективной является схема, показанная на рис. 4.6. В этом случае при правке меньше расходуется шлифовальный круг.

Если длина шлифуемой поверхности больше ширины шлифовального круга, то применяют шлифование с продольной подачей, схема которого показана на рис. 4.7. Для повышения производительности в таких случаях можно применять комбинированное шлифование, при котором основная часть припуска удаляется врезным шлифованием с последовательным смещением шлифовального круга вдоль оси заготовки, а малая часть припуска (за два-три прохода) — шлифованием с продольной подачей.

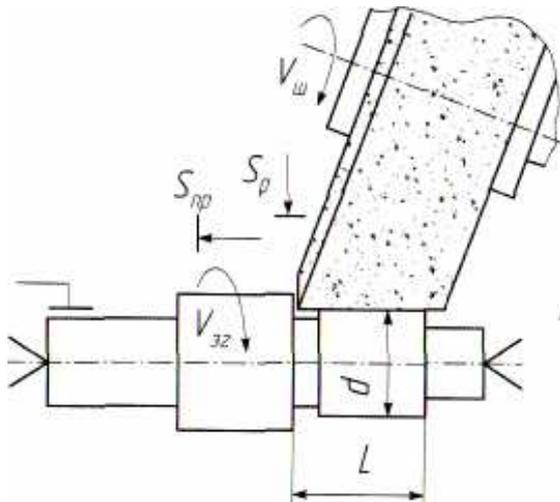


Рис. 4.6 – Схема круглого врезного шлифования с подшлифовкой торца коническим кругом

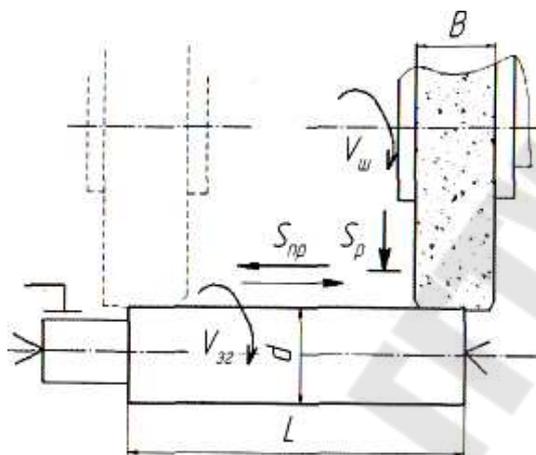


Рис. 4.7 – Схема круглого шлифования с продольной подачей

Фасонные поверхности вращения чаще всего шлифуются врезным шлифованием с помощью профилированного шлифовального круга, как это показано на рис. 4.8.

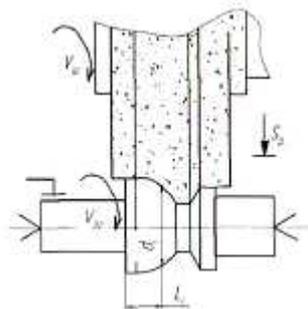


Рис. 4.8 – Схема круглого врезного шлифования фасонной поверхности

Способы шлифования наружных конических поверхностей показаны на рис. 4.9. Для шлифования длинных поверхностей с относительно небольшой конусностью на заданный угол поворачивается поворотная часть стола (рис. 4.9, а). Для шлифования коротких конусов поворачивается передняя бабка (рис. 4.9, б). Внешние конические поверхности могут шлифоваться путем поворота и продольной подачи шлифовальной бабки (рис. 4.9, в).

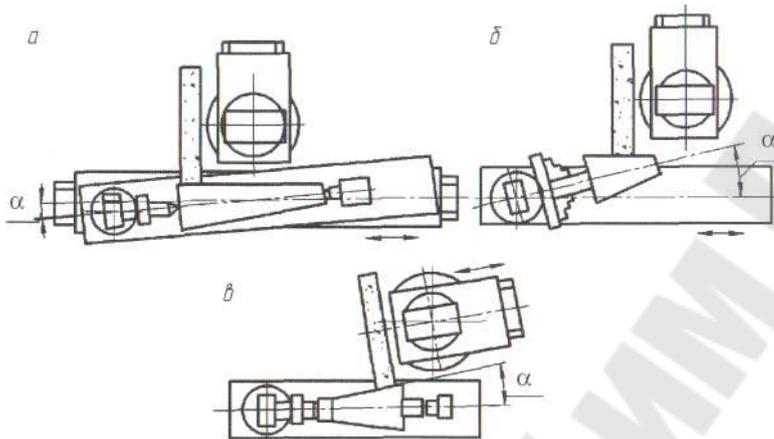


Рис. 4.9 – Способы шлифования наружных конических поверхностей: а – поворотом поворотной части стола; б – поворотом передней бабки; в – поворотом и продольной подачей шлифовальной бабки

Заготовки с точным отверстием и небольшой высоты шлифуют на длинных центровых оправках с небольшой конусностью (рис.4.10, а). Диаметр оправки с заходного конца на 0,01 мм меньше номинального диаметра отверстия шлифуемой заготовки, диаметр другого конца оправки превышает диаметр отверстия детали на 0,015 мм. Конусность оправки должна быть не больше 0,015 мм на 100 мм длины. Разжимные оправки (рис. 4.10, б) используют для шлифования заготовок с более широким допуском по внутреннему диаметру.

Шлифуемая заготовка 4 устанавливается на разжимной втулке 2, имеющей 3 – 6 осевых разрезав с каждого торца. При заворачивании гайки 3 внутренняя конусная поверхность втулки перемещается по наружному конусу оправки 1, вследствие чего происходит зажим обрабатываемой заготовки.

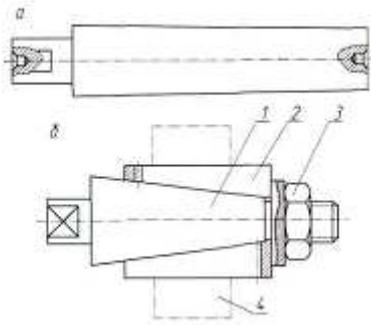


Рис. 4.10 – Оправки для установки заготовок типа «втулка»: а – длинные центровые с конусностью  $< 0,015$  мм на 100 мм длины; б – разжимные: 1 – наружный конус; 2 – разжимная втулка; 3 – гайка

На рис. 4.11 показана оправка для заготовок с посадочным (базовым) диаметром свыше 40 мм. Базирование (центрирование) и закрепление заготовки 9, упирающейся буртом в упорную втулку б, осуществляется за счет упругой деформации тонкостенной втулки 5. Толщина стенок этой втулки в ее рабочей части составляет 1,5...2,0 мм. Пространство между корпусом 3 и втулкой 5 заполняют гидропластом 12. Усилие зажима обеспечивается плунжером 7 и винтом 11, расположенными в цилиндре 8. В оправках этого типа имеется отверстие для выхода воздуха, которое перекрывается прокладкой 2 и винтом 1. В корпусе и шайбе 10 установлены втулки 4 с центровыми отверстиями для установки оправки в центрах станка.

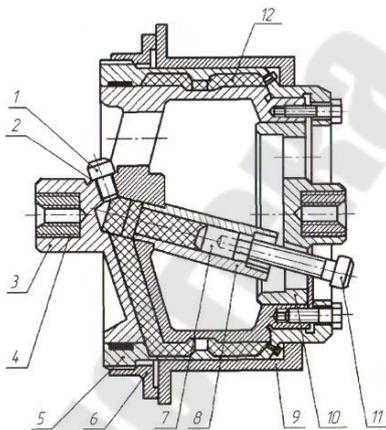


Рис. 4.11 – Оправка с гидропластовым зажимом для наружного шлифования: 1, 11 – винт; 2 – прокладка; 3 – корпус; 4 – 6 – втулки; 7 – плунжер; 8 – цилиндр; 9 – заготовка; 10 – шайба; 12 – гидропласт

На этом же принципе спроектированы оправки для заготовок с базовым диаметром менее 40 мм.

Длинные и тонкие заготовки под действием сил резания при шлифовании прогибаются. Чтобы устранить прогиб, применяют 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. 4.12 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 двухплечим рычагом. Башмаки изготавливают из дерева или цветного металла, чтобы не повредить шлифуемую поверхность.

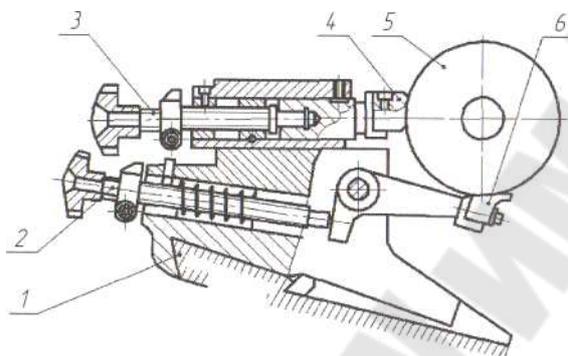


Рис. 4.12 – Люнет круглошлифовального станка: 1 – стол; 2,3 – винты; 4, 6 – башмаки; 5 – заготовка

### 4.3 Внутришлифовальные станки

Универсальный внутришлифовальный станок модели ЗК228В высокой точности предназначен для шлифования цилиндрических и конических, глухих и сквозных отверстий. Станок имеет торцешлифовальное приспособление, расположенное на бабке шлифуемой заготовки, которое дает возможность шлифовать с одной установки заготовки ее наружный торец, цилиндрическое или коническое отверстие. Станок применяют на машиностроительных заводах в мелкосерийном и серийном производстве, а также в инструментальных и ремонтных цехах заводов (рис. 4.13).

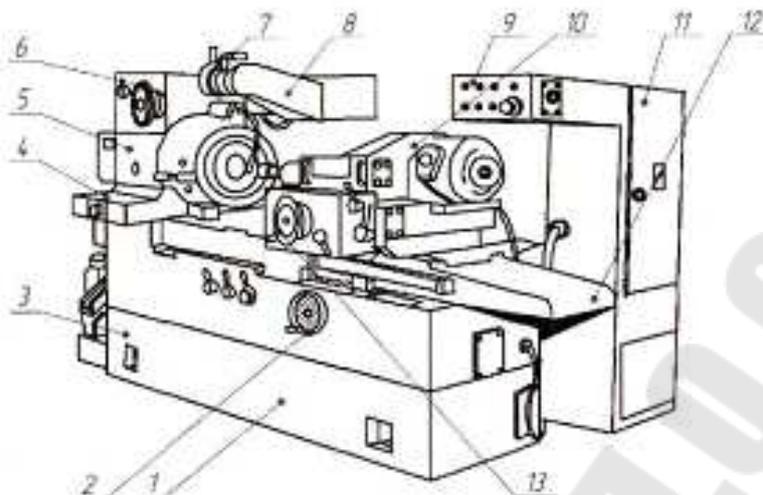


Рис. 4.13 – Универсальный внутришлифовальный станок модели 3К228В:  
 1 – станина; 2, 6, 7, 13 – маховички; 3 – бак для СОЖ; 4 – мост; 5 – бабка; 8 – торцешлифовальное приспособление; 9 – пульт управления; 10 – шлифовальная бабка; 11 – электрошкаф; 12 – стол

Краткая техническая характеристика станка модели 3К228В:

Диаметры шлифуемых отверстий, мм 50...200

Наибольшая длина шлифования (длина устанавливаемой заготовки) при наибольшем диаметре отверстия, мм ..... 200

Наибольший диаметр, мм:

устанавливаемой заготовки ..... 560

заготовки, устанавливаемой в кожухе 400

По направляющим качения станины 1 может возвратно-поступательно перемещаться стол 12, несущий шлифовальную бабку 10, с помощью гидравлического цилиндра, а также вручную от маховичка 2. По верхним направляющим качения стола 12 шлифовальную бабку 10 можно перемещать вручную от маховичка 13 или от специальных упоров, расположенных на столе станка. На верхней плоскости станины 1 установлен мост 4 с бабкой 5 шлифуемой заготовки. Салазки, несущие бабку шлифуемой заготовки по направляющим скольжения моста, можно перемещать вручную. На корпусе бабки шлифуемой заготовки установлено торцешлифовальное приспособление 8. Перемещение этого приспособления вручную осуществляют маховичком 6, а небольшую подачу его – маховичком 7. Слева от станка расположен бак 3 для СОЖ с электронасосом и магнитным сепаратором, сзади – насосная станция, электрошкаф 11 с электроаппаратурой и пультом управления 9.

Шлифование заготовок осуществляют с помощью следующих движений: вращения шлифовального круга и заготовки, поперечной подачи шлифовальной бабки, продольной подачи шлифовального круга. При работе с торцовым приспособлением необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга и заготовки и подача круга вдоль его оси. Схемы внутреннего шлифования цилиндрических отверстий показаны на рис. 4.14 – 4.17.

Привод шлифовального круга осуществляется от электродвигателя (мощность 5,5 кВт, частота вращения 2900 об/мин) через плоскоремennую передачу. Шлифовальная бабка снабжена четырьмя сменными шкивами, что обеспечивает следующие частоты вращения: 2900, 4500, 6000 и 9000 об/мин.

Привод шлифовального круга торцешлифовального приспособления осуществляется от электродвигателя (мощность 2,2 кВт, частота вращения 2860 об/мин). Частота вращения торцешлифовального шпинделя составляет 2680 или 4000 об/мин.

Шлифуемая заготовка вращается от бесступенчато регулируемого электродвигателя через клиноремennую передачу. Частоту ее вращения можно изменять в пределах от 100 до 600 об/мин.

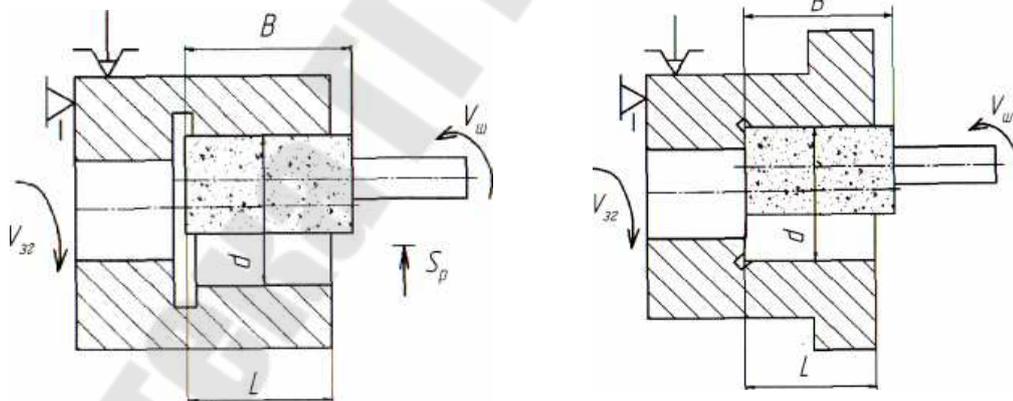


Рис.4.14 – Схема внутреннего врезного шлифования

Рис. 4.15 – Схема внутреннего врезного шлифования с подшлифовкой внутреннего торца

Ручную поперечную подачу шлифовальной бабки можно осуществлять в пределах от 0,002 до 0,012 мм за одно качание специальной рукоятки.

На универсальных внутришлифовальных станках основным приспособлением является стандартный самоцентрирующий трехкулачко-

вый патрон, устанавливаемый на переднем конце шпинделя бабки изделия через переходную планшайбу.

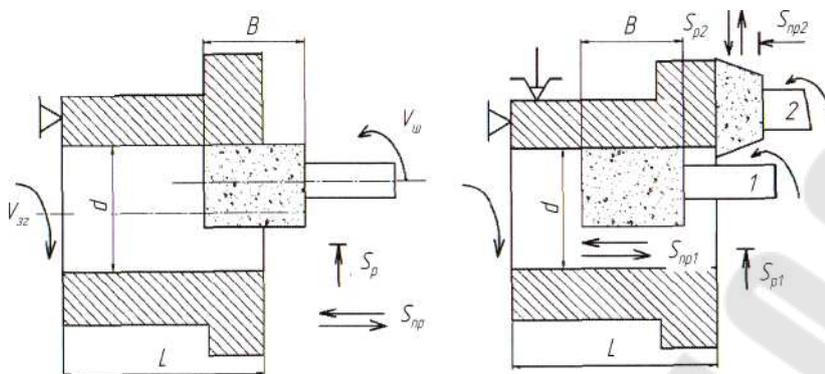


Рис. 4.16 – Схема внутреннего продольного шлифования  
Рис. 4.17 – Схема внутреннего продольного шлифования с подшлифовкой наружного торца

#### 4.4 Плоскошлифовальные станки

Плоское шлифование часто применяют вместо чистового строгания, чистового фрезерования и шабрения. Плоские поверхности можно шлифовать периферией и торцом круга (рис. 4.18). Разновидностью плоского шлифования является профильное шлифование, выполняемое на плоскошлифовальных станках (рис. 4.18, ж).

Плоскошлифовальные станки по принципу работы делят на станки для шлифования периферией и торцом круга; по форме стола и характеру его движения – на станки с возвратно-поступательным и вращательным движением стола; по степени универсальности – на универсальные, полуавтоматические и автоматические. Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом выпускают с горизонтальным и вертикальным шпинделем; неавтоматизированные и полуавтоматические станки – с приборами активного контроля.

В мелкосерийном и среднесерийном производстве наиболее часто используют плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. В массовом производстве наибольшее распространение получили станки с круглым столом, а также двусторонние торцешлифовальные станки с горизонтальным и вертикальным расположением шпинделей.

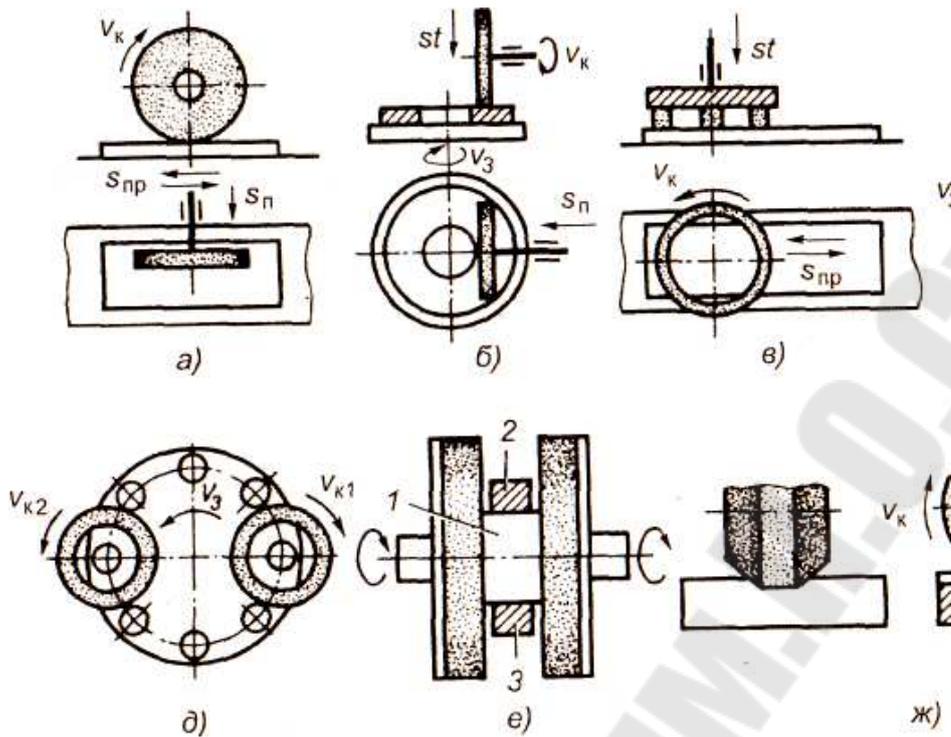


Рис. 4.18 – Схемы обработки поверхностей при плоском шлифовании периферией и торцом шлифовального круга: *а* – с прямоугольным столом; *б* – с круглым столом, торцом шлифовального круга; *в* – с прямоугольным столом; *д* – с двумя вертикальными шпинделями и круглым столом; *е* – с двумя горизонтально расположенными шпинделями при одновременной шлифовании двух торцов заготовки; 1 – заготовка; 2 – верхняя линейка; 3 – нижняя линейка

Плоскошлифовальный станок рис. 4.19 модели ЗЕ7ПВ-1 Оршанского станкостроительного завода. Он предназначен для шлифования заготовок, закрепленных на зеркале стола, магнитной и электромагнитной плитах или в других приспособления. Станок применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производстве. На рис. 4.19 представлен общий вид станка, расположение его основных составных частей и органов управления.

Станок состоит из станины 17 коробчатой формы, которая является основанием для установки основных узлов станка: колонны 2 со шлифовальной головкой 1, крестового стола 11 с суппортом, механизмов перемещений стола и шлифовальной бабки. Гидростанция 13, система подачи СОЖ в зону шлифования 23, электрошкаф 9 и пульт управления 12 расположены вне станины. Установка для смазки шлифовальной головки расположена за станком. На верхних пла-

тиках (выступающих площадках) станины установлена колонна и крепятся направляющие качения для суппорта стола. Одна направляющая плоская, она воспринимает вертикальные нагрузки, другая – П-образной формы, воспринимающая вертикальные и горизонтальные нагрузки. Сверху на станине закрепляются пластина для фиксации суппорта и линейка для отсчета поперечных перемещений. К передней стенке станины крепятся механизмы вертикальной и поперечной подачи, а ее внутренняя полость используется для разводки коммуникаций гидрооборудования и смазки.

Колонна 2 обеспечивает установку и вертикальное перемещение шпиндельной головки по двум направляющим качения, собранным с предварительным натягом. Для ограничения подъема шлифовальной головки и верхней части колонны установлен микропереключатель, который отключает электродвигатель ускоренного перемещения головки при ее предельном верхнем положении. На боковой стенке колонны 2 закреплена планка с Т-образным пазом, на которой установлен датчик контроля размера шлифуемой заготовки (рис. 4.20).

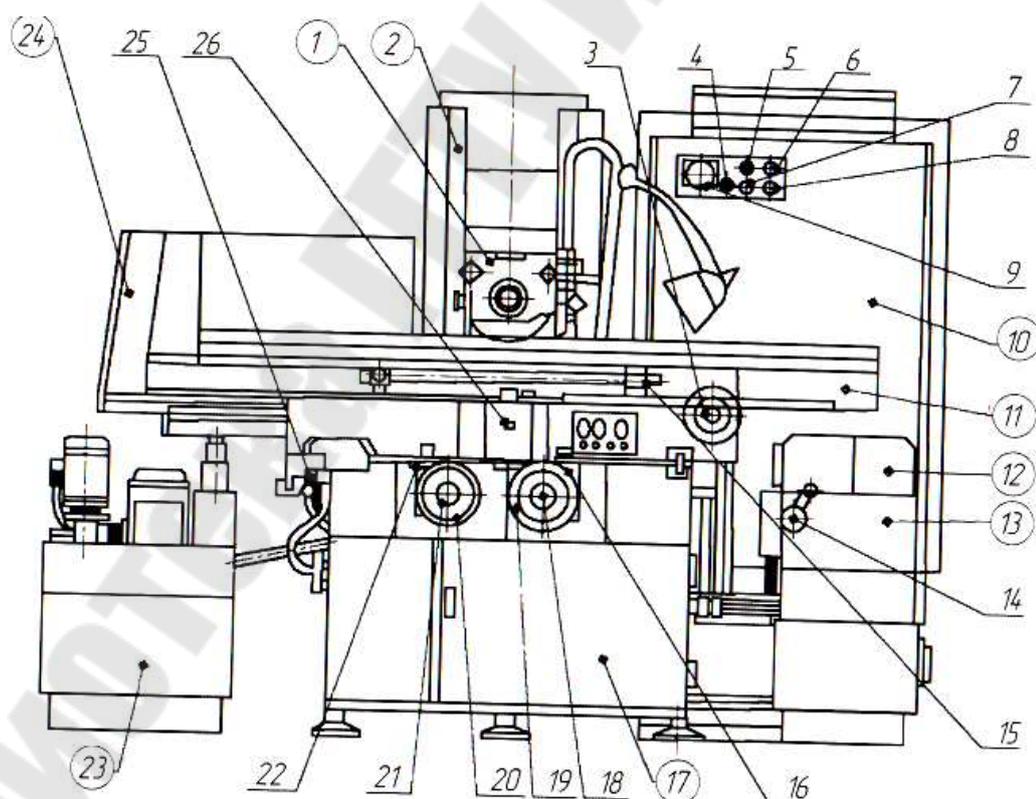


Рис. 4.19 – Расположение составных частей и органов управления станка модели ZE711B-1. Составные части станка (цифры обведены кружком): 1 – шлифовальная головка с кругом; 2 – колонна (стойка); 10 – электрошкаф; 11 – стол крестовый; 12 – пульт управления; 13 – гидростанция; 17 – станина;

23 – система охлаждения зоны шлифования; 24 – ограждение стола. Органы управления: 3 – рычаг продольного реверса; 4 – маховик ручного продольного перемещения стола; 5 – лампа «Нет смазки»; 6 – лампа «Черновая подача»; 7 – лампа «Чистовая подача»; 8 – лампа «Размер готовой детали»; 9 – амперметр контроля нагрузки шлифовального круга; 14 – рукоятка регулирования скорости перемещения стола; 15 – упоры регулирования длины продольного хода стола; 16 – рукоятка «Пуск – Стоп стола» регулирования скорости стола; 18 – рукоятка включения тонкой вертикальной подачи; 19 – кнопка «Вертикальная подача ручная – автоматическая»; 20 – маховики вертикальной подачи; 21 – маховик поперечной подачи; 22 – кнопка «Поперечная подача ручная – автоматическая»; 25 – рукоятка включения и маховик тонкой поперечной подачи; 26 – упоры регулирования и ограничения поперечного хода

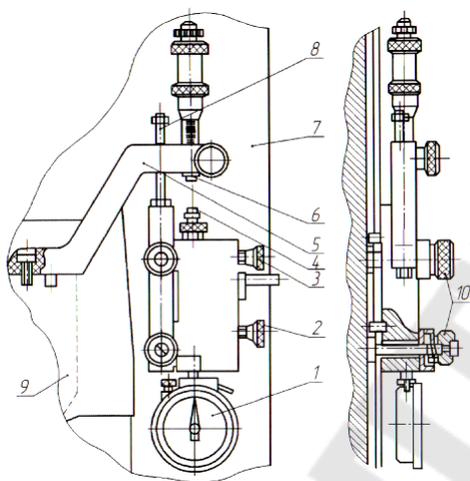


Рис. 4.20 Датчик контроля размера заготовки:

1 – индикатор; 2, 3 – барабаны установки припуска; 4 – упор датчика; 5 – кронштейн; 6 – микрометрический упор; 7 – колонна; 8 – болт; 9 – шлифовальная головка; 10 – гайки фиксации датчика

Датчик служит для управления автоматической вертикальной подачей. Он обеспечивает автоматическое переключение с черновых подач на чистовые, установку желаемого значения чистового припуска и отключение подачи при достижении заданного размера. Фиксация датчика по высоте производится гайками 10. На шлифовальной головке 9 установлен кронштейн 5 с микрометрическим упором 6, воздействующим на упор 4 датчика, связанный с контактами переключения команд. При шлифовании партии заготовок после каждой правки шлифовального круга для обеспечения заданного размера

микрометрический упор перемещают вверх на толщину слоя, снятого при правке. Барабан 3 служит для настройки чистового припуска.

При износе шлифовального круга на 25 мм по радиусу микрометрический упор 6 возвращается в исходное нижнее положение, а электроконтактный датчик перемещается вниз по пазу. Для предотвращения поломки датчика при перемещении шлифовальной головки из нижнего положения в верхнее он перемещается вместе с головкой посредством болта 8. Шпиндель шлифовального круга приводится во вращение от электродвигателя мощностью 4 кВт через поликлиновую ременную передачу. На станке модели 3E711B-1 шпиндель смонтирован на подшипниках качения.

Шлифовальный круг устанавливают между двумя фланцами и закрепляют винтами. Балансировку круга производят балансировочными грузиками, имеющимися в пазу переднего фланца.

Стол станка модели 3E711B-1 имеет рабочую поверхность с Т-образными пазами для установки заготовки или приспособления. Продольное и поперечное перемещения стола относительно шлифовального круга осуществляют по направляющим крестового суппорта: верхним продольным (одна V-образная, другая плоская) и нижним плоским поперечным направляющим. Верхние и нижние направляющие станка модели 3E711B-1 имеют ролики. Между верхними направляющими устанавливается гидроцилиндр продольного перемещения стола. К нижней поверхности суппорта крепится гайка поперечной подачи, а на передней стенке – кран продольного реверса. На передней стороне стола установлены кулачки и упоры продольного реверсирования. Механизм поперечной подачи обеспечивает ручное перемещение крестового суппорта со столом, автоматическую непрерывную подачу с бесступенчатым регулированием скорости, дискретную ступенчатую подачу на каждый ход стола и комбинированную подачу (т. е. непрерывную и ступенчатую на реверсе стола), а также правку и ускоренные наладочные перемещения.

Все автоматические перемещения производятся от одного электродвигателя с регулируемой частотой вращения. Команда на электродвигатель подается от бесконтактного путевого переключателя при продольном реверсе стола. Скорость подач регулируется ступенчато от пульта управления. Движение от электродвигателя через муфту и зубчатые колеса передается ходовому винту. Грубая ручная подача осуществляется вращением маховика. Для изменения на-

правления поперечного перемещения крестового суппорта со столом имеется механизм поперечного реверса, а для фиксации суппорта – специальная планка, прижимающая его к станине станка.

Продольное ручное перемещение стола осуществляют с помощью двухступенчатого редуктора, реечного зацепления и маховика. Автоматическое возвратно-поступательное перемещение стола производится гидроцилиндром.

Механизм вертикальной подачи шлифовальной головки обеспечивает автоматическую ступенчатую подачу во время реверса стола или суппорта и ручное перемещение.

#### **4.4.1 Приспособления для плоскошлифовальных станков**

К приспособлениям для плоскошлифовальных станков для базирования и закрепления заготовок на его столе относятся делительные устройства для поворота заготовки в нужное положение при шлифовании нескольких поверхностей, устройства для балансировки и правки шлифовального круга, контрольно-измерительные устройства, необходимые для выполнения шлифовальных операций.

Приспособления должны обеспечивать быстрое и качественное выполнение всех рабочих приемов шлифовальной операции. В зависимости от типа производства применяют универсальные (при единичном и мелкосерийном производстве) или специальные (при серийном и массовом производствах) приспособления. Основным требованием к универсальным приспособлениям является возможность быстрой переналадки станка на шлифование различных заготовок, а специальные приспособления должны обеспечивать минимальные затраты времени на установку заготовки, ее измерение, балансировку и правку круга.

Установку заготовки можно производить непосредственно на столе станка с помощью прижимных планок, однако такой метод требует больших затрат времени. Из универсальных приспособлений чаще всего применяют электромагнитные (магнитные) плиты и тиски.

Закрепление заготовок на электромагнитной плите основано на следующем принципе. Подковообразный железный сердечник намагничивают, пропуская через его обмотку постоянный ток. Такой сердечник способен притягивать к себе стальные и чугунные заготовки и обеспечивать их закрепление магнитными силами. Электромагнитная

плита представляет собой группу подковообразных сердечников, полюса которых выведены на ее верхнюю рабочую плоскость и изолированы друг от друга немагнитными сплавами (цинком, баббитом и др.), благодаря чему магнитные силы не рассеиваются в плите, а направляются непосредственно на заготовку. Электромагнитная плита может закреплять заготовки из магнитных металлов при условии достаточно большой площади контакта. Различные конструкции и размеры электромагнитных плит обеспечивают закрепление разных заготовок.

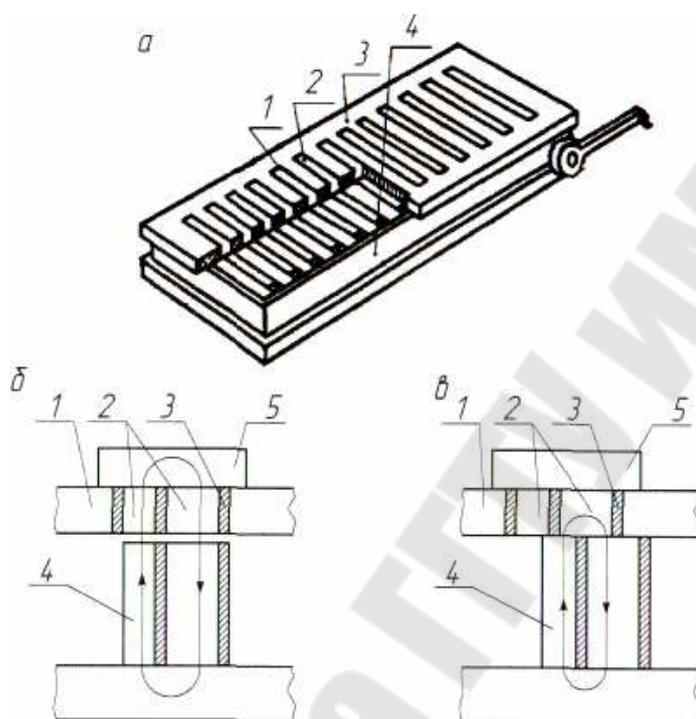


Рис. 4.21 – Магнитная плита:

*а* – общий вид; *б* – положение магнитов и действие магнитного потока при закреплении заготовки; *в* – положение магнитов и действие магнитного потока при установке и снятии заготовки; 1, 2 – железные пластины; 3 – немагнитные прослойки между пластинами; 4 – магниты; 5 – заготовка

Кроме электромагнитных плит, на плоскошлифовальных станках применяют магнитные плиты (рис. 4.21), состоящие из набора постоянных магнитов и не требующие применения специальных генераторов и выпрямителей. Однако сила притяжения магнитными плитами слабее по сравнению с электромагнитными. В качестве вспомогательных элементов при установке заготовок на электромагнитных плитах используют различные угольники, призмы, планки и синусные линейки. Рабочие плоскости (зеркало) электромагнитных и магнит-

ных плит следует периодически перешлифовывать на самом станке во включенном состоянии.

Лекальные тиски (рис. 4.22) отличаются от обычных машинных тисков точностью изготовления и возможностью их установки на боковые поверхности. Неподвижная губка тисков составляет единое целое с основанием 1. В основании имеются пазы для перемещения подвижной губки 2 винтом 3. Основание имеет резьбовые отверстия для крепления тисков к другим приспособлениям. Все плоскости тисков обработаны под углом  $90^\circ$  и могут быть использованы в качестве установочных элементов.

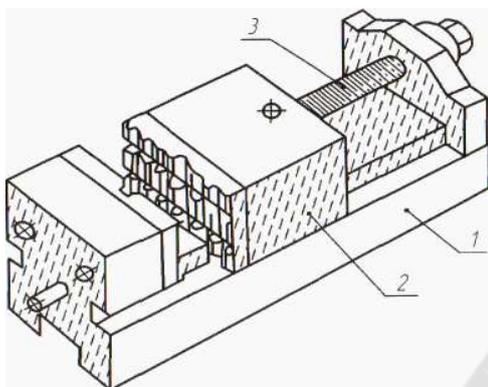


Рис. 4.22 – Лекальные тиски: 1 – основание; 2 – подвижная губка; 3 – винт

Для установки заготовок в центрах при шлифовании на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем применяют универсальные приспособления, показанные на рис. 4.23. Приспособление состоит из массивной плиты 4, на которой установлены две стойки 2 и 5 со срезанными центрами 1. Стойки закрепляют в заданном положении на плите эксцентриковыми зажимами с помощью рукояток 3.

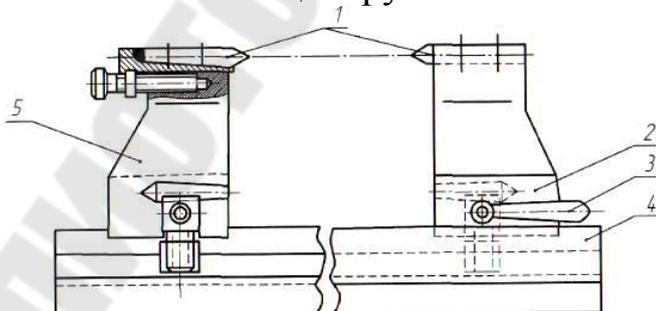


Рис. 4.23 – Приспособление для шлифования в центрах: 1 – центры; 2, 5 – стойки; 3 – рукоятки; 4 – плита

Для установки заготовок на столе станка с наклоном шлифую-

мой поверхности под разными углами широко применяют синусные приспособления в сочетании с угольниками, центровыми приспособлениями и другими устройствами.

### 5.Бесцентровое круглое наружное шлифование

При бесцентровом шлифовании формообразование изделия происходит при контакте заготовки с ведущим и шлифовальным кругами и опорным ножом 3 (рис. 4.24). Во время обработки заготовка 4, имеющая исходную погрешность, постепенно приобретает форму, приближающуюся к форме цилиндра. Этот эффект усиливается при применении специального ножа, при более высоком расположении заготовки над линией центров шлифовального и ведущего кругов, а также при увеличении частоты вращения обрабатываемого изделия.

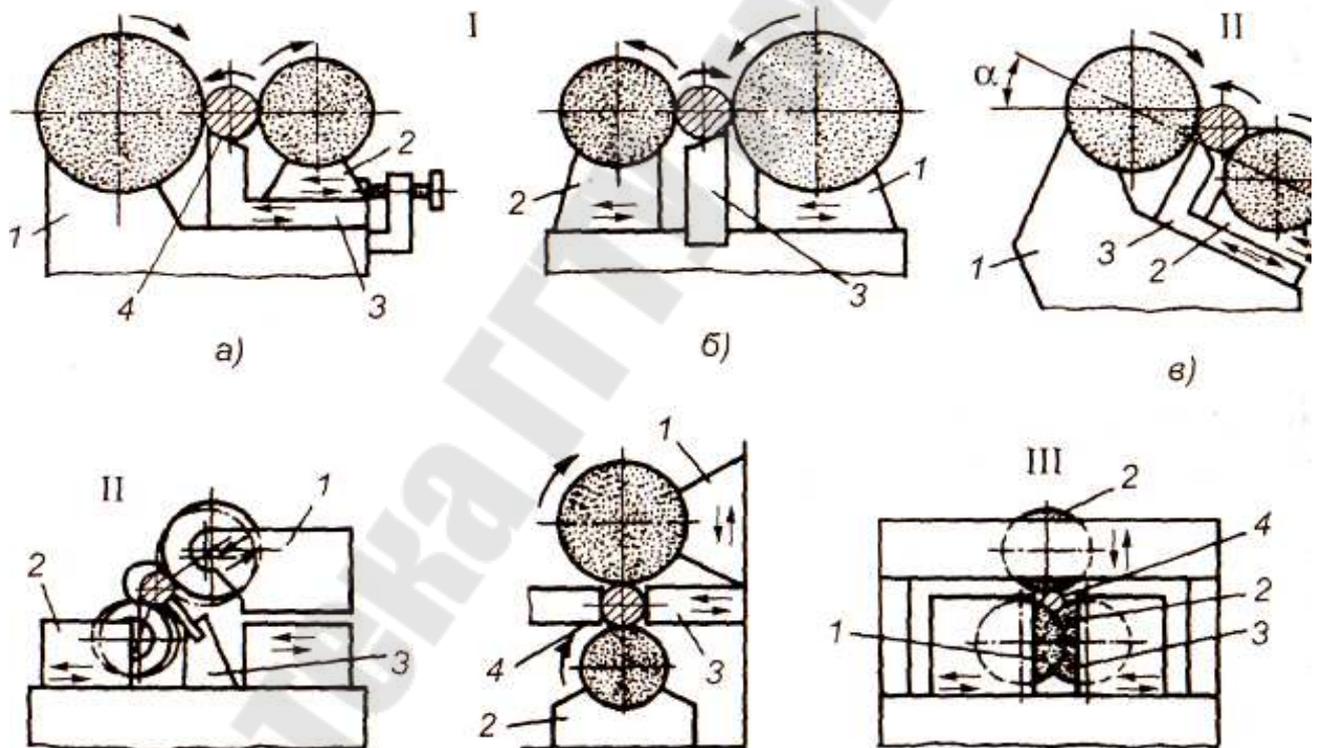


Рис. 4.24 – Принципиальные схемы работы бесцентровых круглошлифовальных станков: I – с горизонтальной линией центров; а – с неподвижной шлифовальной бабкой; б – с подвижными бабками; II – с наклонной линией центров; в – с неподвижной шлифовальной бабкой; г, д, е – с подвижными бабками и неподвижным суппортом; III – с двумя ведущими кругами; 1 – бабка шлифовального круга; 2 – бабка ведущего круга; 3 – опорный нож; 4 – заготовка

## 4.6 Порядок выполнения лабораторной работы.

### Часть 1

1. Изучить теорию к лабораторной работе.
2. Получить задание у преподавателя (чертеж детали с указанием типа производства). Изучить требования чертежа.
3. Написать маршрутный технологический процесс обработки детали. Начертить операционный эскиз для шлифовальной данной операции.
4. Начертить наладку станка на выполнение данной операции (показать рабочую зону станка, инструмент, деталь и приспособление), с указанием основных движений.
5. Используя литературу 1 и 2 выбрать станок, инструмент и приспособление для выполнения шлифовальной операции (указать модель, размеры рабочей зоны и мощность станка, номер, ГОСТ, материал инструмента, вид приспособления).
6. Произвести наладку шлифовального станка на обработку поверхности заданной детали, настроить на рассчитанные режимы резания. Произвести контроль шероховатости обработанной поверхности.
7. Составить отчет и сделать вывод о проделанной работе.

## 4.7 Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Начертить все схемы обработки поверхностей, которые можно выполнить на шлифовальных станках указанием основных движений.
3. Начертить схему наладки шлифовального станка, выбранного в соответствии с техпроцессом, обозначить основные узлы и движения узлов станка. Обозначить на схеме инструмент и приспособление.
4. Начертить операционный эскиз детали (эскиз детали с выделенной обрабатываемой поверхностью, указанием глубины резания, основных движений, базирования и т.д.).
5. Привести расчеты режимов резания.
6. Сделать выводы о проделанной работе.

## 6. Вопросы и задания для самоконтроля

7. Назовите основные движения совершаемые узлами шлифовальных станков.
8. Перечислите известные вам виды шлифования?
9. Для чего применяют плоское шлифование?
4. Перечислите основные компоненты круглошлифовального станка.
5. Изобразите схему круглого наружного врезного шлифования.
6. Изобразите схему круглого врезного шлифования с подшлифовкой торца.
7. Изобразите схему круглого врезного шлифования фасонной поверхности.
8. Изобразите схему круглого шлифования с продольной подачей.
9. Как шлифуются конические поверхности на круглошлифовальном станке?
10. Как на круглошлифовальном станке установить заготовку небольшой высоты с точным отверстием?
11. Перечислите основные компоненты внутришлифовального станка.
12. Изобразите схему внутреннего врезного шлифования.
13. Изобразите схему внутреннего врезного шлифования с подшлифовкой внутреннего торца.
14. Изобразите схему внутреннего продольного шлифования.
15. Изобразите схему внутреннего продольного шлифования с подшлифовкой наружного торца.
16. Какие основные приспособления, применяемые на универсальных внутришлифовальных станках, вы знаете?
17. Перечислите основные компоненты плоскошлифовального станка.
18. Изобразите схему плоского шлифования, укажите основные движения.
19. Изобразите схему плоского фасонного шлифования.
20. Какие приспособления используются для установки заготовок на плоскошлифовальных станках?
21. Изобразите схему бесцентрового наружного шлифования детали с указанием основных движений.
22. Как базируется заготовка при бесцентровом шлифовании?

## 5. Лабораторная работа №5

### Технологические возможности зубообрабатывающих станков. Методы обработки зубчатых поверхностей

**Цель работы:** изучить общий вид зубодолбежного и зубофрезерного станков, получить представление о методе обработки зубчатых поверхностей на этих станках, ознакомиться с технологическими возможностями станков пятой группы, получить навыки по выбору оборудования и технологической оснастки для обработки заданной детали.

#### 5.1 Методы нарезания зубчатых колес

К основным методам нарезания зубчатых колес, а также их отделки, относятся методы **копирования и обката**. По методу копирования осуществляется обработка зубчатого колеса фасонным режущим инструментом, имеющим профиль впадины зуба.

Цилиндрические прямозубые и косозубые колеса нарезаются дисковой или пальцевой модульной фрезой на зубофрезерных или фрезерных станках, контурной резцовой головкой на зубодолбежных станках, а также шлифуют профильным кругом на зубошлифовальных станках. Особенность обработки по этому методу является необходимость иметь отдельный инструмент для каждого зубчатого колеса даже одного модуля, но с различным числом зубьев. На практике одним фасонным инструментом нарезают зубчатые колеса одного модуля в определенном диапазоне чисел зубьев в соответствии с допускаемой погрешностью профиля зуба.

Конические зубчатые колеса нарезают по методу копирования дисковыми модульными фрезами, фасонными зубострогальными резцами и круговыми протяжками.

Основные схемы обработки зубьев по методу копирования представлены на рис. 5.1

Заготовку устанавливают на оправке делительного устройства или приспособления фрезерного станка. Для нарезания зубьев на заготовке колеса необходимы три движения:

- 1) главное движение – вращение фрезы;
- 2) движение подачи – относительное перемещение инструмента вдоль образующей зуба;
- 3) движение деления – периодический поворот заготовки на

один зуб после обработки очередной впадины.

В условиях крупносерийного и массового производства метод копирования применяют для предварительной обработки зубьев.

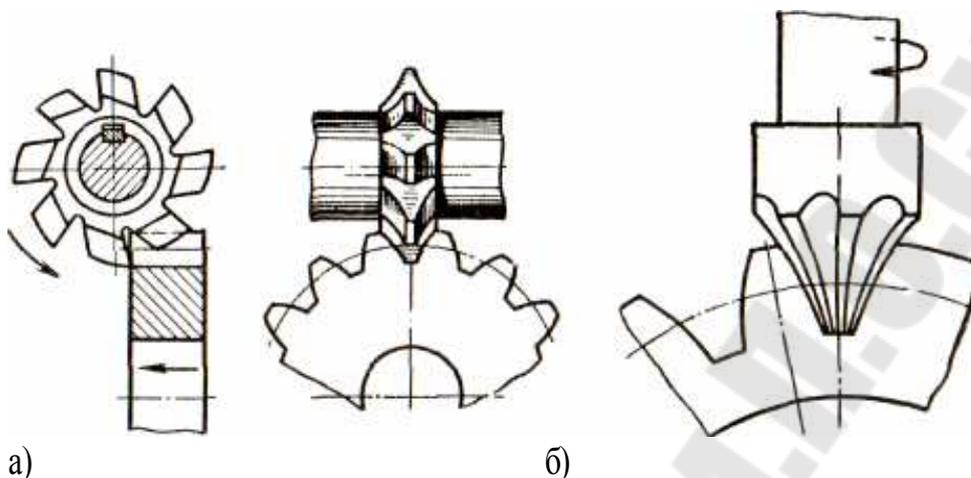


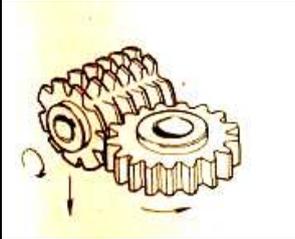
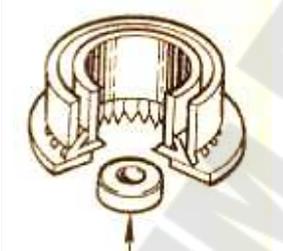
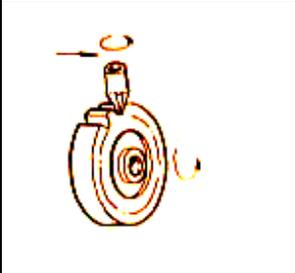
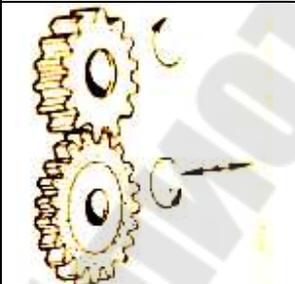
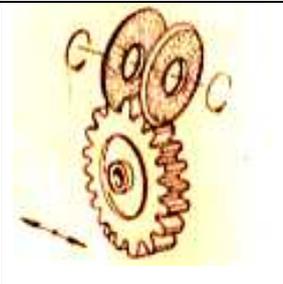
Рис. 5.1 – Схема обработки зубьев по методу копирования:  
а – модульной фрезой; б – пальцевой фрезой

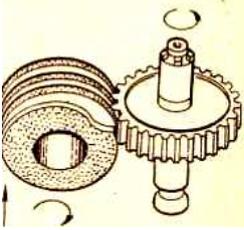
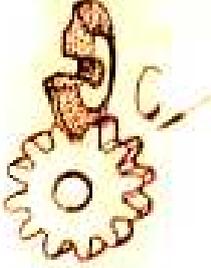
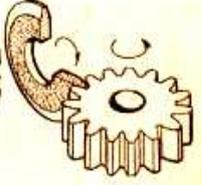
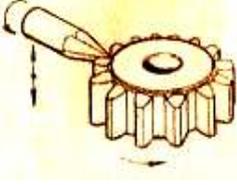
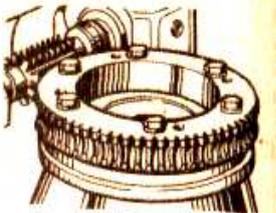
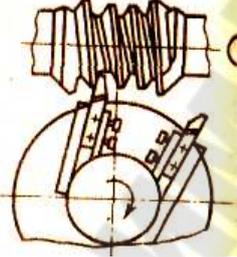
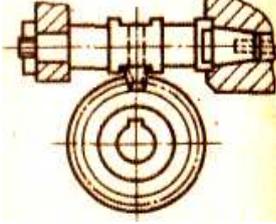
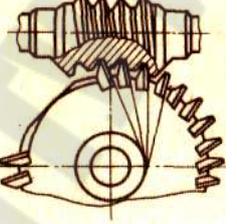
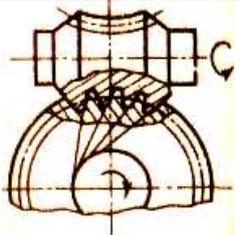
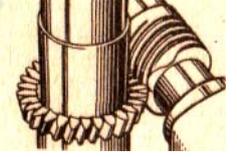
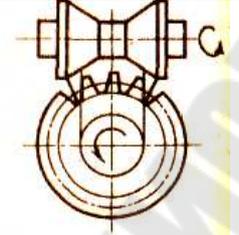
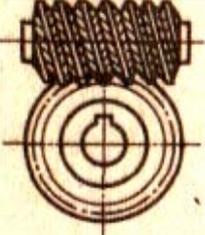
Нарезание зубчатых колес методом обката заключается в том, что в при обработке воспроизводится зацепление воображаемой зубчатой рейки с нарезаемым колесом или зацепление пары зубчатых колес. В первом случае рейка, а во втором одно из зубчатых колес является режущим инструментом. Метод обката отличается высокой производительностью и точностью. Одной из важных особенностей и преимуществ этого метода является то, что одним и тем же инструментом возможно производить обработку зубчатых колес одна и того же модуля, но с различным числом зубьев.

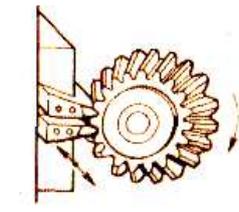
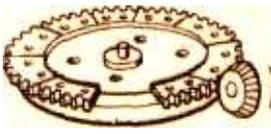
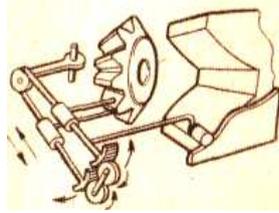
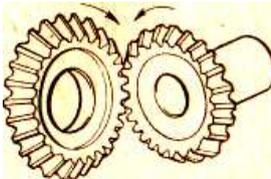
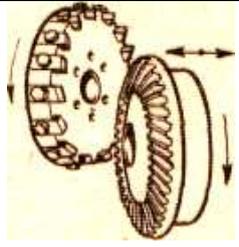
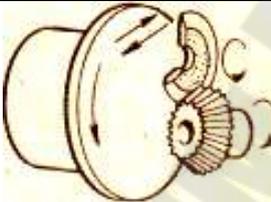
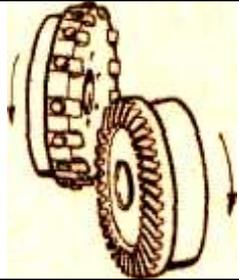
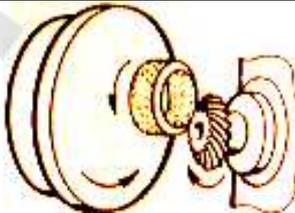
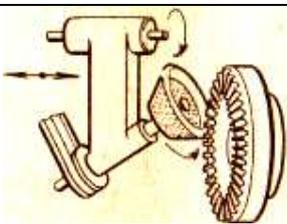
Ниже приведены наиболее распространенные схемы обработки цилиндрических, червячных и конических колес.

Таблица 5.1

## Способы обработки зубчатых колес

Способы обработки цилиндрических зубчатых колес			
	Нарезание зубьев червячной фрезой на зубофрезерном станке		Нарезание зубьев цилиндрическими долбьяками на зубодолбежном станке
	Нарезание зубьев дисковой модульной фрезой на зубофрезерном станке		Нарезание зубьев многорезцовой головкой на зубодолбежном станке
	Нарезание зубьев пальцевой модульной фрезой на зубофрезерном станке		
<i>Зубоотделка</i>			
	Шевингование зубьев цилиндрических колес на зубошевинговальном станке		Шлифование зубьев плоским кругом на зубошлифовальном станке
	Хонингование зубьев цилиндрических колес на зубохонинговальном станке		Шлифование зубьев двумя тарельчатыми кругами на зубошлифовальном станке

	Шлифование зубьев червячным кругом на зубошлифовальном станке		Шлифование зубьев профильным кругом на зубошлифовальном станке
	Шлифование зубьев коническим кругом на зубошлифовальном станке		Закругление торцов зубьев пальцевой фрезой на зубозакругляющем станке
	Нарезание зубьев червячного колеса цилиндрической червячной фрезой		Нарезание витков глобоидного червяка вращающимися резцами
	Нарезание зубьев червячного колеса резцом-летучкой		Нарезание витков глобоидного червяка многолезцовой головкой
	Нарезание зубьев глобоидного червячного колеса глобоидной фрезой		Нарезание витков червяка обкаточным колесом (долбяком)
	Нарезание зубьев глобоидного червячного колеса вращающимися резцами		<b>Отделка зубьев</b> Шевингование зубьев червячного колеса фрезой – шевером
Способы обработки конических зубчатых колес			

	Строгание зубьев двумя резцами на зубострогальном станке		Круговое протягивание зубьев дисковой протяжкой на зубофрезерном станке
	Строгание зубьев по копии резцами на зубострогальном станке		<b>Зубоотделка</b> Притирка зубьев на зубопритирочном станке
	Фрезерование зубьев торцовой резцовой головкой на зуборезном станке по методу обката		Шлифование зубьев одним конусным кругом на зубошлифовальном станке
	Круговое протягивание зубьев торцовой резцовой головкой на зуборезном станке		Шлифование зубьев двумя дисковыми кругами с конусной поверхностью
	Фрезерование зубьев конической червячной фрезой на зуборезном станке		Шлифование зубьев чашечно-цилиндрическим кругом
	Фрезерование зубьев дисковой модульной фрезой на зубофрезерном станке		Шлифование зубьев чашечно-коническим кругом

## 5.2 Общие сведения о станках

Зубообрабатывающие станки по принятой классификации составляют пятую группу, номера их моделей начинаются с цифры 5. Следующая цифра определяет тип станка. В группе девять типов станков:

- 1 зубодолбежные для цилиндрических колес;
- 2 зуборезные для конических колес;
- 3 зуборезные для цилиндрических колес и шлицевых валов;
- 4 зубофрезерные для червячных колес;
- 5 станки для обработки торцов зубьев;
- 6 резьбофрезерные;
- 7 зубоотделочные;
- 8 зубо- и резьбошлифовальные,
- 9 разные зубо- и резьбообрабатывающие станки.

### 5.2.1 Зубофрезерные станки работающие по методу копирования

Обработка зубьев по методу обката значительно облегчается, если на заготовке предварительно профрезеровать впадины. В этом случае повышается точность зубчатого зацепления и производительность станка. Предварительно впадины обрабатывают чаще всего дисковыми фрезами.

Зубофрезерные станки для указанных целей выпускают двух исполнений: для предварительной обработки зубьев цилиндрических и конических прямозубых колес. Кинематика и конструкция их одинаковы, разница лишь в том, что станки для обработки конических колес имеют более сложный узел приспособления для установки заготовок.

На рис. 5.2, а (в правом верхнем углу) показан принцип фрезерования зубьев конических колес. На оправке фрезерной бабки устанавливают фрезу 2, а заготовку 3 закрепляют на шпинделе поворотного приспособления 4. Сообщая инструменту вертикальную подачу, фрезеруют впадину колеса. По окончании обработки каждой впадины шпиндель совершает делительное движение. Угол установки шпинделя  $\alpha$ .

При этом условии дно впадины совпадает с направлением вертикальной подачи фрезы.

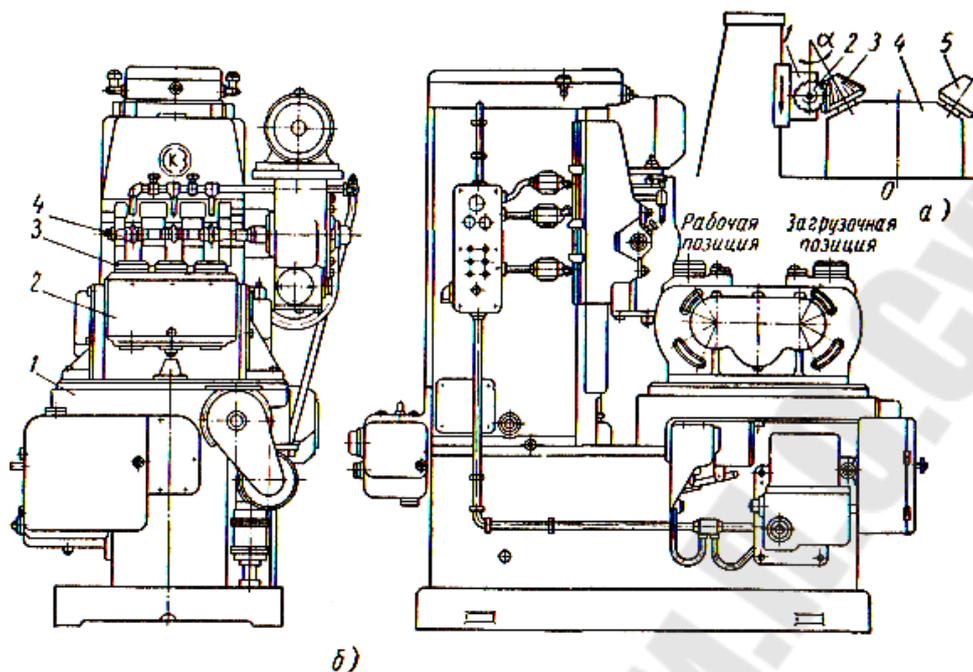


Рис. 5.2 – Зубофрезерный полуавтомат для предварительной обработки заготовок прямозубых цилиндрических и конических колес

Поворотное приспособление – двухпозиционное. Во время обработки колеса 3 устанавливают очередную заготовку 5. Поворотом стола на  $180^\circ$  последнюю подводят к фрезе. При фрезеровании цилиндрических зубчатых колес оси шпинделей приспособления 4 параллельны вертикальному направляющему бабки 1.

Зубофрезерный станок мод. ЕЗ-40 (рис. 5.2) работает по непрерывному циклу с автоматическим единичным делением нарезаемой конической шестерни с прямыми зубьями. В зависимости от характера обработки детали станок может быть выполнен с одним из трех циклов работы: 1) с вертикальной подачей фрезы; 2) с маятниковой; 3) с радиальной.

При изменении цикла работы в станке меняются только гидравлическая система и электрооборудование.

Рассмотрим конструкцию станка, обеспечивающую первый цикл.

На двухпозиционном поворотном столе 1 (рис. 5.2, б) находится приспособление 2, имеющее три шпинделя в каждой позиции. На оправках 3 шпинделей закрепляют заготовки. Оси шпинделей установлены под углом таким образом, чтобы дно фрезеруемой впадины было вертикально. На горизонтальном шпинделе 4 фрезерной бабки закрепляют дисковые модульные фрезы. Заготовки устанавливают в загрузочной позиции. По-

сле нажатия пусковой кнопки стол поворачивается на  $180^\circ$  и включает подачу сначала быстрого, а затем медленного вертикального перемещения фрезерной бабки.

После окончания фрезерования первой впадины бабка переключается на обратный ускоренный ход. Как только фрезы выйдут из прорезанных впадин, происходит процесс деления, при котором шпиндели заготовок поворачиваются на один зуб нарезаемого колеса с последующим включением подачи для фрезерования очередных впадин.

Наличие двухпозиционного стола и многоместного приспособления в сочетании с полуавтоматическим циклом обеспечивает высокую производительность станка.

### 5.2.2. Зубофрезерные станки, работающие по методу обката

Станки данной группы предназначены для обработки зубьев, цилиндрических и червячных колес. В качестве режущего инструмента применяют червячные фрезы, имеющие обычно форму архимедовых червяков.

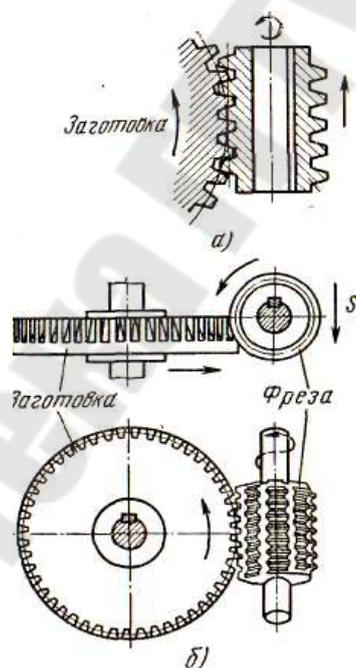


Рис. 5.3 – Схема нарезания зубьев червячной фрезой

Фрезерование зубьев на зубофрезерных станках, работающих по методу обката, основано на воспроизводстве движений червячной передачи, у которой червяк в виде фрезы является режущим инструментом, а колесо – заготовкой (рис. 5.3). Фрезе и заготовке сообща-

ют вращение, которое они имели бы, если бы червячная фреза и нарезаемое колесо находились в действительном и правильном зацеплении. Это движение характеризуется тем, что при одном обороте червячной фрезы (червяка) заготовка поворачивается на  $k/z$  оборота, где  $z$  – число зубьев зубчатого колеса,  $k$  – число заходов червячной фрезы. В своем относительном движении режущие кромки фрезы обкатывают профиль зуба, одновременно вырезая впадины между зубьями.

Для получения профиля по всей длине зуба червячной фрезе сообщают подачу вдоль оси заготовки (рис. 5.3 б). Таким образом, в отличие от метода копирования при обкатке делительное движение, как и весь процесс нарезания зубьев, происходит непрерывно и продолжается только в течение времени, которое необходимо для перемещения фрезы по длине зуба нарезаемого колеса. Метод обката по сравнению с методом копирования обеспечивает большую точность, а непрерывность процесса фрезерования – высокую производительность. Придавая червячной фрезе соответствующий профиль, можно обрабатывать зубья звездочек цепных передач, храповых колес, шлицевые валы и другие подобные им детали. Для этого зубофрезерные станки должны обеспечить следующие движения:

- а) главное – вращение червячной фрезы;
- б) согласованное с ним вращение нарезаемой заготовки;
- в) движение подачи инструмента.

Зубофрезерные станки, работающие по методу обката, различные по своей конструкции и размерам, имеют единую принципиальную кинематическую структуру.

На рис. 5.4 представлен общий вид зубофрезерного станка.

На направляющих стойки 1 станины смонтирован фрезерный суппорт 2, несущий шпиндель червячной фрезы. На горизонтальных направляющих станины расположены салазки со столом 3. Оправка 4 служит для установки и закрепления заготовок.

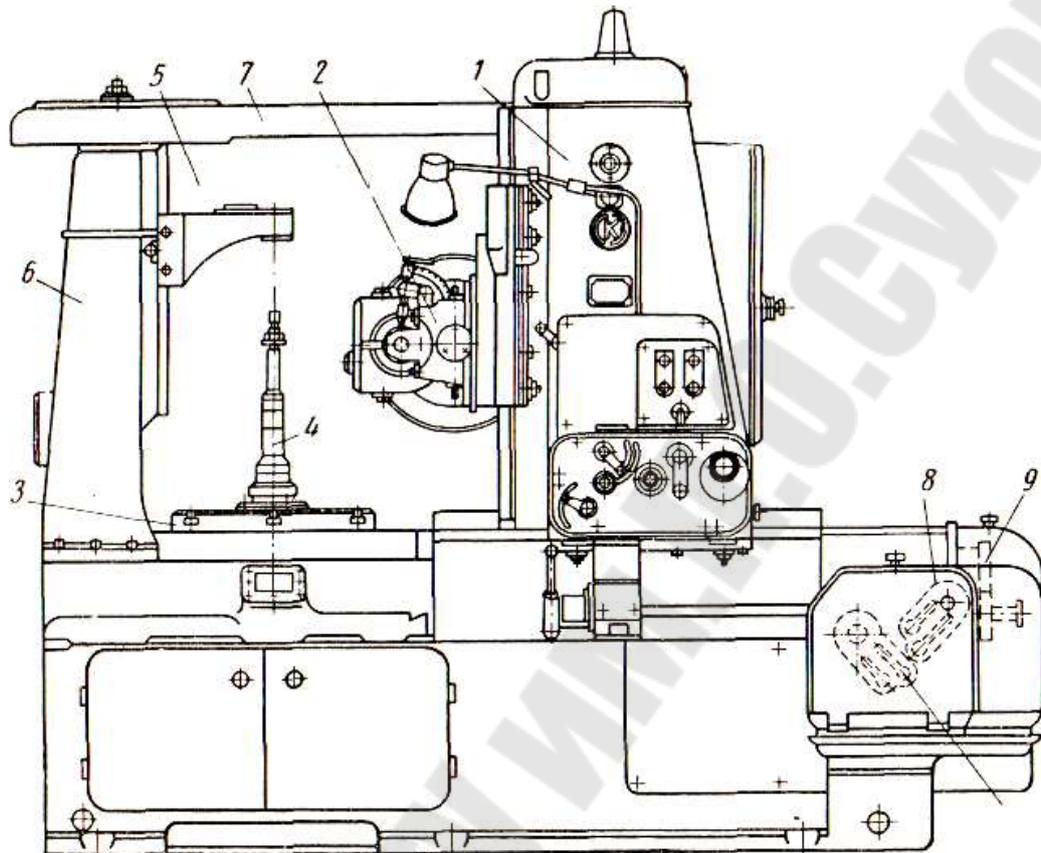


Рис. 5.4 – Зубофрезерный станок

Верхний конец ее при необходимости вводится в люнет 5. Стойка 6, на которой крепится люнет с помощью верхней балки 7, связана со стойкой 1, образуя вместе со станиной жесткую систему. Справа станины размещены основные механизмы привода и гитары настройки подачи 8, деления 9, дифференциала 10.

Кинематическая схема станка мод. 5Е32 (рис. 5.5) состоит из следующих цепей: а) главного движения; б) делительной; в) вертикальной подачи фрезерного суппорта; г) горизонтальной подачи стола; д) дифференциальной.

Вращение шпинделя *IX* червячной фрезы – главное движение осуществляется от электродвигателя 58, через ременную передачу со шкивами 56 – 57, зубчатые колеса 1 – 2, 18 – 19, сменные колеса *A – B* гитары скоростей, конические передачи 20 – 21, 22 – 23, 24 – 40 и цилиндрическую пару косозубых колеса 41– 42. Ось шпинделя расположена горизонтально и может поворачиваться, наклоняясь к горизонтальной плоскости под углом, равным углу подъема винтовой линии витков червячной фрезы (на схеме она показана в плоско-

сти чертежа). Коническое зубчатое колесо 22 скользит по шлицам вала VI, чем обеспечивает передачу вращения шпинделю при вертикальном перемещении суппорта.

При нарезании прямозубых колес стол получает вращение от электродвигателя 58 по цепи передач 56 – 57, 1 – 2, 18 – 19, A – B, 3 – 4 и сообщает вращение коническому дифференциалу, состоящему из колес 5, 6 и 7. Водило дифференциала свободно насажено на вал X, но при помощи кулачковой муфты  $M_2$ , сидящей на этом вале на скользящей шпонке, может образовать с ним единую жесткую систему. В этом случае передаточное отношение дифференциала  $i_{1-X} = 1$ . Вращение вала X через зубчатые колеса  $e - f$  и сменные колеса  $a - b$ ,  $c - d$  гитары деления передается валу XII, откуда через червячную пару 43 – 44 вращение сообщается столу 61. При включенном дифференциале муфта  $M_2$  выводится из зацепления.

При включении муфты  $M_2$  вправо водило освобождается, и поэтому вал X получает вращение через дифференциал от звена I к звену X с передаточным отношением  $i_{1-X} = 1$ . При таком положении муфты  $M_2$  движение столу 61 передается по двум параллельным цепям. Цепь основного вращения состоит из вала I, дифференциала, вала X, передач  $e - f$ ,  $a - b$ ,  $c - d$  и 43 – 44. Вторая цепь, сообщающая столу дополнительное вращение, начинается с вала XII и включает в себя передачи 10 – 11, сменные колеса  $a_1 - b_1$ ,  $c_1 - d_1$  гитары подач, муфту  $M_1$ , сменные колеса  $a_2 - b_2$ ,  $c_2 - d_2$  гитары дифференциала, червячную пару 9 – 8, передачу дифференциала от звена VI к звену X ( $i_{XVI-X} = 2$ ),  $e - f$ ,  $a - b$ ,  $c - d$ , 43 – 44.

От винта 31 осуществляется вертикальная подача фрезерного суппорта. Во время рабочей подачи он получает вращение от вала XII через червячную пару 10 – 11, сменные колеса  $a_1 - b_1$ ,  $c_1 - d_1$  гитары подач, муфту  $M_1$  и зубчатые передачи 12 – 13, 14 – 15, 25 – 26, 27 – 28, 29 – 30. При ускоренном перемещении суппорта вращение винту сообщает электродвигатель 59 через винтовую пару 16 – 17 и далее по предыдущей цепи (муфта  $M_1$  выключена).

От винтовой пары с неподвижным винтом 45 осуществляется горизонтальная подача стойки 64. Гайка, смонтированная в ступице конического колеса 39, получает вращение от вала XX через червячную пару 32 – 33 и конические зубчатые колеса 38 – 39.

Для быстрого установочного перемещения фрезерного суппорта в станке имеется специальная кинематическая цепь, которая передает движение от электродвигателя 65 через цепную передачу 66 –

67 и червячную пару 68 – 69 на винт 70.

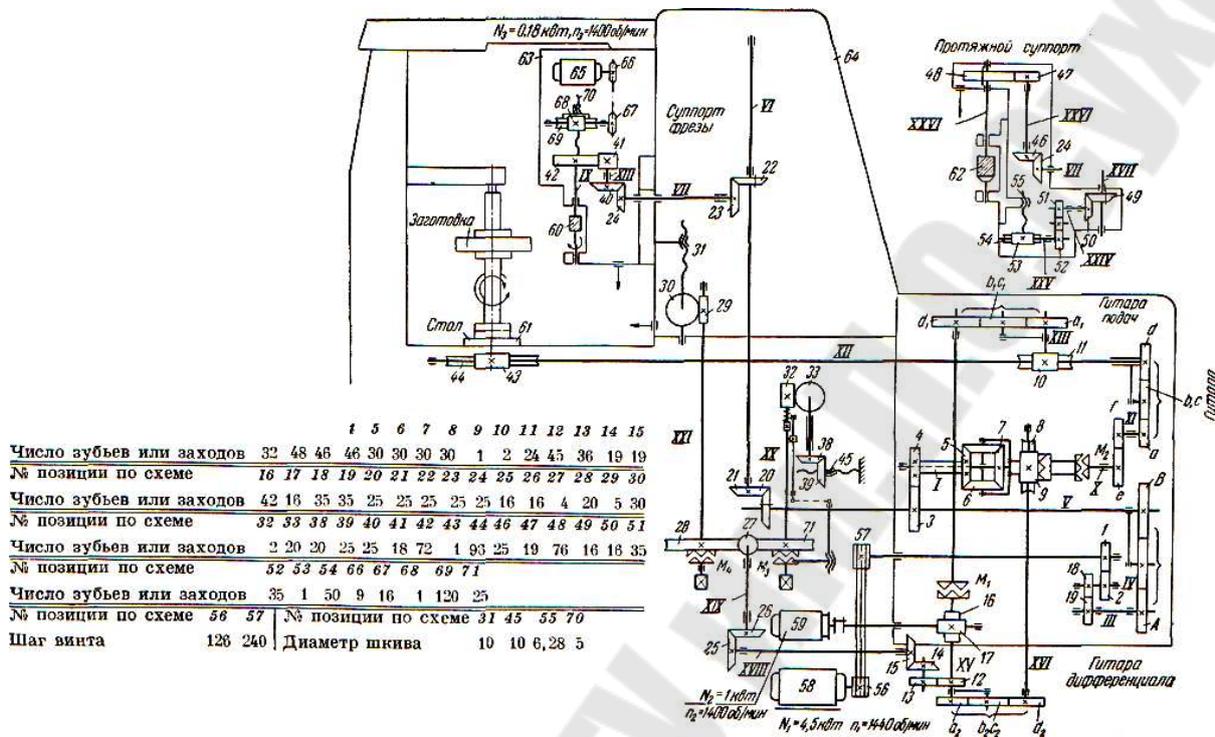


Рис.5.5 – Кинематическая схема зубофрезерного станка мод. 5Е32

**Установка заготовки.** Заготовка должна быть закреплена в установочном приспособлении жестко, не пружинить и не перемещаться в процессе обработки под действием сил резания. Конструкция установочного приспособления должна учитывать размеры и конфигурацию заготовки, а также требования по точности нарезания. На рис. 5.6 показаны несколько способов установки и крепления заготовок: зажим гидропатроном (а) и винтом (б), зажим вал – шестерни в цанге (в). Опорный торец приспособления должен располагаться по возможности ближе к нарезаемому венцу, что повышает жесткость системы деталь – приспособление. Заготовки типа вал–шестерни устанавливаются в центре стола станка и контрподдержки и жестко соединяют со столом механическими или гидравлическими устройствами.

При установке заготовки в приспособление необходимо тщательно очищать от грязи и стружки опорные и центрирующие поверхности, а также периодически проверять их радиальное и торцовое биение. Величина допустимого биения указывается в справочниках в зави-

симости от требуемой точности обработки. Так, например, для нарезания зубчатых колес диаметром 100 – 500 мм по 6-й степени точности необходимо, чтобы торцовое биение опорной поверхности не превышало 0,010 мм, а радиальное биение центрирующей оправки не превышало 0,015 мм.

Кроме этого, рекомендуется проверять радиальное и торцовое биение установленной на станок заготовки, доводя их до величин, указанных на чертеже.

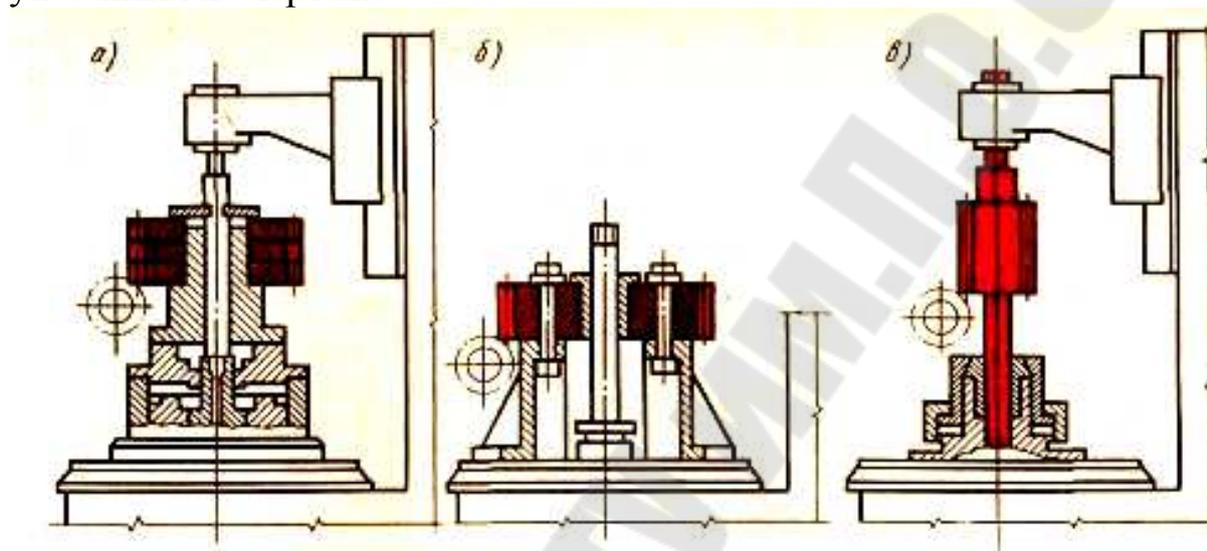


Рис.5.6 – Способы крепления заготовки при зубофрезеровании

### 5.2.2 Зубодолбежные станки

При нарезании зубчатых колес на зубодолбежных станках различают две схемы профилирования зубьев: 1) относительное движение пары сопряженных цилиндрических колес (в этом случае режущий инструмент – зуборезный долбяк) и 2) относительное движение зубчатого колеса, сопряженного с рейкой (в этом случае режущим инструментом является зубчатая гребенка).

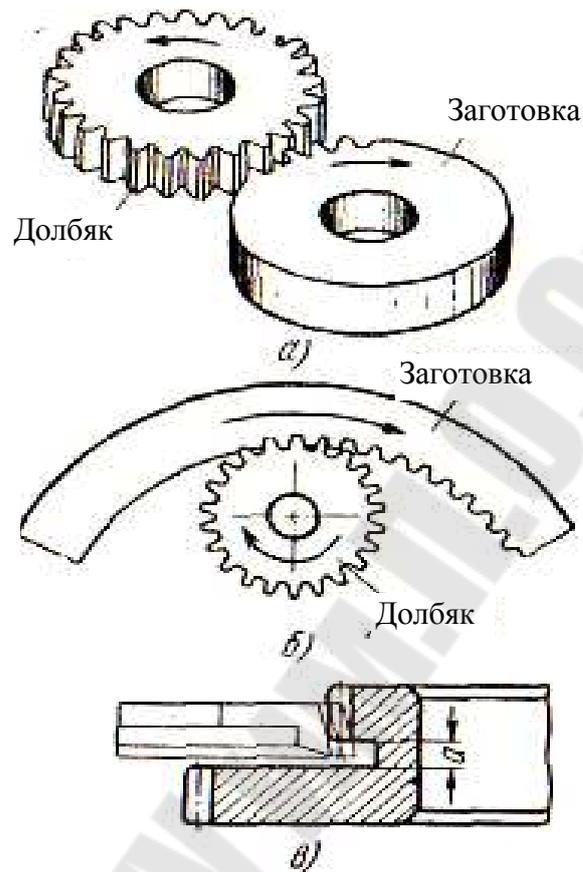


Рис. 5.7 – Схема нарезания зубьев колеса зуборезным долбяком

Первый способ профилирования зубьев нарезаемого колеса получил наибольшее распространение (рис. 5.7). Для снятия стружки режущему инструменту необходимо сообщить прямолинейное возвратно-поступательное движение вдоль оси заготовки (рис. 5.7, а).

Заготовке и долбяку необходимо сообщить движение обката, аналогичное вращению двух зубчатых колес, находящихся в зацеплении.

В начале обработки долбяк получает прямолинейное движение врезания на глубину, равную высоте нарезаемого зуба. Так как движение обката при этом не прекращается, на врезание затрачивается часть поворота заготовки, вследствие чего зубья, нарезанные на данном участке, не имеют полного профиля и требуют дополнительного прохода.

При помощи долбяков можно изготавливать колеса с внутренним зацеплением. В этом случае и долбяк, и заготовка вращаются в одном направлении. Данный способ обеспечивает получение блоков

зубчатых колес (рис. 5.7, в).

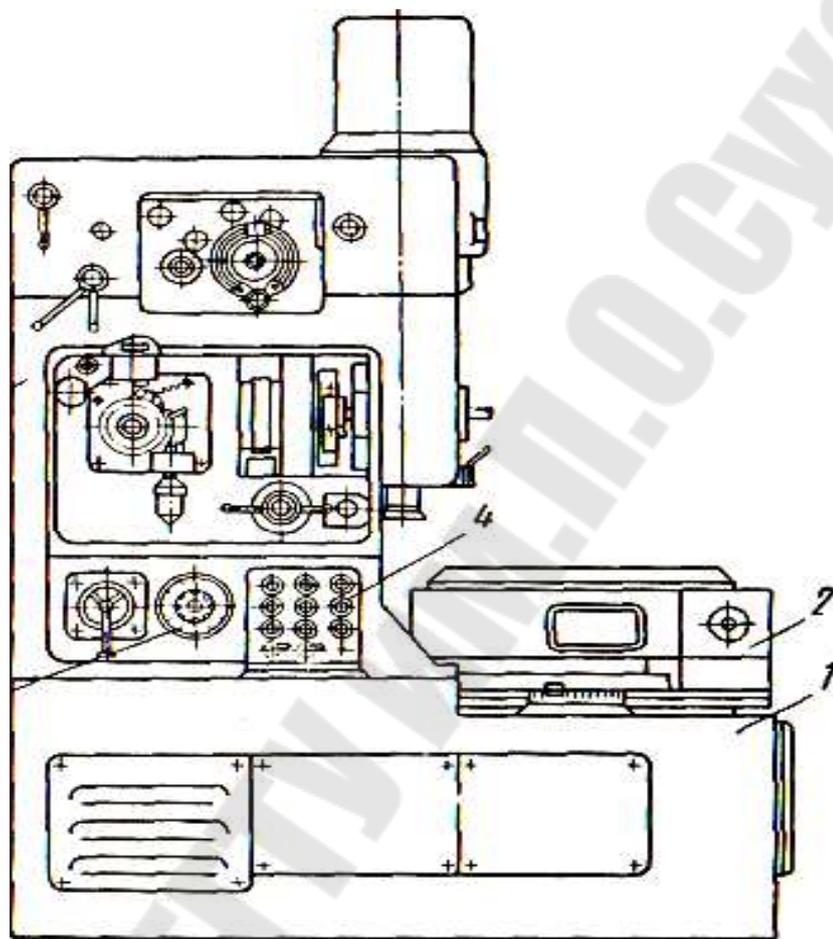


Рис. 5.8 – Зубодолбежный станок мод. 5140

На рис. 5.8 показан общий вид зубодолбежного станка мод. 5140. На станине 1 и внутри нее размещены основные узлы станка: стол 2, стойка 3, панель гидравлики 4 и гидроаппаратура.

По горизонтальным направляющим станины перемещается стол, на котором устанавливается заготовка. Перемещение стола осуществляет гидроцилиндр, закрепленный в стойке.

На левой части станины крепится стойка и цилиндр механизма радиального врезания.

На станке можно производить черновую, получистовую (под последующее шевингование) и чистовую обработку в один, два и три прохода.

Станок работает по автоматическому циклу (со сменой режимов обработки), включая подвод и отвод заготовки к инструменту. Для закрепления заготовки предусмотрен гидравлический зажим-

ной патрон. Предусмотрено также автоматическое переключение скоростей и подач при переходе от черновых к чистовым проходам.

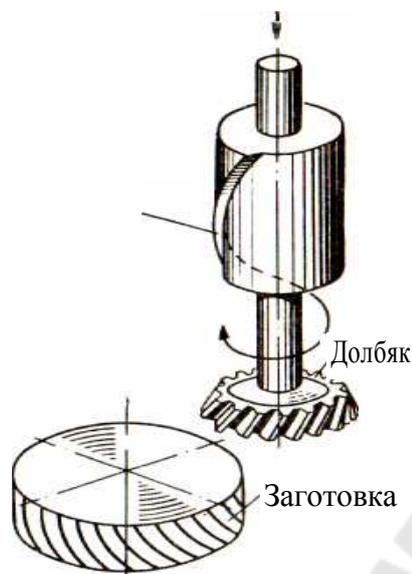


Рис. 5.9 – Схема обработки косозубых колес

Настройка станка на нарезание косозубых колес ничем не отличается от обычной, в этом случае устанавливают копир с винтовыми направляющими (рис. 5.9), которые сообщают долбяку дополнительное вращение. В результате вращательного и возвратно-поступательного движения зубья долбяка будут перемещаться по винтовой линии, угол наклона которой должен быть равным углу наклона винтовой линии зубьев нарезаемого колеса на делительном цилиндре.

### 5.3 Содержание отчета и алгоритм выполнения работы

1. Цель работы.
2. Привести краткое описание основных методов обработки зубчатых колес и основные виды зубообрабатывающего инструмента.
3. Начертить схемы зубообрабатывающих станков, обозначить основные узлы и движения узлов станка.
4. Получить чертеж детали у преподавателя. Написать маршрут технологический процесс изготовления данной детали, начертить операционный эскиз для шлифовальной операции с обозначением схемы базирования. Выбрать модель станка, приспособление и инструмент для обработки зубьев.

5. Начертить рабочую зону выбранного станка, обозначить основные узлы и движения узлов станка. Обозначить на схеме инструмент и приспособления.

6. Произвести наладку зубодолбежного станка на обработку поверхности заданной детали, настроить на рассчитанные режимы резания, произвести обработку зубьев.

7. Произвести наладку зубофрезерного станка на обработку поверхности заданной детали, настроить на рассчитанные режимы резания, произвести обработку зубьев.

#### **5.4 Контрольные вопросы**

1 Перечислите основные методы обработки зубчатых поверхностей.

2. Назовите типы зубообрабатывающих станков.

3 Объясните устройство зубодолбежного станка.

4 Какой режущий инструмент применяют на зубодолбежных станках.

5. Изобразите схему обработки детали на зубодолбежном станке.

6. Объясните устройство зубофрезерного станка.

7. Какой режущий инструмент применяют на зубофрезерных станках.

8.Изобразите схему обработки детали на зубофрезерном станке.

9.Какими методами производится нарезание зубчатых колес с внутренним зацеплением, конических, червячных, косозубых и червяков.

10. Назовите методы отделочной обработки зубчатых колес.

11. Типовой технологический процесс обработки зубчатых колес.

12. Как производится базирование при обработке зубчатых колес на зубодолбежных станках.

13. Как производится базирование при обработке зубчатых колес на зубофрезерных станках.

## Литература

1. Суслов А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных вузов / А.Г.Суслов. – М.: Машиностроение, 2004. – 400 с.
2. Масталыгин Г.П. Технология машиностроения: учебник для вузов по инженерно-экономическим специальностям / Г.П. Масталыгин, Н.Н.Толмачевский. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А.Панов и др. – М.: Машиностроение, 1998 – 736с.
4. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 408с.
5. Справочник технолога машиностроителя. Под. Ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещеркова. Т. 1, 2. М.: «Машиностроение», 1985.
6. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов / А.Ф.Горбацевич, В.А.Шкред. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983. – 256с.

## Содержание

	Стр.
Указания по технике безопасности. Общие указания по оформлению отчета	3
1. Лабораторная работа № 1. Технологические возможности токарных станков. Измерение шероховатости поверхностей, полученных точением и алмазным выглаживанием	4
2. Лабораторная работа № 2. Технологические возможности фрезерных станков. Расчет режимов резания при обработке на фрезерных станках	24
3. Лабораторная работа № 3. Технологические возможности станков сверлильно-расточной группы. Расчет технических норм времени на выполнение сверлильных операций	45
4. Лабораторная работа № 4. Технологические возможности шлифовальных станков. Виды шлифования	65
5. Лабораторная работа № 5. Технологические возможности зубообрабатывающих станков. Методы обработки зубчатых поверхностей	90
Литература	107

**Кульгейко Галина Степановна  
Дмитриченко Евгений Эдуардович**

## **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Практикум  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 20.03.15.

Per. № 147E.  
<http://www.gstu.by>