

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов»

**Горохов В.А.**

## **ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие для лабораторных работ по курсам «Технология материалов», «Материаловедение и технология материалов» и другим подобным дисциплинам (раздел «Обработка заготовок на металлорежущих станках») для студентов специальностей 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование», 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», а также других технических специальностей.

Минск, 2014

УДК 621.7(075.8)  
ББК 34.5я73

Рецензенты:

Д.В. Куис – заведующий кафедрой «Материаловедение и технология металлов» Белорусского государственного технологического университета, кандидат технических наук, доцент;

И.А. Каштальян – профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, доктора технических наук.

Горохов, В.А.

Обработка заготовок на металлорежущих станках. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие / В.А. Горохов. – Мн.: УО «БНТУ», 2014. – 143 с.

В пособии изложено краткое описание способов и схем обработки резанием с использованием условных обозначений опор и зажимов, устройство и технические характеристики токарных, фрезерных сверлильных и шлифовальных станков и движения на них. Показаны разновидности металлорежущих инструментов и станочных приспособлений, приведены схемы и режимы обработки поверхностей различных заготовок. Отражены методика и планы выполнения работ с назначением параметров режима обработки резанием для обеспечения заданных показателей точности и шероховатости обработанных поверхностей. Приведены примеры решения задач в соответствии с индивидуальными заданиями для студентов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Вводная часть.....	4
2. Обработка на токарных станках (работа № 1).....	12
2.1. Исходные сведения.....	
122.2. Основные компоненты и характеристика токарно-винторезного станка.....	13
2.3. Сущность, способы и инструменты токарной обработки.....	16
2.4. Схемы базирования, установки и обработки и приспособления для их реализации.....	23
2.5. Методика назначения параметров режима резания и контроль качества обработки заготовки.....	35
2.6. Вопросы для самоконтроля.....	40
2.7. Задания по проектированию операций обработки на токарно-винторезном станке.....	41
3. Обработка на фрезерных станках (работа № 2).....	46
3.1. Исходные сведения.....	46
3.2. Основные компоненты и характеристика широкоуниверсального консольно-фрезерного станка.....	47
3.3. Сущность, способы и инструменты фрезерной обработки.....	50
3.4. Схемы базирования, установки и обработки и приспособления для их реализации.....	56
3.5. Методика назначения параметров режима резания при фрезеровании и контроль качества обработки.....	66
3.6. Вопросы для самоконтроля.....	70
3.7. Задания по проектированию операций обработки на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке.....	71
4. Обработка на сверлильных станках (работа № 3).....	78
4.1. Исходные сведения.....	78
4.2. Основные компоненты и движения на сверлильных станках.....	79
4.3. Инструменты и приспособления для их установки при осуществлении способов осевой обработки.....	83
4.4. Схемы установки и обработки и приспособления для их реализации.....	94
4.5. Методика назначения параметров режимов способов осевой обработки и контроль качества обработанной поверхности.....	101
4.6. Вопросы для самоконтроля.....	107

4.7. Задания по проектированию операций обработки на сверлильных станках.....	109
5. Обработка на шлифовальных станках (работа № 4).....	113
5.1. Исходные сведения.....	113
5.2. Сущность, виды шлифования и характеристика инструмента.....	114
5.3. Круглое наружное шлифование, оборудование и приспособления.....	121
5.4. Круглое внутреннее шлифование, оборудование и приспособления.....	128
5.5. Плоское шлифование, оборудование и приспособления.....	132
5.6. Выбор инструментов и параметров режима обработки.....	136
5.7. Вопросы для самоконтроля.....	139
5.8. Задания по проектированию операций обработки заготовок на шлифовальных станках.....	140
Литературные источники.....	143

## **1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

Лабораторный практикум является практическим руководством для самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ по разделу «Обработка заготовок на металлорежущих станках» по дисциплинам «Технология материалов», «Материаловедение и технология материалов» и другим подобным курсам. Именно лабораторные работы позволяют более глубоко и с практическим прицелом освоить теоретический материал раздела, наглядно изучить устройство и работу основного металлообрабатывающего оборудования, типовые станочные приспособления, металлорежущие инструменты; получить первые навыки разработки схемы установки и обработки заготовки по индивидуальному заданию с выбором соответствующих станка, приспособления, инструмента, назначением параметров режима обработки и способов контроля качества обработки.

К методам воздействия на материалы по виду используемой энергии относятся резание, пластическое деформирование, электроэрозионная, химическая и электрохимическая, импульсно-механическая, лучевая и плазменная обработки. Резание является наиболее распространенным методом формообразования и отделки заготовок с целью превращения их в детали машин и приборов. В рамках методов обработка подразделяется на виды(способы). К резанию относятся рассмотренные в практикуме способы лезвийной обработки точением, фрезерованием, осевой обработкой (сверлением и др.) и способы абразивной обработки (шлифование и др.), а также другие способы обработки. В свою очередь указанные способы подразделяется: точение - на обтачивание,

растачивание, подрезание, нарезание резьбы и разрезание; фрезерование – на периферийное, торцовое, круглое, зубошлицефрезерование, резьбофрезерование; осевая обработка – на сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, зенкование, цекование; абразивная обработка - на шлифование, доводку, полирование, хонингование, суперфиниширование.

Наиболее широко в практике машиностроения используются точение, фрезерование, сверление и шлифование и применяемые при этом токарные, фрезерные, сверлильные и шлифовальные станки, их оснастка, состоящая из инструментов и приспособлений. Именно указанным процессам и средствам их технологического оснащения (станки, инструменты, приспособления) посвящены в практикуме лабораторные работы.

На основе рекомендаций, изложенных в теоретическом материале практикума, для заданного варианта обработки студенту необходимо последовательно решить следующие задачи:

1) выбрать модель станка, привести его техническую характеристику, изобразить эскиз компоновки с указанием на ней движений и описанием устройства выбранного оборудования;

2) изобразить эскиз заготовки с размерами по заданию с обозначением обрабатываемых поверхностей и выполняемых размеров;

3) выбрать режущий инструмент и станочное приспособление (вспомогательный инструмент) для его установки на станке;

4) разработать и изобразить схему обработки с указанием инструмента, установочных и зажимных элементов, параметров режима резания;

5) выбрать, соответствующее схеме обработки стандартное (типовое) приспособление для установки (базирования и закрепления) заготовки и описать его;

6) назначить (рассчитать) параметры режима обработки: частоту вращения заготовки (инструмента)  $n$ , скорость обработки  $v$ , подачу  $S$ , глубину резания  $t$ .

7) выбрать и описать средства контроля качества обработки (точности и шероховатости обработанной поверхности);

8) сформулировать выводы с отражением положительных сторон рассматриваемых обработки и средств технологического оснащения, включающих станок, приспособления для установки заготовки и инструмента, режущие инструменты.

Базирование заготовок и инструментов обеспечивается путем контакта их базовых поверхностей с установочными элементами выбранных станочных приспособлений. Закрепление с базированных (сориентированных) в заданных положениях заготовок осуществляется зажимными элементами (зажимами), приводимыми в действие зажимными устройствами, предусмотренными в этих приспособлениях. Во многих приспособлениях предусмотрено совмещение установочных и зажимных элементов в одних компонентах, например, кулачках

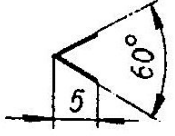
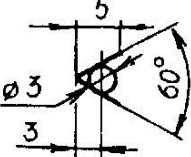
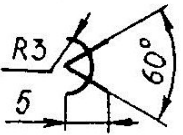
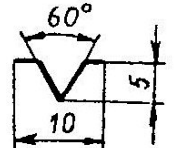

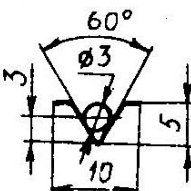

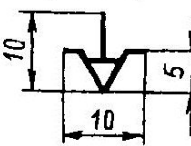

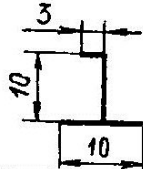

трехкулачкового патрона. На схемах обработки установочные и зажимные элементы, а также совмещенные компоненты, могут изображаться как в виде реальных деталей и сборочных единиц приспособлений, так и в виде графических (условных) обозначений по ГОСТ 3.1107-81 (таблицы 1.1 и 1.2).

Таблица 1.1 – Условные обозначения опор и зажимов

Опора или зажим	Обозначение на видах		
	спереди, сзади	сверху	спизу
<i>Опора</i>			
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
<i>Зажим</i>			
Одиночный			
Двойной			

Примечание. Для двойных зажимов длина плеча  $l$  принимается в зависимости от фактического расстояния между точками приложения сил.

Таблица 1.2 – Условные обозначения установочных устройств

Установочное устройство	Обозначение на видах	
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева, справа
Центр неподвижный		Без обозначения
Центр вращающийся		То же
Центр плавающий		»
Оправка цилиндрическая		
Оправка шариковая (роликовая)		
Оправка цанговая (ц) и гидропластовая (г)		
Патрон поводковый		

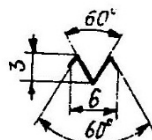
Примечания: 1) обозначения обратных центров выполняется в зеркальном изображении;  
2) для базовых установочных поверхностей допускается применять обозначение вида слева оправки цилиндрической

Форму рабочих поверхностей опор, зажимов и установочных устройств в случае необходимости можно указывать по указанному выше ГОСТ слева от обозначения элемента приспособления (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Условные обозначения формы рабочих поверхностей элементов приспособлений

Форма рабочих поверхностей	Обозначение на всех видах
Плоская	
Сферическая	
Цилиндрическая (шариковая)	
Призматическая	
Коническая	
Ромбическая	
Трехгранная	

Примечания: 1) рельеф рабочих поверхностей (рифления, резьбовая, шлицевая и т.д.) опор, зажимов и установочных устройств обозначается таким образом:



Это обозначение может наноситься на обозначение соответствующего элемента приспособления. Например, оправка цилиндрическая шлицевая обозначается таким совмещенным знаком:



2) обозначения устройств зажимов (пневматическое – Р, гидравлическое – Н, электрическое – Е, электромагнитное – ЕМ, гидропластовое – Г, прочие – без обозначения) наносятся слева от изображения зажимов.



Примеры нанесения обозначений опор, зажимов и установочных устройств на схемы установки заготовок в соответствии с ГОСТ 3.1107-81 показаны в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Примеры оформления схем установки заготовок в приспособлениях

Способ установки	Схема
В тисках с призматическими губками пневматическим зажимом	
В кондукторе с центрированием на цилиндрический палец, с упором на три неподвижные опоры и с электрическим устройством двойного зажима, имеющим сферические рабочие поверхности	
В трехкулачковом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с поджимом вращающимся центром и с креплением в подвижном люнете	
На конической оправке с гидропластовым устройством зажима, с упором в торец на рифленую поверхность и с подвижным вращающимся центром	

Общей задачей для всех лабораторных работ является выбор средств контроля заданной шероховатости (ГОСТ 2789-73) обработанной поверхности по

высотным параметрам  $Ra$  (среднее арифметическое отклонение профиля) и  $Rz$  (высота неровностей профиля по десяти точкам) в мкм. Непосредственно на рабочих местах станочников для контроля поверхностей с  $R_{av}$  пределах 50 – 0,4 мкм используется визуальный метод контроля шероховатости с помощью набора образцов с известными значениями параметров по ГОСТ 9278-75. Для примера на рисунке 1.1 представлены устройство и наборы образцов для поверхностей, обработанных точением (обтачивание, растачивание) и торцевым фрезерованием.

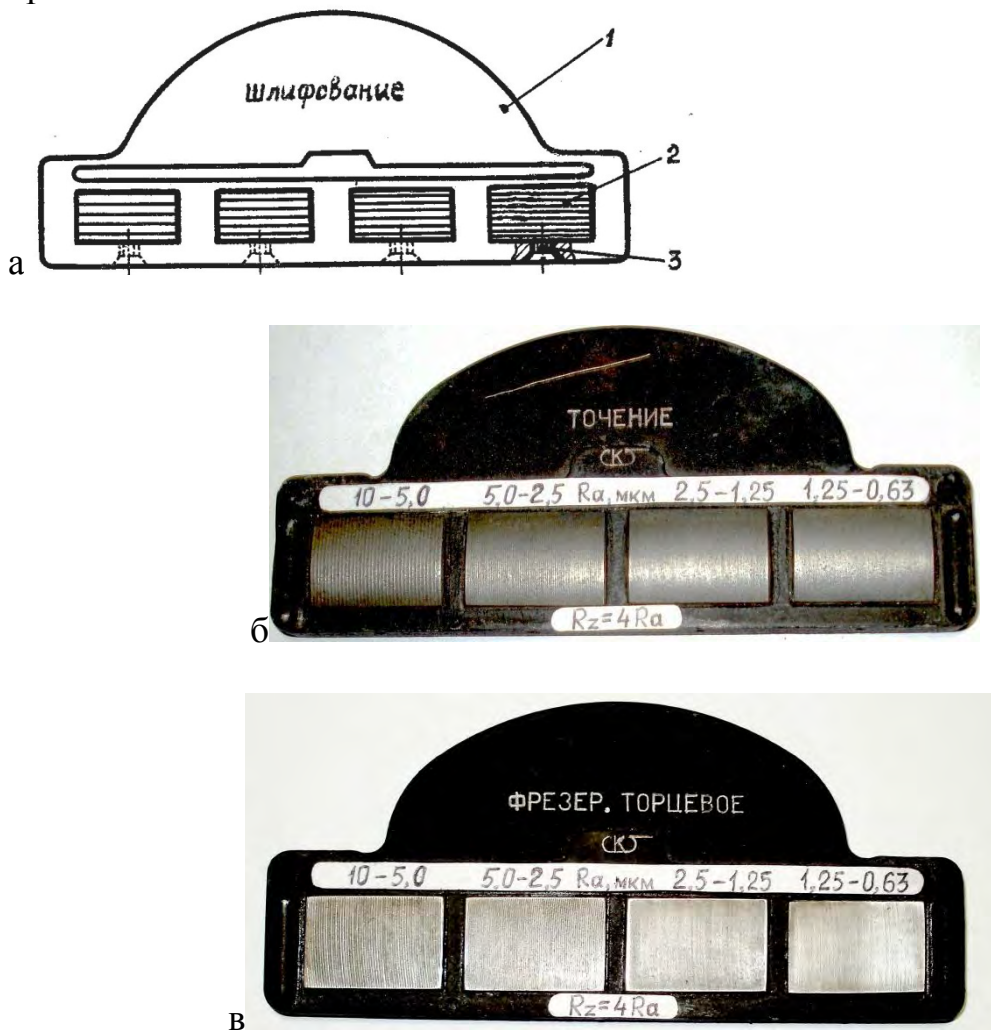


Рисунок 1.1 – Образцы шероховатости поверхностей: а – устройство набора (1 – основание, 2 – образец, 3 – винт); б – набор для обработки точением (чугун); в – набор для торцевого фрезерования (сталь)

Наборы образцов в виде плиток размером 30 x 20 мм компонуются в основании 1 и закрепляются винтами 3. Образцы изготавливаются из стали, чугуна и других материалов с обработкой точением, фрезерованием, строганием, шлифованием и другими способами. Направление следов обработки может быть прямолинейное, дугообразное и перекрещивающееся. При визуальном контроле необходимо стремиться к тому, чтобы с образцом сравнивалась заготовка не только с той же обработкой, но и изготовленная из того же материала, что и об-

разец. Для оценки шероховатости поверхностей методом сравнения при значениях  $Ra = 12,5 - 0,025$  мкм может применяться специальный микроскоп сравнения. Его оптическая схема позволяет проводить сравнение поверхности образца, помещаемого в специальное устройство микроскопа, с поверхностью заготовки (детали). При этом оператор имеет возможность наблюдать сразу обе поверхности, разделенные тонкой линией. Существуют лабораторные бесконтактные и контактные методы контроля шероховатости с использованием, например, оптических, пневматических и щуповых средств измерения.

Лабораторные работы должны проводиться в специализированной станочной мастерской (лаборатории) с демонстрацией возможностей оборудования, станочных приспособлений, режущего и измерительного инструмента, а также примеров реализации операций обработки на оборудовании.

Отчет по каждой выполненной лабораторной работе выполняется отдельно преимущественно на одной стороне стандартных листов формата А4 (А4) размерами 297 x 210 мм. Ниже приведен пример титульного листа отчета по соответствующей лабораторной работе (рисунок 1.2).

**Министерство образования РБ  
Белорусский национальный технический университет  
Механико-технологический факультет  
Кафедра «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов»**

**Отчет  
по лабораторной работе «Обработка на шлифовальных станках» (вариант задания № 10)**

**Выполнил студент (курсант)**

**группы 115111**

**(подпись) Ермоленко Н.С.**

**Проверил профессор кафедры**

**(подпись) Горохов В.А.**

**Минск, 2013**

## *Рисунок 1.2 – Пример оформления титульного листа отчета по лабораторной работе*

Отчет должен содержать все разделы в соответствии с планом, изложенным в исходных сведениях соответствующей работы, который по сути содержит заголовки разделов. Полнота изложения разделов, правильность выбора для заданной заготовки средств технологического оснащения, параметров режима обработки, способов контроля качества обработки и формулирования выводов являются основой оценки отчета. Суммарная оценка по лабораторным работам, как правило, принимается во внимание преподавателем при приеме экзамена по курсу.

Выполняя в рукописном виде с рисунками отчет в соответствии с требованиями нормативных документов, студент приобретает опыт правильного оформления технических документов. При этом следует тщательно ознакомиться с описанием данной лабораторной работы в настоящем практикуме, в полной мере использовать свой конспект лекционного материала, рекомендуемые учебную литературу по дисциплине и технические справочники. Для уяснения всех неясных вопросов по выполняемой работе следует использовать не только указанные выше источники, но и консультации преподавателя и мастера непосредственно у станка.

## **2. ОБРАБОТКА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ (работа № 1)**

### **2.1. Исходные сведения**

*Цель работы:* изучение токарно-винторезного станка и его движений, способов токарной обработки, оснастки (токарных приспособлений и инструментов); выбор приспособления, инструмента и схемы обработки заготовки по заданию № ... с определением параметров режима.

*Оборудование и принадлежности:* токарные станок, инструменты, приспособления, контрольные средства, чертеж заготовки.

*Порядок выполнения работы:* 1) подробное ознакомление с заготовкой и обработкой по заданию, выбор способа обработки, инструмента, приспособлений для установки инструмента и заготовки; 2) изучение станка и описание его возможностей, движений и технической характеристики (с приведением схемы станка); 3) изучение и описа-

ние сущности и процессов токарной обработки с обоснованием выбора способа обработки заданной заготовки; 4) изучение и описание инструмента и приспособления для обработки заготовки по заданию; 5) разработка и изображение совмещенной схемы установки и обработки предложенной заготовки с определением параметров режима; 6) формулирование технических выводов по работе с перечислением положительных, а возможно и отрицательных сторон токарной обработки и средств ее технологического оснащения; 7) оформление отчета по приведенному ниже плану.

### **План отчета**

1. Устройство и возможности токарно-винторезного станка.
2. Сущность и способы токарной обработки.
3. Описание выбранных для использования инструмента и приспособления.
4. Совмещенная схема, параметры режима и контроль качества обработки заготовки по заданию.
5. Выводы.

### **2.2. Основные компоненты и характеристика токарно-винторезного станка**

К станкам токарной группы относятся: токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарные автоматы и полуавтоматы и специальные токарные станки. В настоящей работе рассматривается обработка на токарно-винторезном станке, основные компоненты которого показаны на

рисунке 2.1.

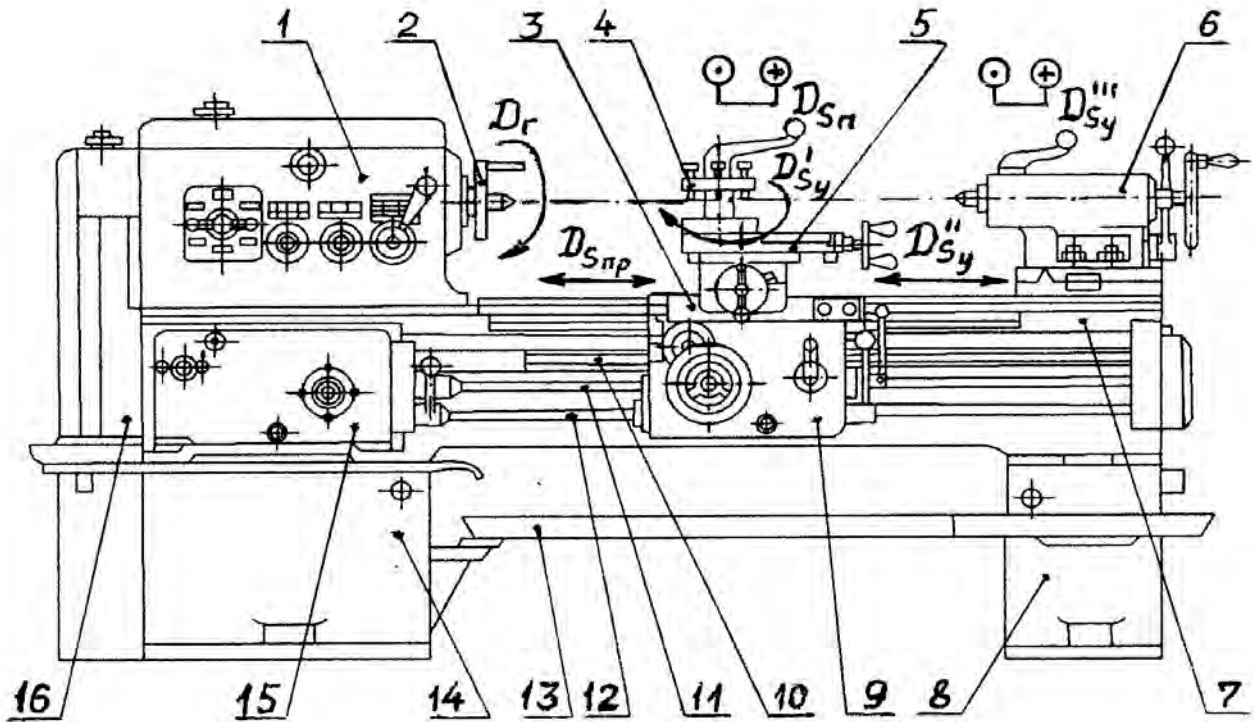


Рисунок 2.1 — Схема токарно-винторезного станка 16К20 с указанием движений на нем: 1 — передняя бабка с коробкой скоростей и рукоятками управления ею; 2 — установленная на шпинделе поводковая шайба с центром (приспособление); 3 — суппорт; 4 — резцедержатель (приспособление); 5 — верхние поворотные салазки; 6 — задняя бабка; 7 — станина; 8 — правая тумба, в которой размещена насосная станция подачи СОЖ; 9 — фартук суппорта с органами управления движениями подач; 10 — ходовой винт; 11 — ходовой вал; 12 — вал с рукоятками управления включением-выключением и направлением (реверсом) вращения шпинделя; 13 — поддон (корыто); 14 — левая тумба; 15 — коробка подач с органами управления; 16 — гитара сменных зубчатых колес, служащая для настройки на шаг нарезания специальных резьб;  $D_r$  — главное движение, осуществляемое вращением шпинделя с заготовкой;  $D_{Snp}$  — движение продольной подачи суппорта (каретки);  $D_{Sn}$  — движение поперечной подачи салазок;  $D_{Sy}'$  — установочное движение подачи в виде фиксированного поворота верхних салазок;  $D_{Sy}''$  — установочное движение подачи в виде фиксированного перемещения задней бабки вдоль направляющих станины;  $D_{Sy}'''$  — установочное движение подачи в виде фиксированного поперечного перемещения задней бабки.

**Техническая характеристика токарно-винторезного станка 16К20.**

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:

над станиной..... 400

над суппортом.....220

Пределы длины обрабатываемой заготовки, мм..... 710-2000

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, проходящего через отверстие шпинделя..... 50

Наибольшее перемещение верхних резцовых салазок, мм.....	150
Наибольший угол поворота верхних резцовых салазок.....	$\pm 90^\circ$
Число фиксированных позиций резцедержателя.....	4
Внутренние конуса:	
шпинделя.....	Морзе № 6
пиноли задней бабки.....	Морзе № 5
Пределы поперечного смещения задней бабки, мм.....	$\pm 15$
Наибольшее продольное перемещение пиноли, мм.....	150
Число частот вращения шпинделя.....	24
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	12,5-2000
Пределы подач, мм/об:	
продольной.....	0,05-2,8
поперечной.....	0,025-1,4
Шаг нарезаемой резьбы:	
метрической, мм.....	0,5-112
дюймовой, ниток на 1".....	56-05
Мощность электродвигателя, кВт.....	11

Станок мод. 16К20 – базовая модель изготавливается с расстоянием между центрами 710, 1000, 1400 и 2000 мм. На ее основе выпускаются несколько модификаций: станки мод. 16К20Г с выемкой в станине, 16К25 облегченного типа для обработки заготовок диаметром 500мм над направляющими станины, 16К20П повышенной точности, 16К20Ф3 с программным управлением и различные специализированные станки, налаживаемые на обработку конкретных заготовок деталей по чертежам заказчика.

В передней бабке размещены шпиндель и коробка скоростей, которые сообщают заготовке главное движение  $D_r$  с заданной частотой вращения шпинделя. Движения подач – перемещение каретки в продольном  $D_{сп}$  и салазок в поперечном  $D_{сп}$  обеспечиваются коробкой подач. Установочные фиксируемые перемещения поворот верхних салазок  $D_{sy}'$ , перемещения задней бабки вдоль направляющих станины  $D_{sy}''$  и в поперечном направлении  $D_{sy}'''$  выполняются непосредственно на компонентах станка с последующим закреплением их в заданном положении.

Ниже приведены обеспечиваемые коробкой скоростей станка мод. 16К20 частоты вращения шпинделя (таблица 2.1) и коробкой подач посредством ходового вала значения продольной (таблица 2.2) и поперечной (таблице 2.3) подач. По сути значения поперечных подач равны 1 / 2 значений продольных подач. При резбонарезании продольные подачи резцов обеспечиваются коробкой подач через ходовой винт, а их значения при этом должны соответствовать шагам нарезаемых резьб.

Суппорт предназначен для перемещения рабочего инструмента, закрепленного в резцедержателе, в продольном, поперечном или угловом направлениях. При этом угловое направления обеспечивается поворотом верхних салазок с подачей резцедержателя вручную.

Таблица 2.1 — Ряд частот вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>

12,5	50,0	200,0	630,0
16,0	63,0	250,0	800,0
20,0	80,0	315,0	1000,0
25,0	100,0	400,0	1250,0
31,5	125,0	500,0	1600,0
40,0	160,0	630,0	2000,0

Таблица 2.2 — Ряд продольных подач, мм/об

0,130	0,120	0,110	0,097	0,084	0,074	0,050
0,260	0,230	0,210	0,195	0,170	0,150	0,140
0,520	0,470	0,430	0,390	0,340	0,300	0,280
1,000	0,950	0,870	0,780	0,700	0,610	0,570
2,800	1,900	1,740	1,560	1,400	1,210	1,140

Таблица 2.3 — Ряд поперечных подач, мм/об

0,065	0,060	0,055	0,049	0,042	0,037	0,025
0,130	0,115	0,105	0,098	0,085	0,075	0,070
0,260	0,235	0,215	0,195	0,170	0,150	0,140
0,500	0,475	0,435	0,390	0,350	0,305	0,285
1,400	0,950	0,870	0,728	0,700	0,605	0,507

В пиноль задней бабки (конус Морзе 5) могут устанавливаться вращающиеся центры и обрабатываемые инструменты с ручной подачей выдвиганием пиноли или механической осевой (продольной) подачей путем присоединения открепленной бабки посредством замка к суппорту станка и включения соответствующей продольной подачи.

### 2.3. Сущность, способы и инструменты токарной обработки

На токарно-винторезном станке обрабатываются поверхности вращения и винтовые поверхности (резьбы) на деталях, в основном относящихся к классу тел вращения (валы, втулки, полые цилиндры, диски и многоосные тела). В некоторых случаях обработка указанных поверхностей производится в небольших по габаритам деталях, относящихся к классам корпусных и некруглых стержней.

К обработке наружных поверхностей вращения относятся цилиндрические, конические, торцовые и фасонные элементарные поверхности, а также прямые и угловые канавки.



Формообразование наружных поверхностей осуществляется резцами, тип которых зависит от формы поверхности и от типа ее границы. Так открытые цилиндрические поверхности обрабатываются прямыми или отогнутыми проходными резцами с углом в плане  $\varphi = 30 \dots 60^\circ$ . Чем меньше  $\varphi$ , тем выше стойкость резца. Но чаще всего применяют резцы с  $\varphi = 45^\circ$  (рисунок 2.2).

Полуоткрытые цилиндрические поверхности обрабатываются проходными упорными резцами с углом в плане  $\varphi = 90 \dots 93^\circ$ . Предпочтительнее  $\varphi = 93^\circ$ , чтобы торец формировался не за счет положения режущей кромки, а за счет поперечной подачи  $S$  (рисунок 2.3).

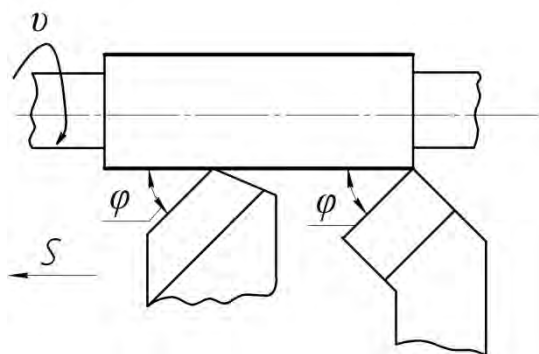


Рисунок 2.2 — Схема обработки прямыми и отогнутыми проходными резцами

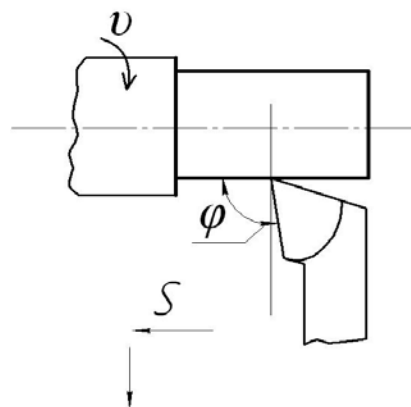


Рисунок 2.3 — Схема обработки проходным упорным резцом

Короткую (не более 30-40 мм) коническую поверхность можно обработать с продольной подачей, установив заготовку под углом  $\alpha$  путем поперечного перемещения задней бабки на величину  $h$  (рисунок 2.4, а), поперечной подачей специальным широким резцом, режущая кромка которого повернута на заданный угол (рисунок 2.4, б). Кроме того, любую коническую поверхность можно обработать с ручной подачей, повернув верхние салазки 5 (рисунок 2.1) на заданный угол (рисунок 2.4, в).

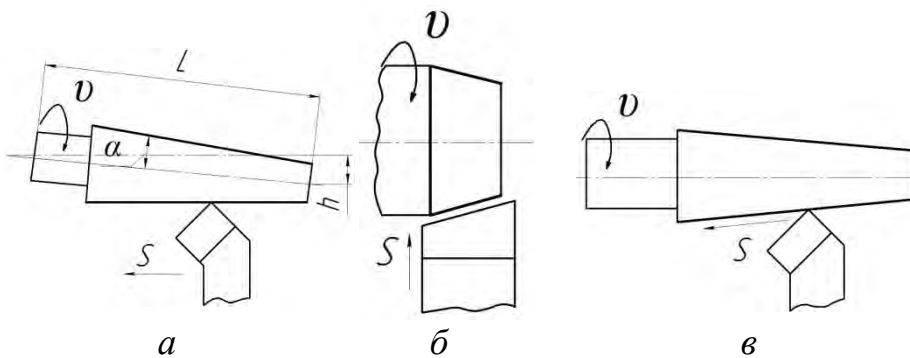


Рисунок 2.4 — Схема обработки конических поверхностей

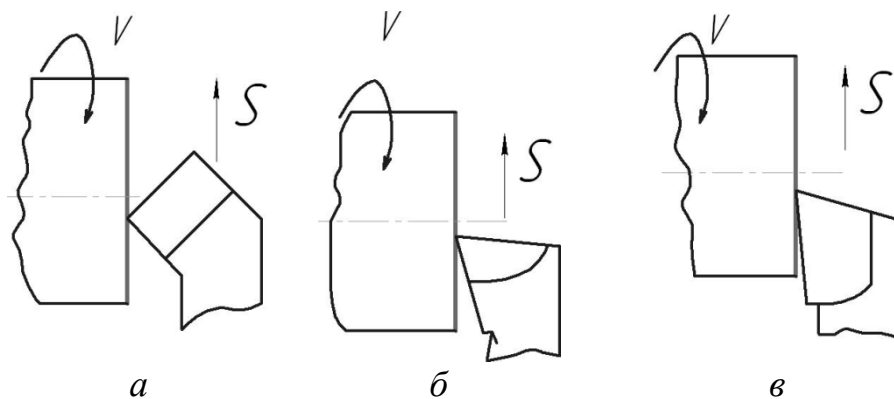


Рисунок 2.5 — Подрезка торца

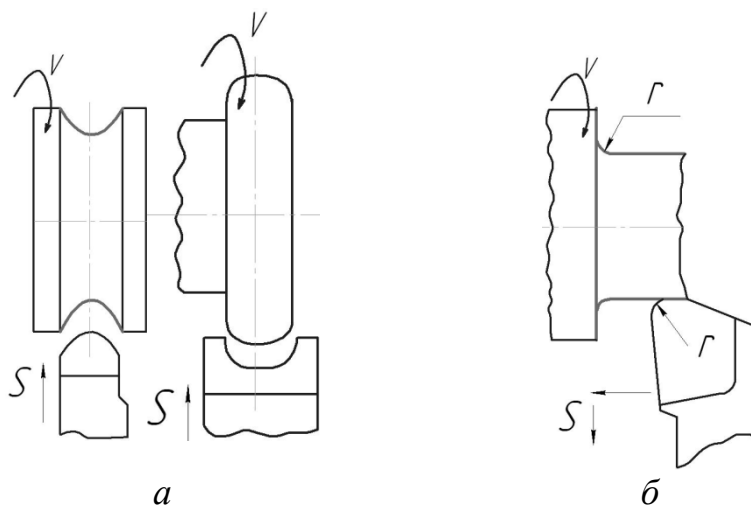


Рисунок 2.6 — Схема обработки короткой фасонной поверхности (а) и галтельного перехода (б)

2.6, б).

Обработка длинной фасонной поверхности, к точности профиля которой не предъявляются высокие требования (14-16 квалитет), может быть выполнена при одновременном ручном управлении продольной и поперечной подачами остроконечного фасонного резца (рисунок 2.7). Контроль профиля осуществляется шаблоном, для которого на необрабатываемой и обрабатываемой поверхностях формируют измерительные базы.

Подрезание торца осуществляют либо подрезным резцом, либо проходными (отогнутым или упорным). Второе предпочтительнее, так как при этом нет необходимости в смене инструмента, когда после подрезания торца переходят к обтачиванию (рисунок 2.5).

Короткие фасонные поверхности обрабатываются призматическим или круглым фасонным резцом, радиальной (поперечной) подачей (рисунок 2.6, а), галтельный переход от цилиндрической поверхности к торцу обрабатывают проходным упорным резцом, вершина которого имеет скругление соответствующего радиуса (рисунок

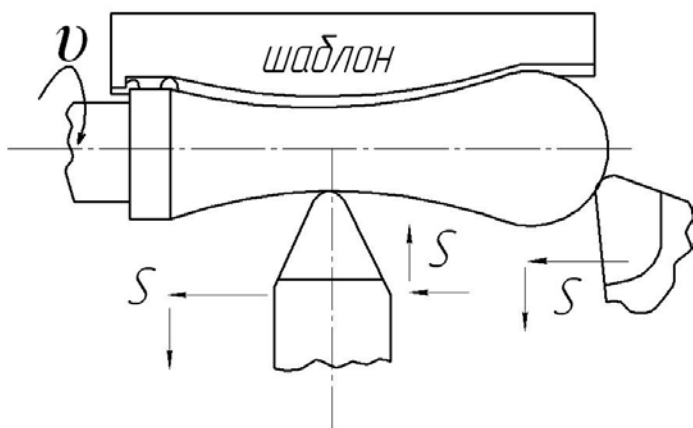


Рисунок 2.7 — Схема обработки неточной длиной фасонной поверхности

Прямые технологические канавки обрабатываются либо канавочными резцами соответствующего профиля и ширины, которая обычно равна ширине канавки (см. рисунок 2.8, а и б), или проходным упорным резцом со вспомогательным углом в плане  $\varphi_1 = 45^\circ$ . Для последнего сначала осуществляют врезание поперечной подачей на глубину канавки, а затем продольной подачей обеспечивают ее ширину (рисунок 2.8, в).

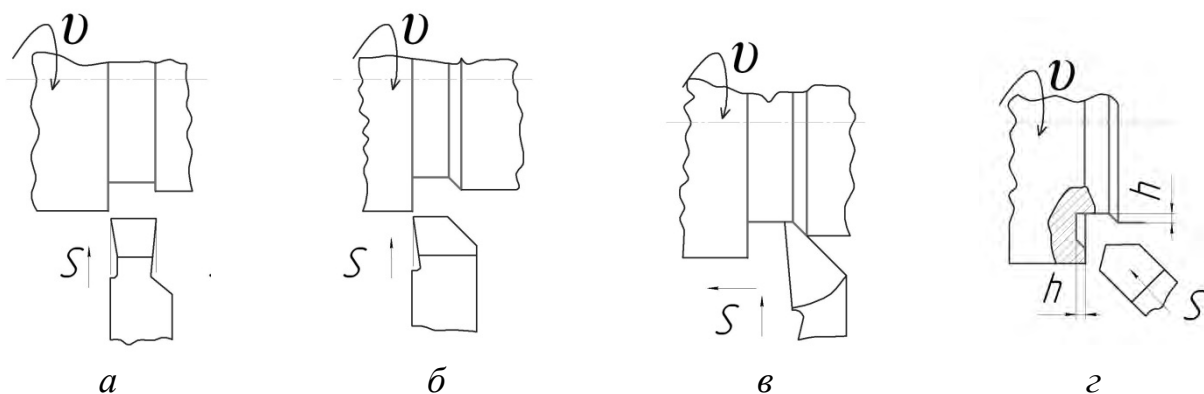


Рисунок 2.8 – Схемы обработки прямых и угловых технологических канавок

Угловая технологическая канавка выполняется канавочным отогнутым резцом с подачей под углом  $45^\circ$  к оси заготовки. Профиль рабочей части резца соответствует профилю канавки (рисунок 2.8, г). Деталь отрезается от групповой заготовки отрезными резцами (рисунок 8.9).

Сверло с коническим хвостовиком устанавливается в конус Морзе пиноли задней бабки при помощи переходной втулки, а с цилиндрическим - при помощи цангового патрона или сверлильного кулачкового патрона с корпусом 1 (рисунок 2.10). Вручную путем выдвижения пиноли трудно обеспечить постоянное (стабильное) значение подачи. Для ее стабилизации можно связать заднюю бабку с суппортом для механической подачи. При необходимости получить в сплошном материале отверстие диаметром больше 25 мм применяется рассверливание. Зенкерование используется для предварительной обработки отлитых или отштампованных отверстий либо для повышения точности и качества поверхности отверстия, предварительно обработанного сверлением или рассверливанием.

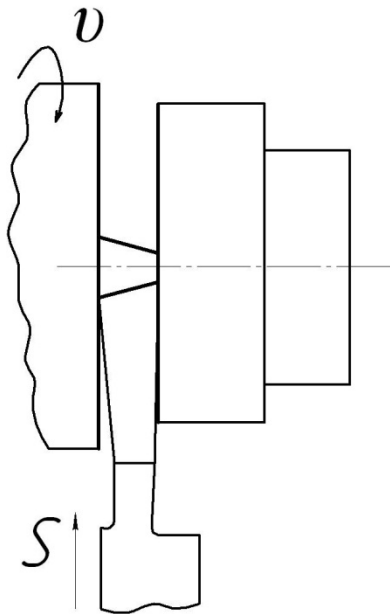


Рисунок 2.9 — Отрезание детали

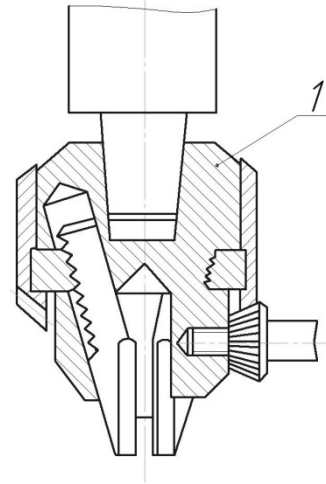


Рисунок 2.10 — Сверлильный кулачковый патрон

Цилиндрические отверстия в сплошном материал, если их диаметр меньше или равен 25 мм, получают сверлением.

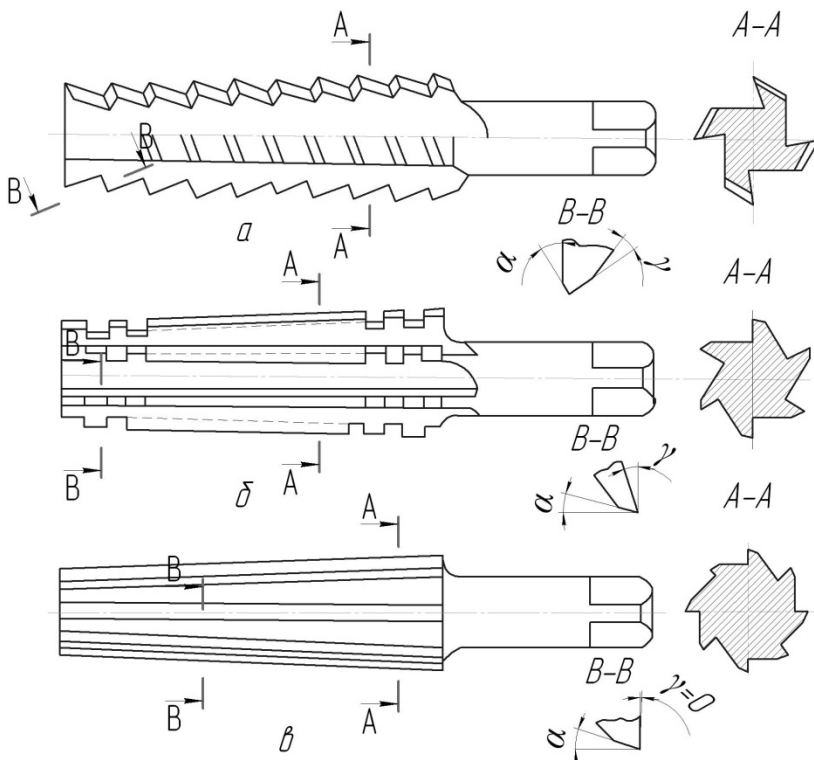


Рисунок 2.11 — Комплект конических разверток: а — черновая, б — получистовая, в — чистовая

Для получения отверстий высокой точности и малой шероховатости поверхности применяют развертывание: или непосредственно после сверления (для отверстий с диаметром меньше 10 мм), или после чистового зенкерования.

Например, развертывание конического отверстия относительно небольшого диаметра выполняется последовательно комплектом конических разверток (рисунок 2.11) после предварительного сверления сверлом, диаметр которого

на 0,5–1 мм меньше минимального диаметра конического отверстия. Крупные конические отверстия перед развертыванием обрабатывают коническим зенкером или растачивают. Растачивают отверстие на токарном станке,

если диаметр отверстия по размеру нельзя обработать сверлом или зенкером, а так же если ось отверстия в заготовке имеет существенное биение, а форма его образующей существенно отличается от требуемой. Расточные резцы показаны на рисунке 2.12.

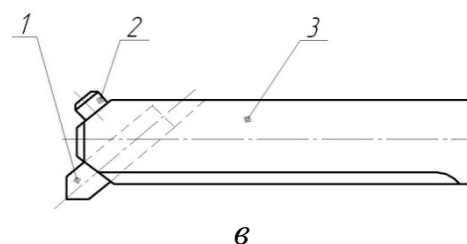
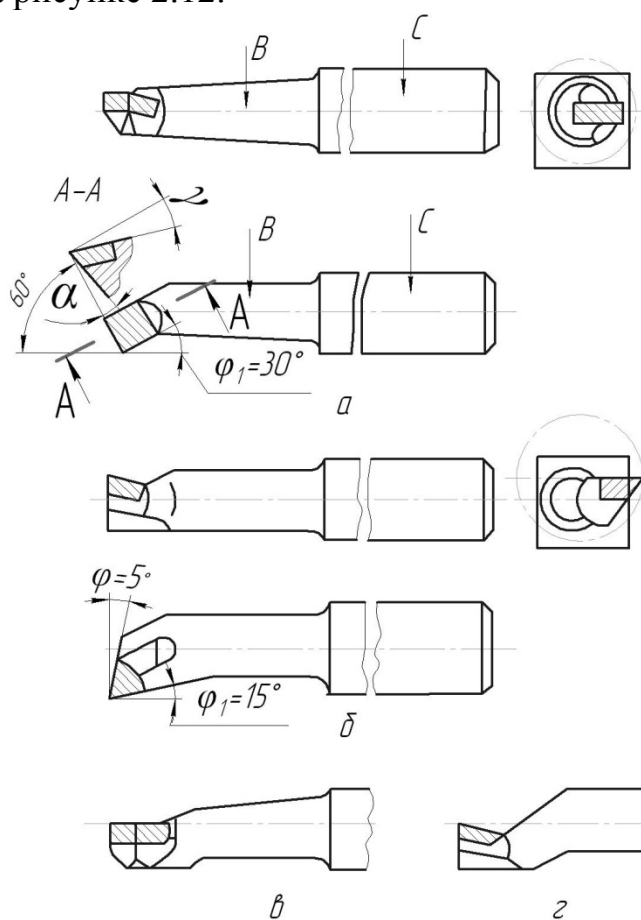


Рисунок 2.12 — Расточные инструменты: а - стержневой резец для сквозных отверстий с вылетом В, хвостовиком С, передним углом  $\gamma$ , задним  $\alpha$ , главным и вспомогательными углами в плане  $\varphi = 60^\circ$  и  $\varphi_1 = 30^\circ$ ; б – резец для глухих отверстий; в - резец, закрепляемый в державке (1 — резец, 2 — винт крепления резца, 3 — державка)

Резьботочение (нарезание) наружной и внутренней резьб осуществляется резьбовыми резцами, профиль которых должен соответствовать требуемому профилю резьбы (рисунок 2.13), обычно за несколько проходов. Удаление материала из резьбовой канавки может осуществляться «прямым» (продольная подача в сторону передней бабки) или «обратным ходом» с подачей в обратном направлении (рисунок 2.14).

Винтовые канавки многозаходных резьб обрабатывают по очереди так же, как и однозаходных. После прорезания одного захода необходимо либо сместить резец на шаг резьбы при помощи лимба верхних салазок суппорта, либо при помощи делительного патрона путем поворота заготовку на  $180^\circ$ , если резьба двухзаходная, на  $120^\circ$ , если резьба трехзаходная, или на  $90^\circ$ , если резьба четырехзаходная. Так как угол подъема многозаходной резьбы большой, то для предварительной прорезки переднюю грань резца поворачивают так, чтобы она была перпендикулярна к направлению витка (рисунок. Это легко осуществляется при помощи специальной державки, показанной на рисунке 2.15).

Нарезание резьбы с самоподачей инструмента осуществляется плашками (наружной) и метчиками (внутренней). Особенностью такого процесса является то, что принудительная осевая подача инструмента необходима только в на-

чальный период обработки, пока инструмент не сформировал несколько (1-3) первых витков резьбы. И метчик и плашка имеют заборную часть с формирующими элементами, которые вступают в работу постепенно по мере осевого перемещения инструмента (рисунок 2.16).

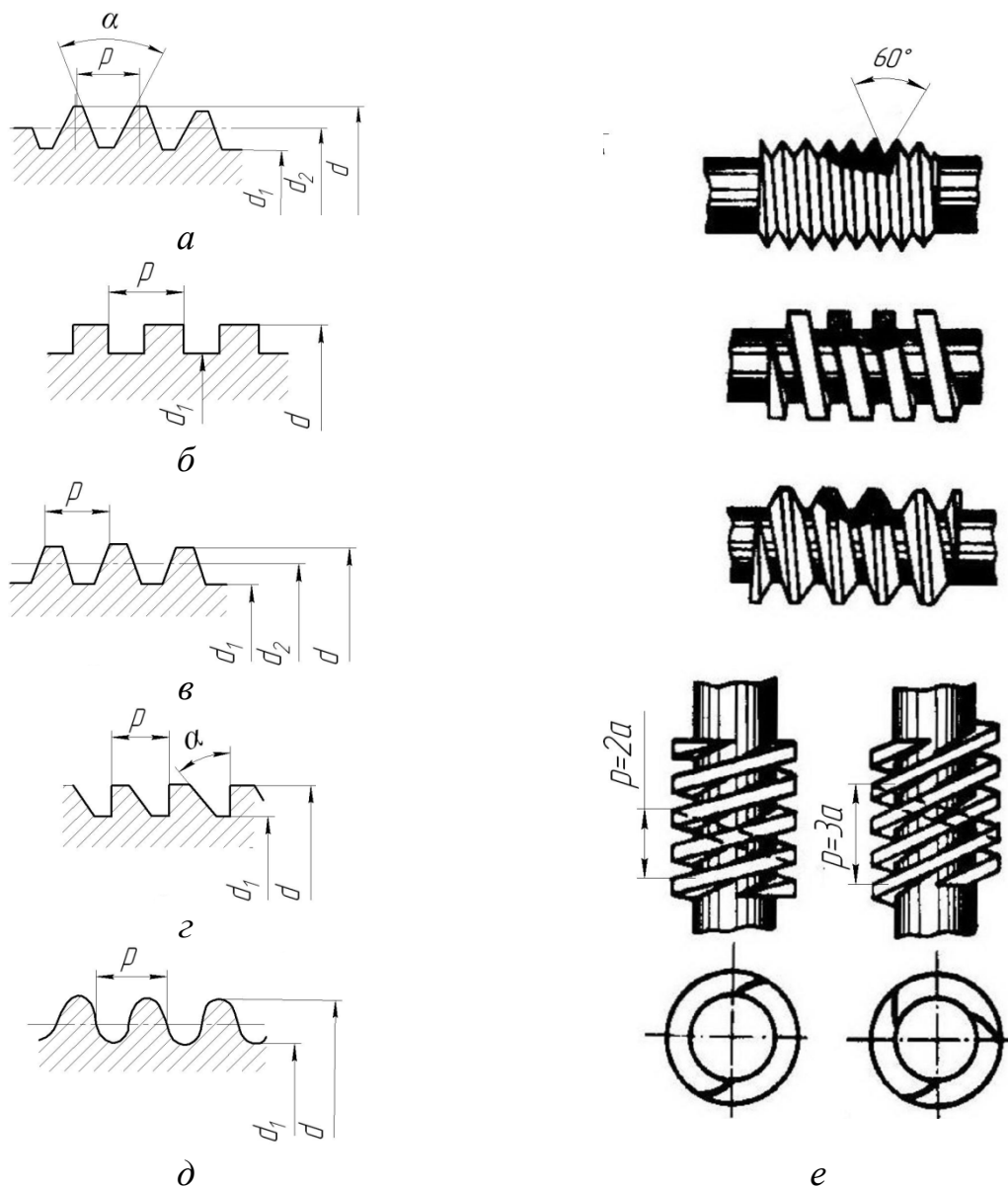


Рисунок 2.13 — Варианты профиля резьб  
 а — остроугольная; б — прямоугольная;  
 в — трапециевидальная; г — упорная; д — круглая;  
 е — двух и трехзаходная

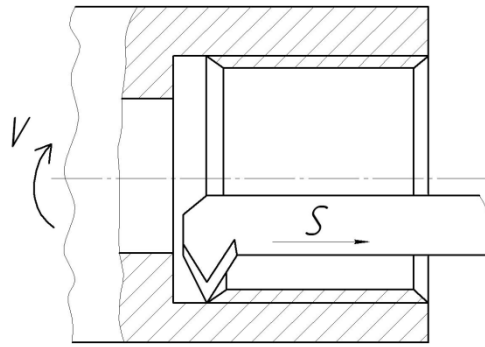


Рисунок 2.14 — Схема нарезания внутренней резьбы «обратным ходом»

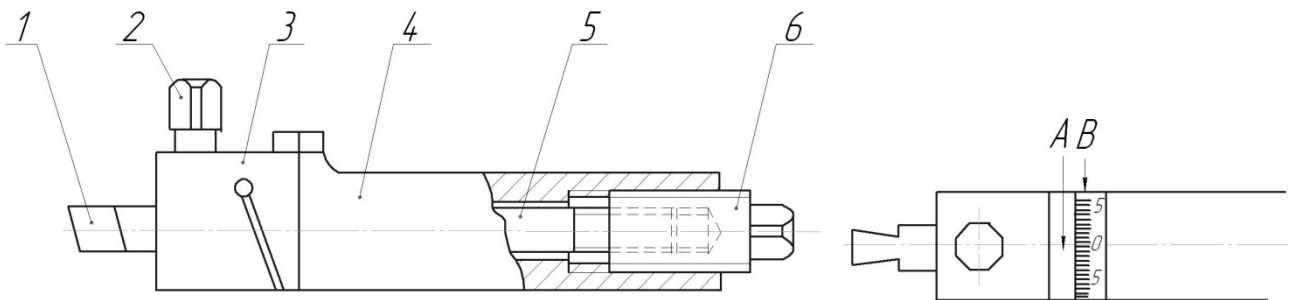


Рисунок 2.15 — Державка с поворотной головкой для резьбового резца: 1 - резец; 2 - крепежный винт; 3 - поворотная головка; 4 - корпус; 5 - затяжной шток; 6 - гайка - винт; А - риска на головке; В - шкала на корпусе

Когда заборная часть инструмента создает в заготовке первые винтовые канавки (хотя и неполного профиля), образуется винтовая пара, которая в дальнейшем, при наличии вращательного движения, обеспечивает подачу самозатягиванием. При этом резьбообрабатывающий инструмент устанавливают в пинноли задней бабки при помощи выдвигной державки, допускающей осевое движение инструмента при неподвижной задней бабке. Для примера на рисунке 2.16 показана схема нарезания резьбы в заготовке 1 метчиком 2.

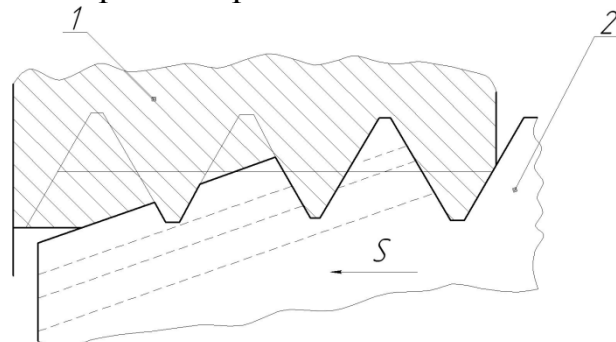


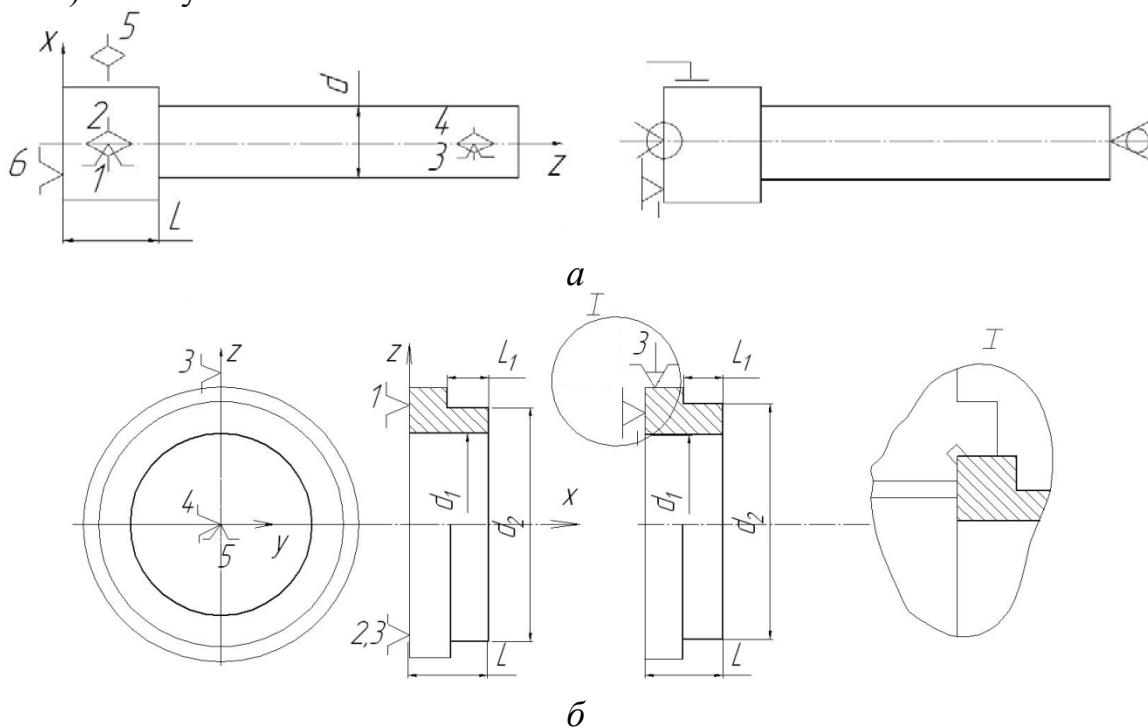
Рисунок 2.16 — Схема нарезания резьбы метчиком (подача  $S = p$ , здесь  $p$  - шаг резьбы)

#### 2.4. Схемы базирования, установки и обработки и приспособления для их реализации

Схемой базирования является эскиз заготовки в состоянии после выполнения заданной операции, на котором выделены обработанные поверхности, представлены их технологические размеры и условными значками отмечены точки сопряжения технологических баз заготовки с плоскостями (осями) собственной (базовой) системы координат. Технологическими базами заготовок, которые обрабатываются на токарном станке, чаще всего бывают оси цилиндрических и конических поверхностей, плоскости (торец, плоскость симметрии, плоскость). Сочетание технологических баз, обеспечивающих полную определенность положения заготовки относительно собственной системы координат, называется комплектом технологических баз, который должен накладывать на заготовку шесть связей.

Схема установки является совмещением схем базирования и закрепления и на ней вместо точек сопряжения условными знаками (таблицы 1.1, 1.2, 1.3) указываются установочные и установочно-зажимные компоненты приспособления, а также зажимы в соответствующих направлениях и точках приложения сил закрепления. На совмещенных схемах обработки допускается вместо условных обозначений изображать установочные, зажимные и установочно-зажимные элементы непосредственно приспособлений.

В дополнение к схемам таблицы 1.4 на рисунке 2.17 показаны примеры схем базирования и соответствующих им схем установки. Комплект технологических баз, показанный на рисунке 2.17, а, состоит из оси заготовки — двойной направляющей (1,2,3,4) и двух опорных (5 и 6) баз — торца и плоскости симметрии, проходящей через ось заготовки. Эта схема базирования может быть реализована установкой заготовки на плавающий (передняя бабка) и вращающийся (задняя бабка) центры, посредством последнего заготовка подается до жесткого осевого упора. Вращение заготовки передается поводковым патроном (шайбой) и хомутиком.





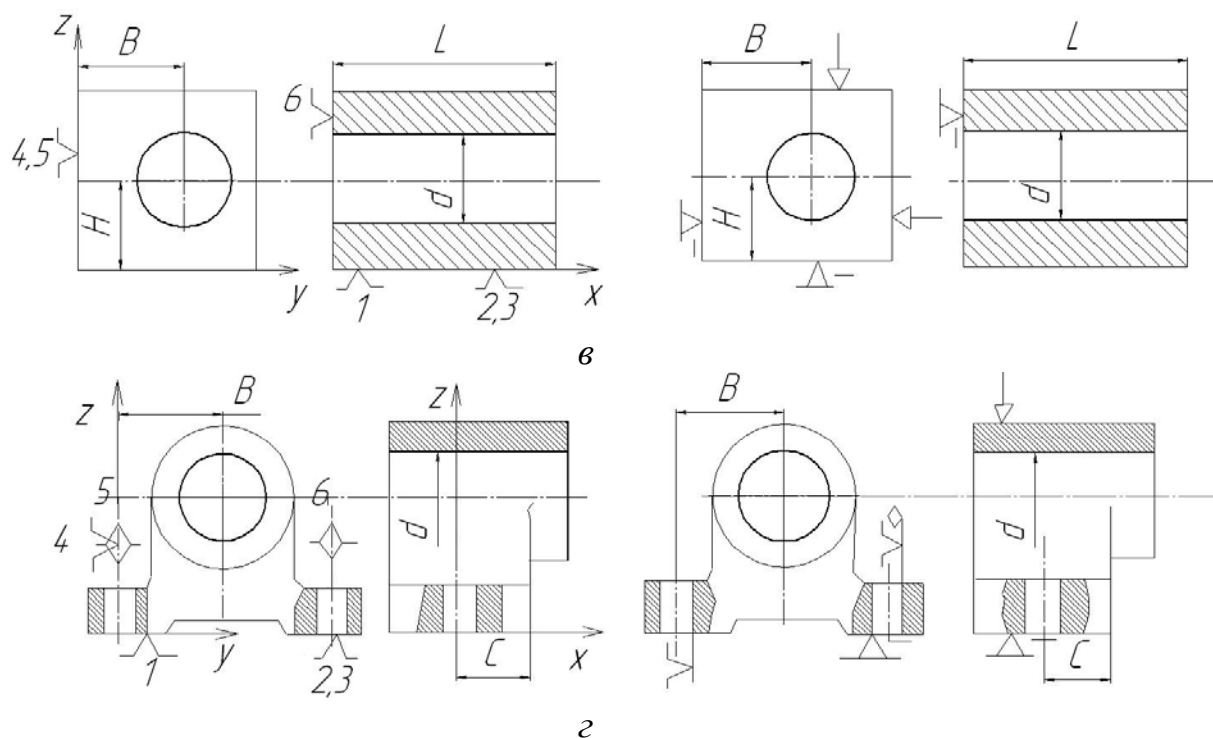


Рисунок 2.17 — Примеры схем базирования и соответствующих им схем установки

Комплект технологических баз, показанный на рисунках 2.17, б состоит из установочной (1,2,3), двойной опорной (4,5) и опорной (6) баз. Для подрезания торца и обтачивания уступа на детали типа диск, заготовка устанавливается в трехкулачковый самоцентрирующий патрон с опорой торцом в выточки кулачков.

Комплект технологических баз, показанный на рисунке 2.17, в состоит из установочной (1,2,3), направляющей (4,5) и опорной (6) баз. Схема может быть реализована при установке заготовки. Комплект технологических баз при обработке небольшой корпусной детали (рисунок 2.17, г) в виде кронштейна реализуется при установке заготовки на плоские опоры и два пальца (цилиндрический и ромбический). Сила зажима прижимает заготовку к опорам. Такое специальное приспособление с угольником, на котором нижней плоскостью устанавливается обрабатываемый по отверстию кронштейн, можно смонтировать из стандартных элементов, например, УСП на планшайбе шпинделя станка.

На рисунке 2.18 представлены примеры комбинированных схем обработки с указанием реальных установочно-зажимных элементов приспособлений (кулачков патронов, центров, поводковых устройств). За счет главного движения станка реализуются частота  $n$  вращения заготовки и скорость  $v_{\text{об}}$  обработки, за счет основных движений подач обеспечиваются продольная  $S_{\text{пр}}$ , поперечная  $S_{\text{п}}$ , осевая  $S_{\text{о}}$  и наклонная  $S_{\text{н}}$  подачи. Путем установочных фиксированных перемещений и настройки параметров движений обеспечиваются глубина резания  $t = a$ , шаг резьбы  $p$ , углы конусных поверхностей; выбором инструмента достигаются диаметры отверстий при сверлении и рассверливании, ширина прорезае-

мых канавок, углы фасок и т.д. Разновидности резцов представлены на рисунке 2.19.

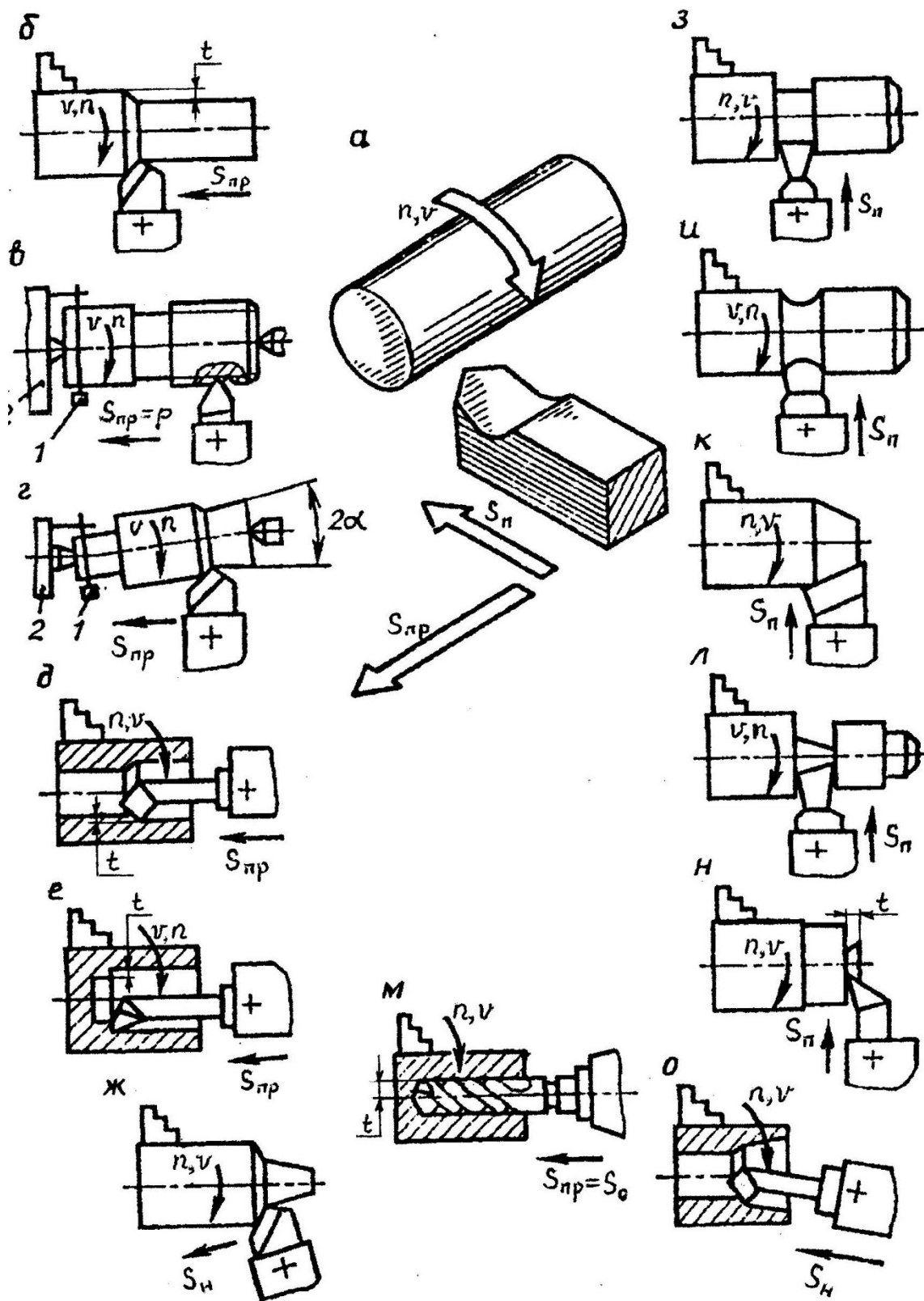


Рисунок 2.18 – Совмещенные с установкой схемы обработки заготовок на токарных станках: а – положение заготовки и инструмента и параметры режима обработки; б – обработка наружной цилиндрической поверхности за-

готовки, установленной в трехкулачковом патроне, проходным резцом; в, г – нарезание наружной резьбы и обработка наружной конусной поверхности с поперечным смещением задней бабки при установке заготовок в центрах с использованием поводковой планшайбы (1 – поводок, 2 – планшайба или патрон); д, е – растачивание внутренней цилиндрических поверхностей сквозного проходным резцом и глухого – упорным резцом; ж, о – обработка наружного и внутреннего конусов с наклонной ручной подачей резцов при повороте верхних поворотных салазков; з, и – нарезание кольцевых канавок прорезным и фасонным резцами; к – обработка наружной конической поверхности – фаски широким резцом; л – отрезание детали от пруткового материала отрезным резцом; м – сверление отверстия в цельном материале спиральным сверлом с глубиной резания  $t$ ; н – подрезание торца заготовки подрезным резцом.

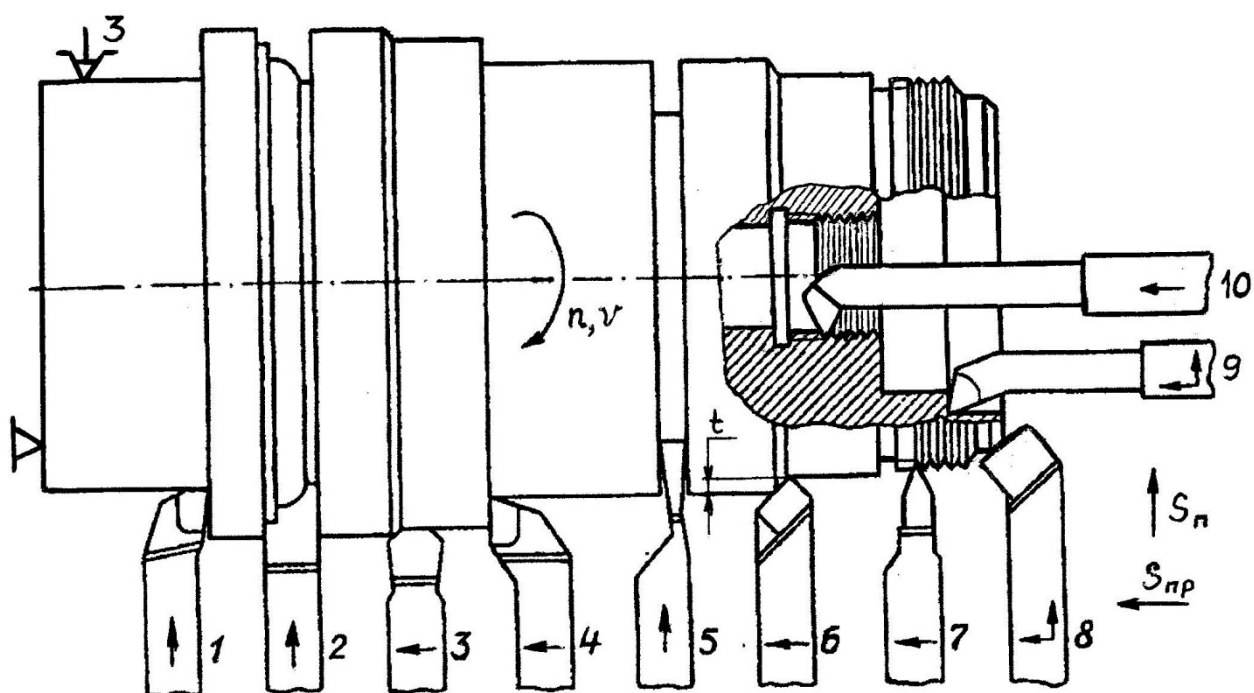


Рисунок 2.19 – Основные типы токарных резцов и их относительные движения (подачи) при обработке различных поверхностей на заготовке, установленной в трехкулачковом патроне: 1 – подрезной левый; 2 – фасонный; 3 – проходной широкий для чистовой обработки правый; 4 – проходной упорный правый; 5 – прорезной (отрезной); 6, 8 – проходные упорные (фасочные) правые; 7, 10 – резьбовые для нарезания наружной и внутренней резьб; 9 – расточной; по форме режущей части – 1, 4, 8, 9, 10 – отогнутые; 3, 6 – прямые; 5, 7 – оттянутые; 1, 4, 8, 9, 10 – изогнутые.

Пример оформления комбинированной схемы обработки правым отогнутым резцом, оснащенный пластиной твердого сплава, с изображением реальных установочных элементов и поводкового устройства показан на рис 2.20.

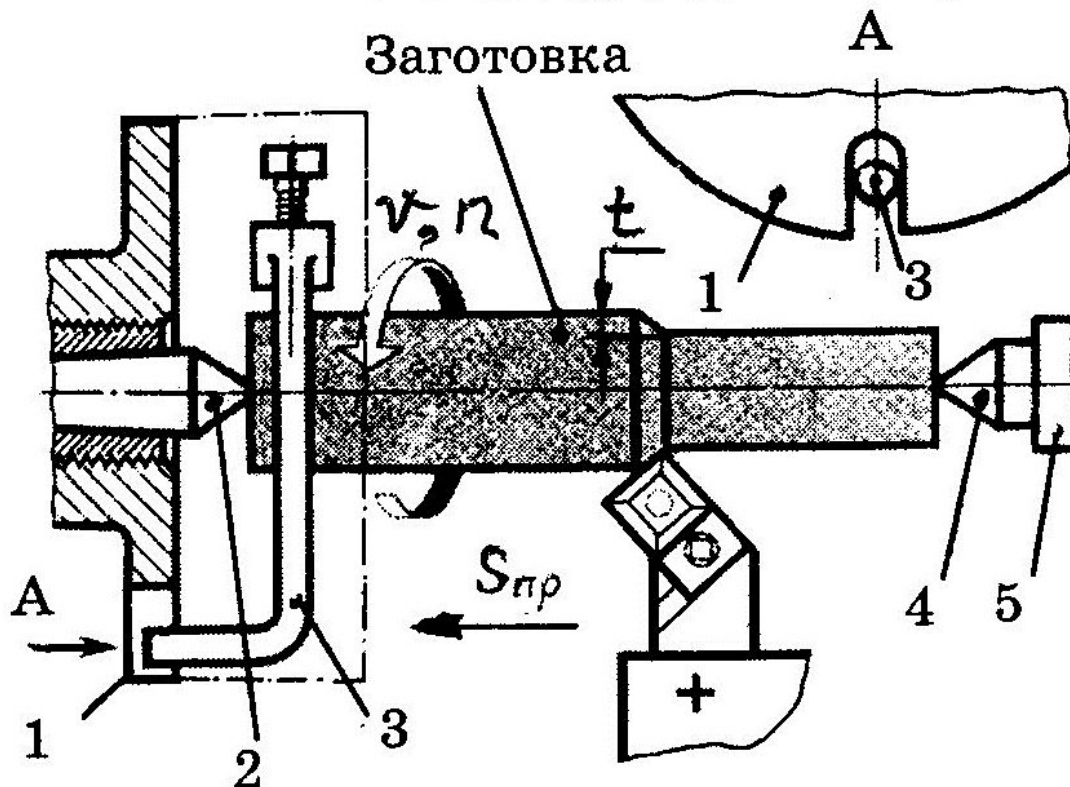


Рисунок 2.20 – Обтачивание заготовки, установленной в центрах: 1 – планшайба (патрон с кожухом, указанным штрихпунктирной линией); 2 – центр передней бабки; 3 – поводок (хомутик); 4 – собственно центр задней бабки; 5 – корпус вращающегося центра; параметры режима –  $v$ ,  $n$ ,  $S_{пр}$ ,  $t$  соответственно скорость обработки, частота вращения заготовки, продольная подача, глубина резания.

Для установки заготовки с использованием в качестве реальной технологической базы наружной цилиндрической или шестигранной поверхности обычно используется трехкулачковый самоцентрирующийся патрон (рисунок 2.21). 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 (рисунок 2.22) с независимым перемещением кулачков применяют преимущественно для закрепления заготовок с технологической базой некруглой формы (квадрат, прямоугольник и т.д.). Кулачки могут быть повернуты на  $180^\circ$  для установки заготовок по внутренним цилиндрическим поверхностям.

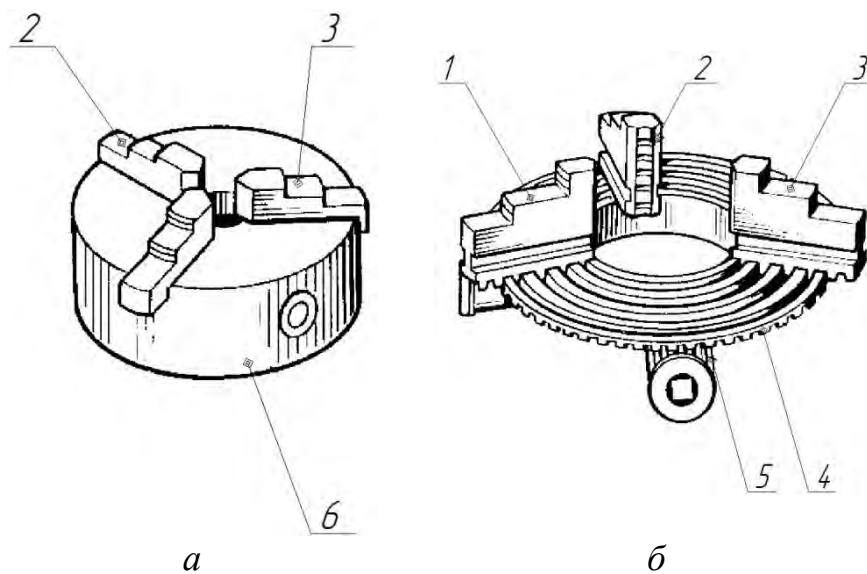


Рисунок 2.21 — Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон: 1, 2, 3, - установочно-зажимные элементы – кулачки; 4 – коническая шестерня со спиралью; 5 - приводное зубчатое колесо; 6 - корпус

При токарной обработке валов в качестве реальных технологических баз используются центровые отверстия (рисунок 2.23).

В шпинделе передней бабки устанавливают неподвижный или плавающий центр (рисунок 2.24, а, б). При обтачивании наружной конической поверхности в шпинделе передней бабки и пиноли задней бабки устанавливаются центры со сферической рабочей частью (рисунок 2.24, в). Если необходимо подрезать торец заготовки, в пиноль задней бабки устанавливают полуцентр (рисунок 2.24, г). При обычном обтачивании в пиноль задней бабки устанавливают вращающийся центр, исключая трение в центровом гнезде (рисунок 2.25).

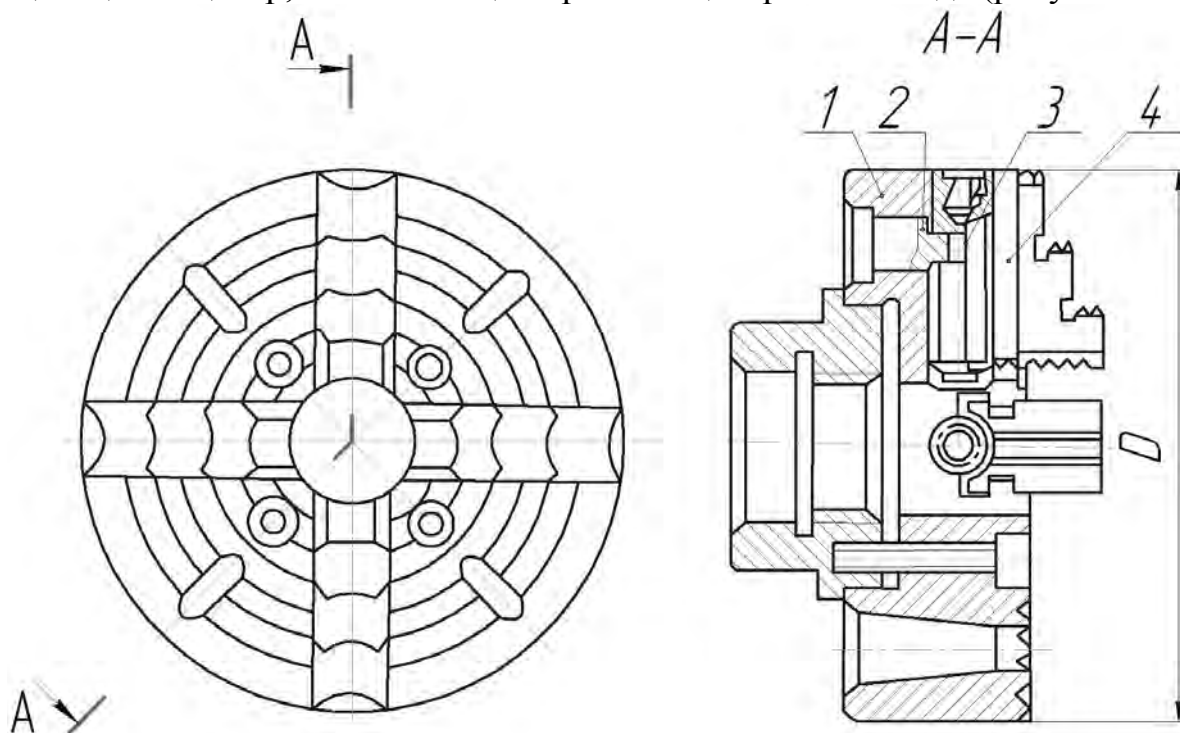


Рисунок 2.22 — Четырехкулачковый патрон с независимым креплением кулачков: 1 -

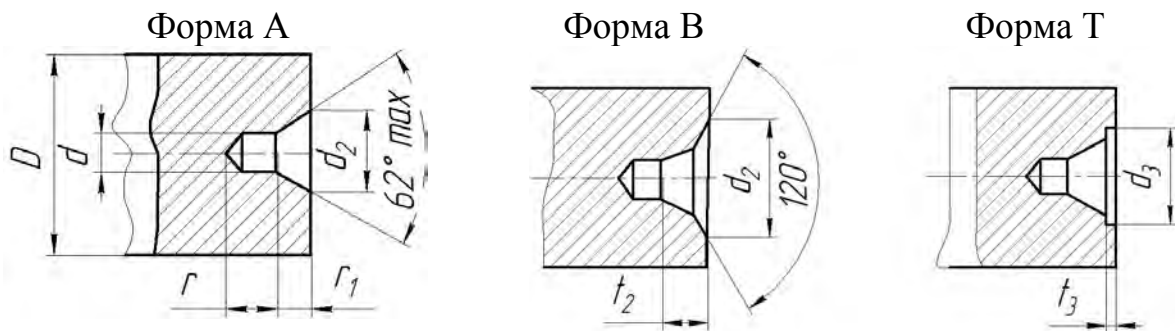


Рисунок 2.23 — Формы центровых отверстий (гнезд)

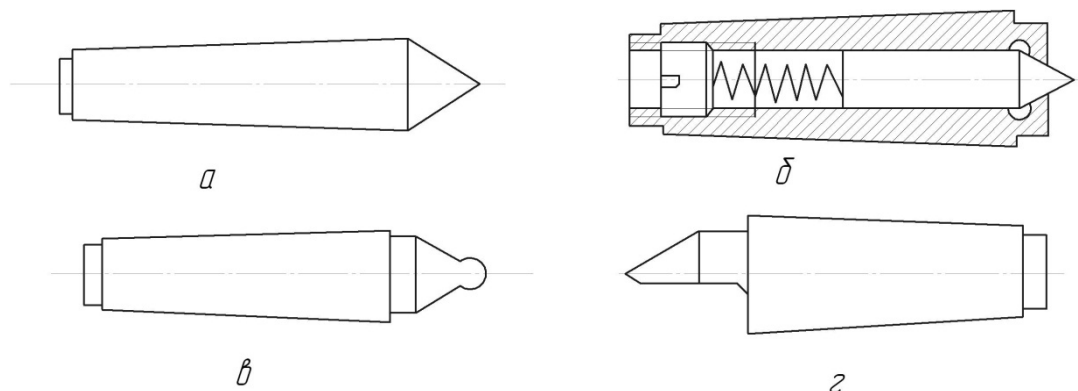


Рисунок 2.24 – Схемы центров: а – неподвижный (жесткий); б – плавающий (подпружиненный) с опорной торцевой поверхностью корпуса для осевого базирования устанавливаемой в центрах заготовки; в – неподвижный со сферическим наконечником для установки заготовок в центрах с поворотом за счет поперечного перемещения задней бабки; г – полуцентр (срезанный центр), устанавливаемый в пиноль задней бабки для обеспечения обработки торца заготовки со стороны центрового гнезда

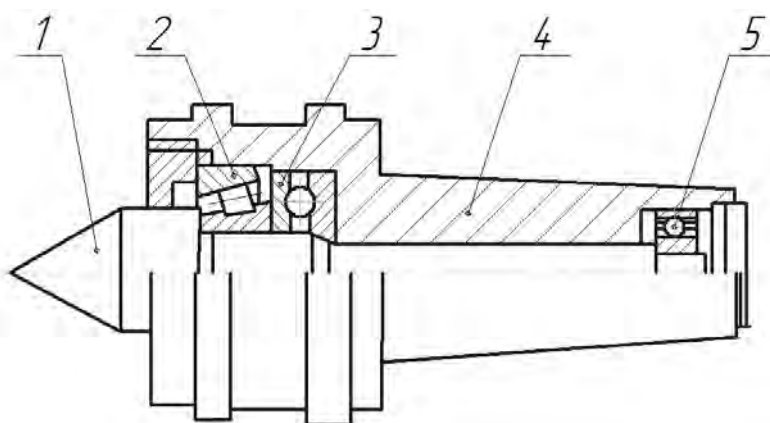
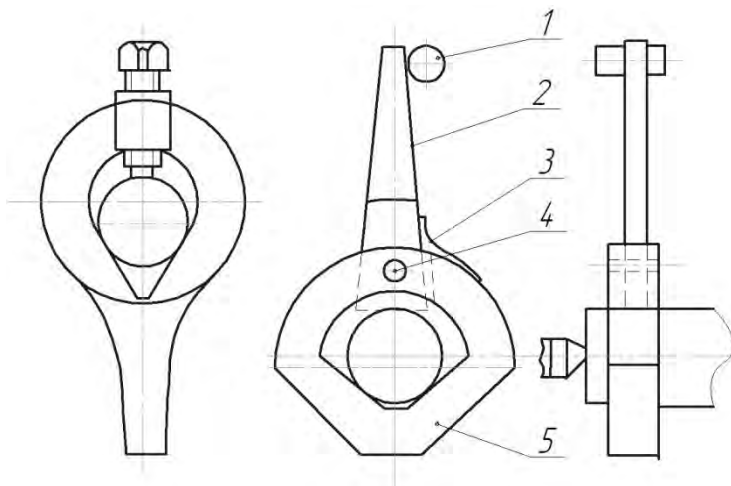


Рисунок 2.25 — Вращающийся центр, устанавливаемый в пиноль задней бабки, : 1 – собственно центр; 2 – упорно-радиальный конический роликоподшипник; 3 – упорный шарикоподшипник; 4 – корпус; 5 – радиальный шарикоподшипник



а б

Рисунок 2.26 — Токарные хомутики(поводки): а — обычный, б — самозатягивающийся

Передача крутящего момента от шпинделя к установленной в центрах заготовке может осуществляться пальцем поводковой планшайбы (патрона), закрепленной на шпинделе, через поводок (хомутик), который закрепляется на заготовке (рисунок 2.26). Передача крутящего момента заготовке может также осуществляться поводковым патроном (рисунок 2.27), зубцы которого внедряются в торец заготовки действием осевой силы, создаваемой задней бабкой.

Для повышения жесткости заготовку вала устанавливают в трехкулачковом патроне и центре задней бабки или при обтачивании длинной цилиндрической поверхности используют подвижный люнет, который закрепляется на продольных салазках суппорта (рисунок 2.28). Опорные кулачки люнета сдвинуты по отношению к резцу в сторону задней бабки на 20...30мм.

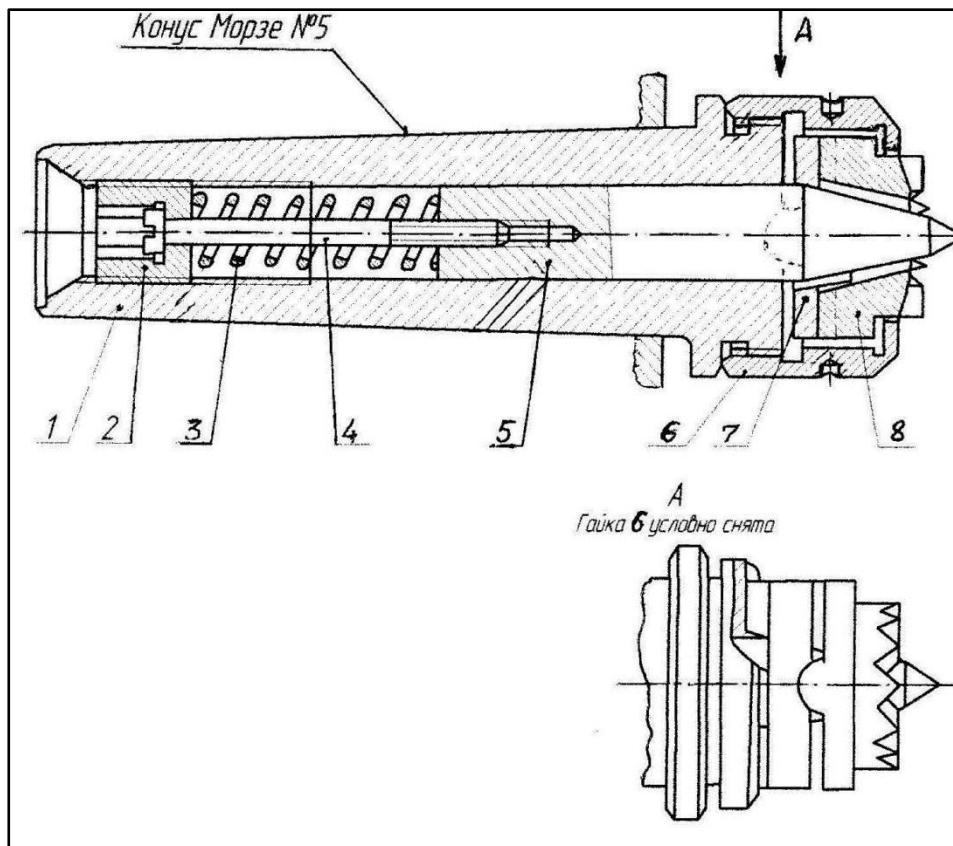


Рисунок 2.27 — Плавающий передний центр с шарнирным поводковым устройством: 1 — корпус; 2 — гайка установочная; 3 — пружина; 4 — винт; 5 — собственно центр; 6 — гайка; 7 — шайба; 8 — поводок торцовый

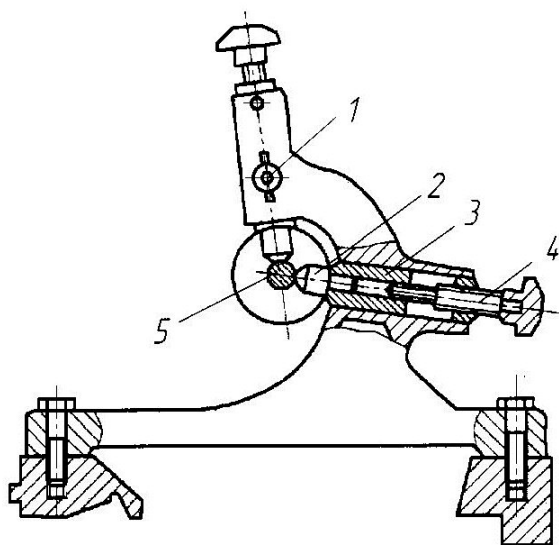


Рис. 2.28 — Подвижный люнет: 1 — стопор; 2 — кулачок; 3 — держатель кулачка; 4 — винт регулировочный; 5 — заготовка

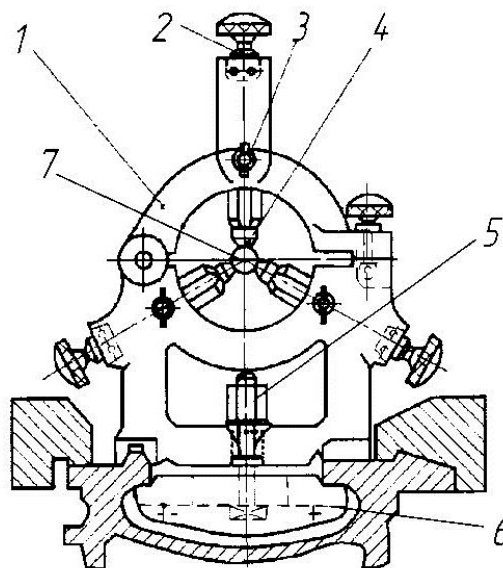


Рисунок 2.29 — Неподвижный люнет: 1 — откидная часть (крышка); 2 — винт; 3 — стопор; 4 — кулачок; 5 — гайка зажима башмака; 6 — башмак; 7 — заготовка

Если на длинном валу или втулке, наружный диаметр которых не позволяет их разместить внутри шпинделя, необходимо обработать отверстие, то заготовку устанавливают в трехкулачковый патрон и неподвижный люнет (рисунок 2.29), закрепляемый на направляющих станины.

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, или центровыми, когда они с закрепленной на них заготовкой устанавливаются в центрах. Цилиндрические оправки для установки заготовок с зазором (рисунок 2.30) конструктивно простые, позволяют вести многоместную обработку, но не обеспечивают точного центрирования. Цилиндрические прессовые оправки (рисунок 2.31) применяются 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.



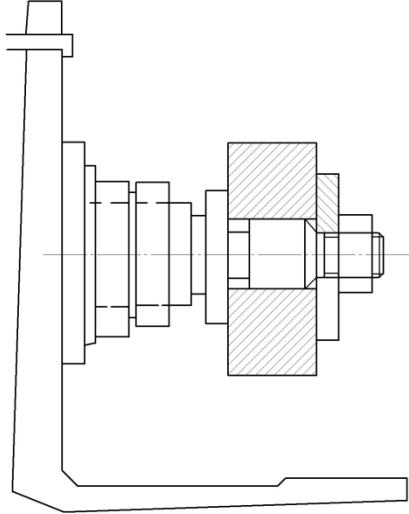


Рисунок 2.30 — Консольная оправка для установки заготовки по отверстию с зазором

Наряду с жесткими применяют разжимные оправки: цанговые; кулачковые; с тарельчатыми пружинами; с гофрированными центрирующими втулками; с упругой гильзой, которая разжимается изнутри гидропластом; самозажимные роликовые. Кулачковая центровая и консольная цанговая оправки показаны на рис. 2.32. Силу закрепления на этих оправках обеспечивает давление центра задней бабки.

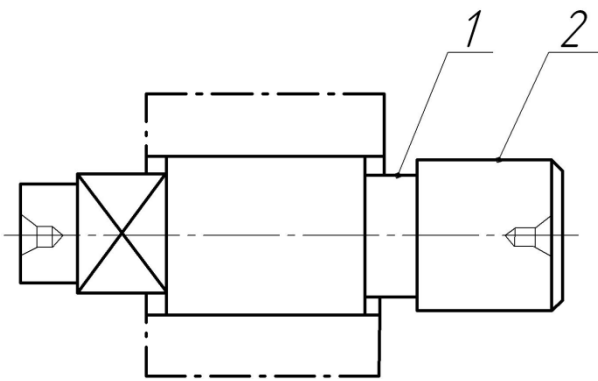


Рисунок 2.31 — Схема цилиндрической прессовой оправки

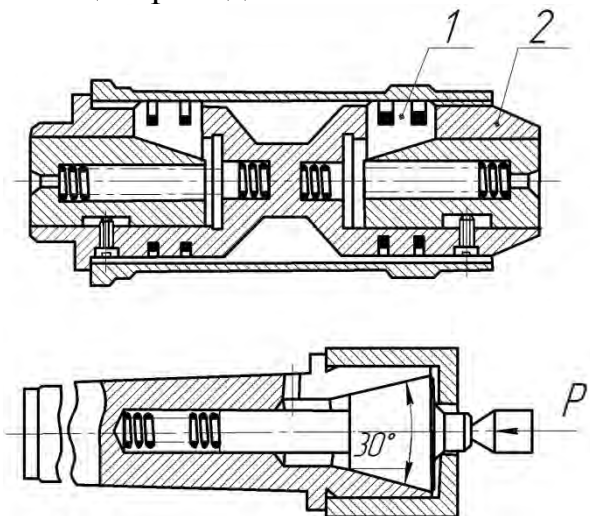
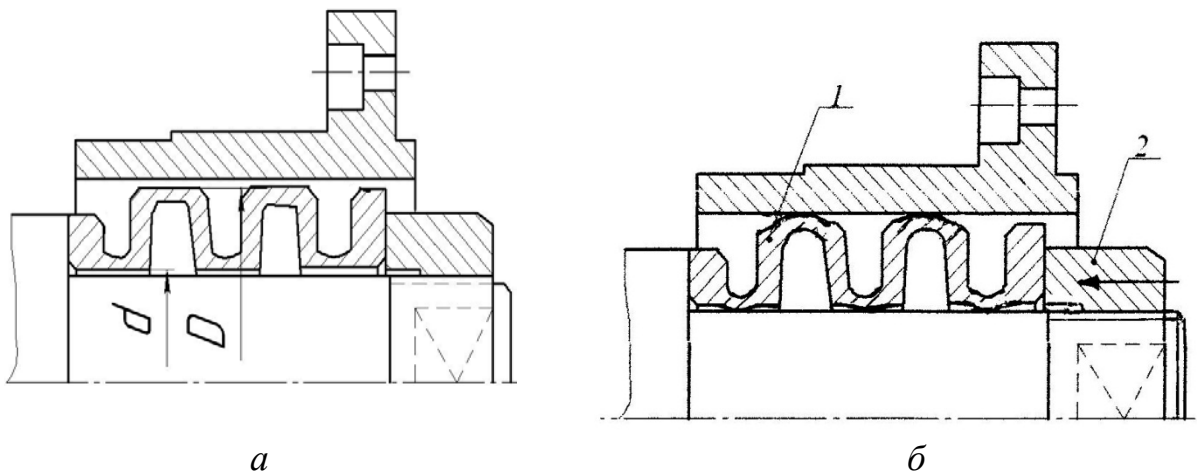


Рисунок 2.32 - Кулачковая центровая и консольная цанговая оправки

Схема оправки с гофрированной центрирующей втулкой показана на рисунке 2.33. При сжатии такой втулки 1 в осевом направлении гайкой 2 происходит увеличение наружного и уменьшение внутреннего диаметров ее поясков. При этом заготовка свободно надевается на оправку со втулкой в свободном состоянии (а), а затем базируется и зажимается за счет сжатия втулки и исключения зазоров между ней, корпусом оправки и заготовкой (б). Такая установка заготовки по отверстию считается прецизионной.

Для обработки эксцентрических поверхностей с установкой заготовок по отверстиям или наружным цилиндрическим поверхностям используется эксцентрические оправки с двойной зацентровкой и смещением осей конуса оправки и шейки установочного элемента (рисунок 2.34), четырехкулачковые



*а* *б*  
 Рисунок 2.33 — Схема оправки с гофрированной центрирующей втулкой

патроны (рисунок 2.35, а) и трехкулачковые патроны с мерной пластиной (рисунок 2.35, б). При этом толщина мерной пластины в (рисунок 2.56, б) определяется из выражения

$$e = 1,5e[1 + e/(2D)],$$

где  $D$  – диаметр технологической базы,  $e$  – эксцентриситет.

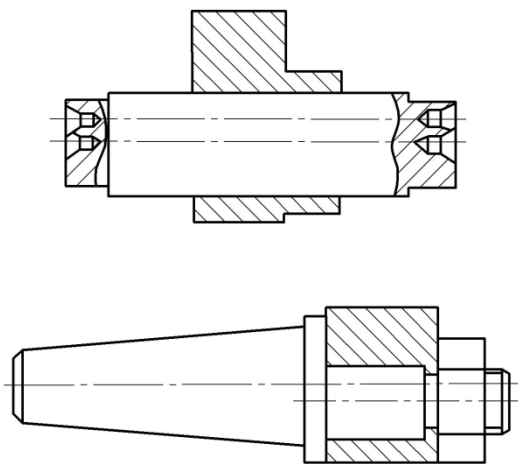
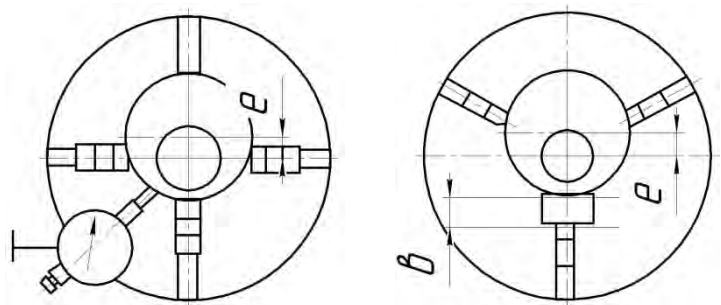


Рисунок 2.34 —  
 Эксцентрические оправки



*а* *б*  
 Рисунок 2.36 — Установка эксцентрических оправок

## 2.5. Методика назначения параметров режима резания и контроль качества обработки

Типовые режимы точения стали твердосплавными резцами марки Т15К6 приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Типовые режимы точения стали

Вид обработки	Параметры режима	Способ обработки		
		Продольное обтачивание	Продольное растачивание	Поперечное точение
1	2	3	4	5
Предварительная	t, мм	3-5	2-4	-
	S, мм/об	0,3-1,2	0,15-0,8	0,05-0,1
	v, м/мин	100-140	100-140	100-140
Однократная	t	3-5	2-4	-
	S	0,2-0,6	0,1-0,4	0,03-0,08
	v	100-140	100-140	100-140
Чистовая R <sub>a</sub> = 6,3	t	0,5-1	0,3-0,8	
	S	0,25-0,4	0,15-0,25	
Ra = 2,5	t	0,1-0,3	0,1-0,25	
	S	0,1-0,2	0,08-0,15	
	v	150-200	150-200	
Тонкая	t	0,03-0,1	0,03-0,05	
	S	0,08-0,12	0,08-0,12	
	v	150-250	150-250	

Примечание: *t* – глубина резания; *S* – продольная или поперечная подачи; *v* – скорость резания.

Скорость резания при обработке сплавом ВК8 чугуна принимается примерно в 1,7-2 раза меньшей. При подрезании торцов скорость резания принимается на 20% выше, чем при обтачивании. При отрезании детали поперечная подача выбирается в пределах  $S = 0,05-0,3$  мм/об. Скорость резания при обработке резанием резцами из быстрорежущей стали Р6М5 выбирается в пределах 25-30 м/мин (для отрезных резцов) и 40-50 м/мин (для фасонных резцов).

Типовые режимы при сверлении, зенкерования и развертывании стали приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Типовые режимы при сверлении, зенкерования и развертывании стали

Способ обработки	Материал режущей части	Параметры		
		t, мм	S, мм/об	v, м/мин
Сверление спиральными сверлами	Сталь Р6М5	0,5d	(0,015...0,03)d	30...35
	Тв.спл.Т15К6	0,5d	(0,05...0,08)d	45...80

Зенкерование	Сталь Р6М5	1...3	(0,03...0,06)d	25...30
	Тв.спл.Т15К6	1...3	-//-	40...55
Развертывание	Сталь Р6М5	0,05...0,15	(0,06...0,15)d	5...10
	Тв.спл.Т15К6		(0,02...0,06)d	20...50

*Примечание d – диаметр инструмента*

При обработке сверлением заготовок из чугуна подачу увеличивают в 1,3...1,6 раза, зенкерованием – в 1,4...1,7 раза, а развертыванием – в 2,5 раза. Скорость резания при этом остается той же, что и при обработке стальных заготовок.

При нарезании резьбы резцами продольная подача равна шагу резьбы, а поперечная определяется числом проходов. Скорость резания при нарезании резьбы резцом зависит от шага резьбы, материала режущей части резца и заготовки и типа резьбы (таблица 2.6).

*Таблица 2.6 — Скорость резания при нарезании резьбы резцом*

Тип резьбы	Шаг, мм	Материал заготовки	Материал инструмента	v, м/мин
Наружная	1 ≤	Сталь	Т15К6	126
		-//-	Р6М5	4
		чугун	ВК8	42
	1,25-1,75	-//-	Р6М5	20
		Сталь	Т15К6	111
		-//-	Р6М5	21
	2-3	чугун	ВК8	47
		-//-	Р6М5	24
		Сталь	Т15К6	98
Внутренняя	1 ≤	-//-	Р6М5	14
		чугун	ВК8	51
		-//-	Р6М5	30
	1,25-1,75	Сталь	Т15К6	108
		-//-	Р6М5	21
		чугун	ВК8	32
	2-3	-//-	Р6М5	20
		Сталь	Т15К6	89
		-//-	Р6М5	18
2-3	чугун	ВК8	37	
	-//-	Р6М5	22	
	Сталь	Т15К6	77	
2-3	-//-	Р6М5	14	
	чугун	ВК8	40	
	-//-	Р6М5	26	

*Примечание. У калибрующих проходов резцами из Р6М5 скорость резания  $v = 4$  м/мин.*

Рекомендуемая скорость резания при нарезании резьбы метчиками и плашками приведена в таблице 2.7. При повышении прочности стальных заготовок и твердости чугуновых рекомендуемая скорость резания уменьшается на 20-30%.

*Таблица 2.7 — Скорость резания при нарезании резьбы метчиками и плашками*

Диаметр резьбы	$v, \text{м/мин}$ при шаге резьбы $p, \text{мм}$					
	0,75	1	1,25	1,5	2	3
3-6	9	8	-	-	-	-
8-10	12	11	11	10	-	-
12-16	16	16	15	14	12	-
18-24	28	18	16	15	13	12
27 и больше	20	20	18	16	14	13

На станке подача устанавливается ближайшая меньшая из рядов станка (таблицы 2.2 и 2.3), чем выбранная по таблицам рекомендуемых параметров режима обработки, минимальная частота вращения  $n, \text{мин}^{-1}$  вычисляется по формуле

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

где  $v$  – скорость обработки, выбранная по таблицам, м/мин;  $d$  — диаметр обрабатываемой поверхности; если поверхность конусная или фасонная, то  $d$  — максимальный диаметр, мм.

Полученная значение  $n$  сверяется с рядом частот станка (таблица 2/1) и принимается за принятую частоту вращения ближайшее меньшее значение  $n'$  и по нему по формуле

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

вычисляется фактическая скорость резания.

Показатели точности и качества поверхности зависят от вида и режима обработки и фигурируют в индивидуальных заданиях. Наиболее распространенным инструментом для измерения размеров после особенно предварительной и чистовой обработки точением (допуск размера больше 0,1 мм) является штангенциркуль типа ШЦ-1 (рисунок 2.37). Губки С и D предназначены для измерения размеров наружных, а губки А и В – внутренних поверхностей, с помощью ножки 4 измеряются уступы и углубления. В серийном производстве размеры деталей измеряют предельными скобами (наружных) и предельными калибрами (внутренних).

Глубину канавки на наружной (или торцовой) поверхности измеряют линейкой, штангенциркулем, штангенглубиномером или шаблоном (в серийном производстве) (рисунок 2.38). Проходная сторона шаблона (Б—большая) при измерении должна упираться в дно канавки, а непроходная (М—малая) — в наружную цилиндрическую поверхность (базу измерения) (рисунок 2.66). При этом глубина канавки находится в пределах допуска. Если Б не упирается в дно канавки, то глубина ее недостаточна, а если Б упирается в базу измерения, то глубина канавки больше, чем требуется. Контроль фасонных поверхностей также выполняется с помощью шаблонов.

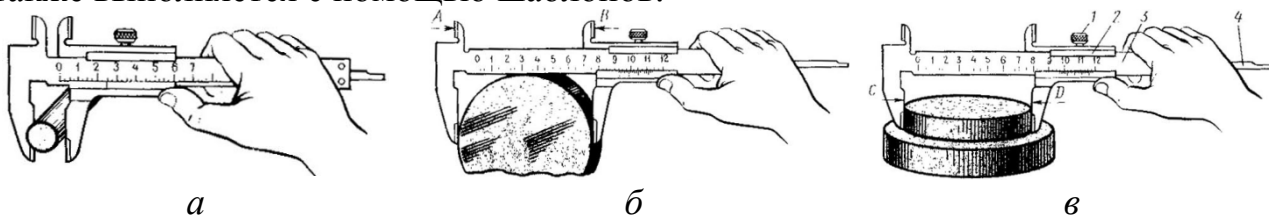


Рисунок 2.37 — Измерения штангенциркулем:  
*а* — правильное измерение небольшого диаметра; *б* — неправильное;  
*в* — правильное измерение большого диаметра

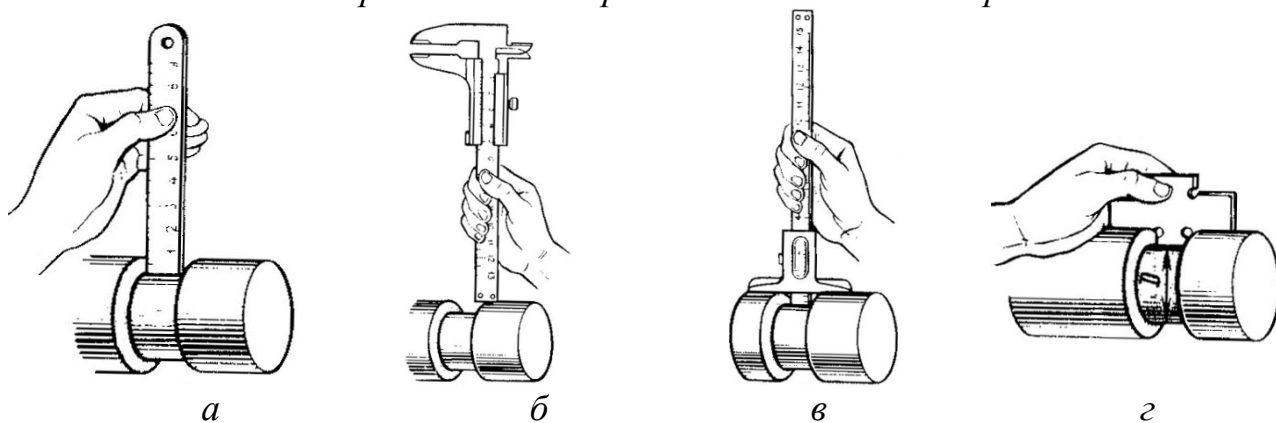


Рисунок 2.38 — Схема измерения глубины канавки: *а* — линейкой;  
*б* — штангенциркулем; *в* — штангенглубомером; *г* — шаблоном - уступомером

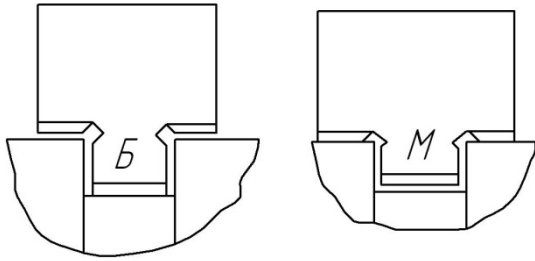


Рисунок 2.39 — Схема измерения глубины канавки на наружной (или торцевой) поверхности шаблоном

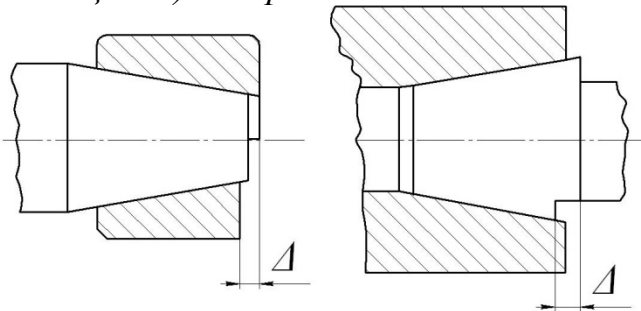


Рисунок 2.40 — Схема измерения конусности калибром-пробкой

Измерение конусности наружных конических поверхностей может выполняться шаблоном или универсальным угломером. Более точная и комплексная проверка осуществляется с помощью калибра-втулки (для наружных конусов) или калибра-пробки (для внутренних) (рисунок 2.67). При помощи таких калибров проверяется не только угол, но и диаметр.

Для контроля на наружную конусную поверхность (обработанной детали или калибра-пробки) мягким карандашом или тампоном с шпательной краской наносят полосу. Затем надевают калибр-втулку (или вводят калибр-пробку) и, слегка прижимая вдоль оси, поворачивают калибр. При правильно выполненном конусе вся полоска стирается и торец детали (измерительная

база) находится в пределах ступеньки высотой  $\Delta$ .

Комплексную проверку крепежной резьбы производят резьбовыми калибрами-пробками (внутренней) и калибрами-кольцами (наружной резьбы). Проходной калибр имеет полный профиль резьбы и является прототипом детали резьбового соединения, а непроходной контролирует только средний диаметр и имеет укороченный профиль.

Диаметр точного наружного цилиндра (после отделочных методов обработки) измеряется микрометром (если допуск больше 0,01 мм) или рычажной индикаторной скобой. Цена деления индикатора от 2 мкм до 0,01 мм. Если цена деления индикатора 2 мкм, то точность измерения 4...5 мкм.

Схема измерения диаметра точного отверстия при помощи индикаторного нутромера показана на рисунке 2.41. Прибор вводится в измеряемое отверстие корпусом 4 с измерительными наконечниками (регулируемым 5 и подвижным 1). При измерении индикаторный нутромер следует покачивать, с тем, чтобы найти наименьшее показание, соответствующее размеру отверстия.

Показатель шероховатости обработанной поверхности оценивается визуально сравнением с соответствующими эталонами.

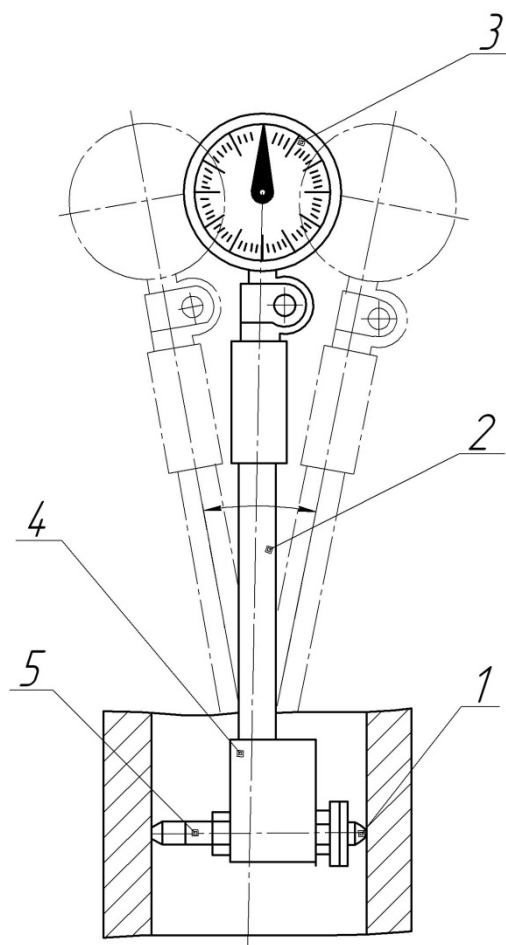


Рисунок 2.70 — Схема измерения индикаторным нутромером

## 2.6. Вопросы для самоконтроля

1. Назовите главные компоненты (узлы) токарно-винторезного станка.
2. Какие компоненты токарно-винторезного станка совершают главное движение?
3. Какие компоненты токарно-винторезного станка совершают движения подачи?
4. Как определить частоту вращения шпинделя, если заданы: скорость резания  $v=120$  м/мин, а обрабатываемый диаметр заготовки  $D_3=85$  мм?
5. Как включается и изменяется направление вращения шпинделя?
6. Какие компоненты станка совершают автоматические движения подачи?
7. Назовите группы инструментов, которые применяются на токарно-винторезном станке.
8. Как установить заготовку двустороннего ступенчатого вала для окончательной обработки?
9. Какими способами можно передать крутящий момент от шпинделя заготовке, установленной в центрах?



10. Какими способами можно установить заготовку, если технологической базой является цилиндрическое отверстие и торец заготовки?
11. Как установить заготовку вала малой жесткости?
12. Как установить заготовку кольца, если технологическими базами являются наружная поверхность и торец?
13. Как установить заготовку длинного вала, для обработки отверстия, соосного оси вала, в одном из его концов?
14. Как установить сверло, зенкер, развертку на токарно-винторезном станке?
15. Какая погрешность появляется, если ось сверла или зенкера не совпадает с осью шпинделя?
16. Как обеспечить подачу при сверлении и зенкерении отверстий на токарно-винторезном станке?
17. Как установить метчик и плашку на токарно-винторезном станке?
18. Укажите возможные варианты формообразования наружных конических поверхностей.
19. Укажите возможные варианты формообразования внутренних конических поверхностей.
20. Укажите варианты нарезания резьбы резцом.
21. Как проверить правильность обработки наружной конусной поверхности?
22. Как проверить правильность обработки внутренней конусной поверхности?
23. Как проверить точность обработки наружной крепежной резьбы?
24. Как проверить точность обработки внутренней крепежной резьбы?
25. Как проверить точность обработки внутренних цилиндрических поверхностей?
26. Как проверить точность обработки наружной фасонной поверхности?

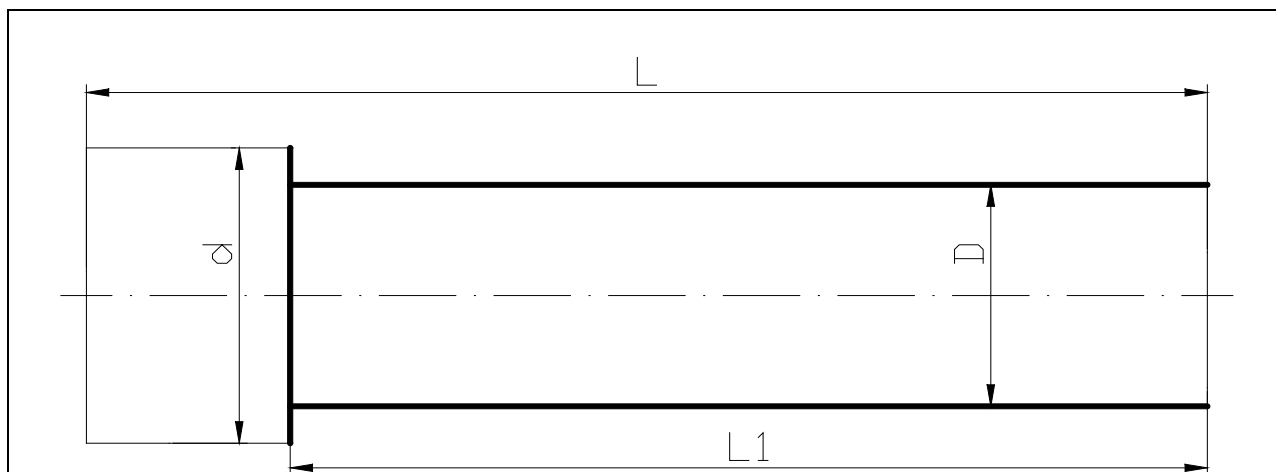
### 2.7. Задания по проектированию операций обработки на токарно-винторезном станке



Материал СЧ10

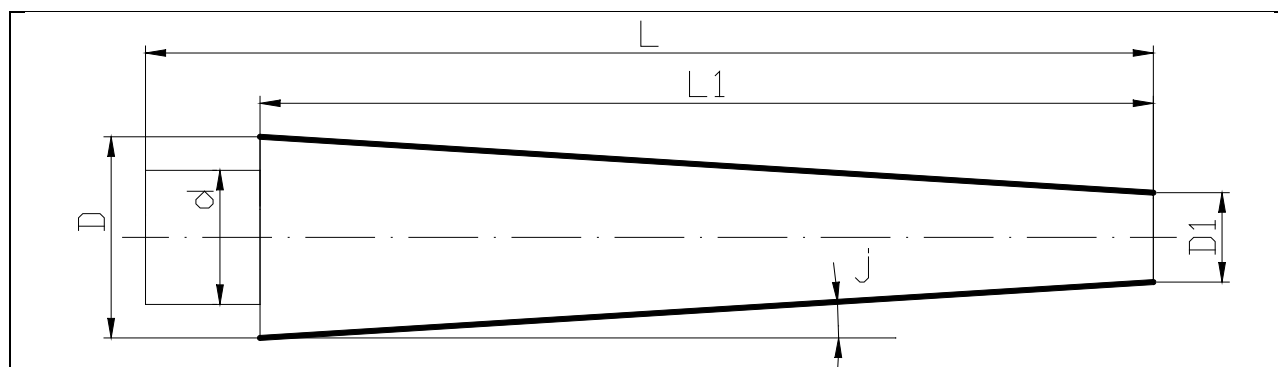
№	D	d	L	L1	Ra

1	50 h11	30	300	50	12,5
2	50 h10	20	80	20	6,3
3	100 h9	80	200	40	3,2
4	120 h9	100	900	100	1,6



Материал Сталь 45

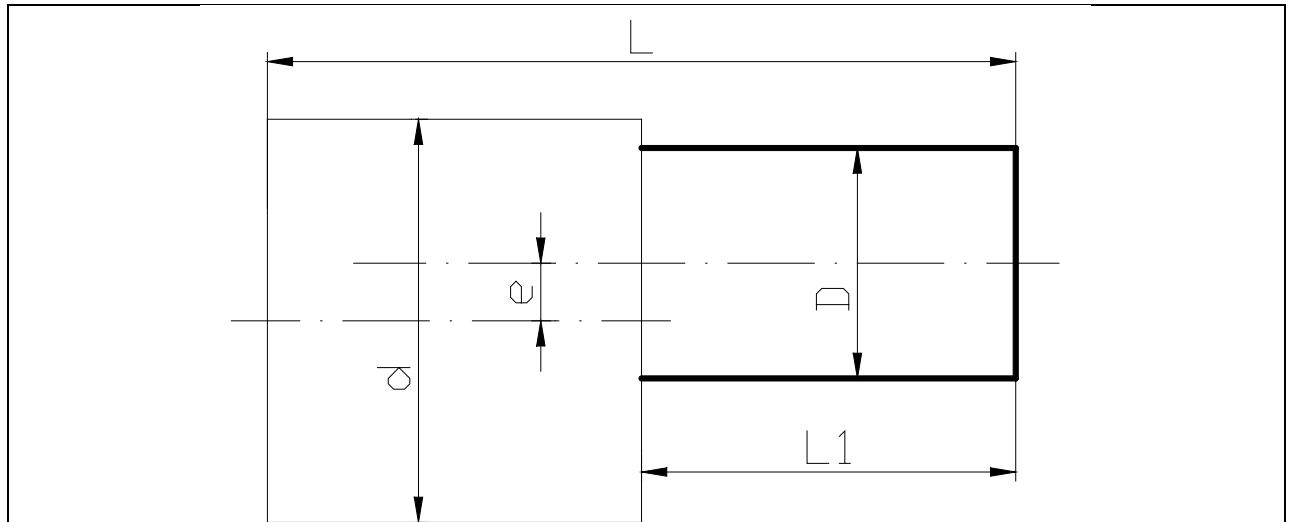
№	D	d	L	L1	Ra
5	30 h11	50	300	50 IT11	12,5
6	20 h10	50	80	20 IT10	6,3
7	80 h9	100	200	40 IT9	3,2
8	100 h8	120	900	100 IT10	1,6



Материал Сталь 45

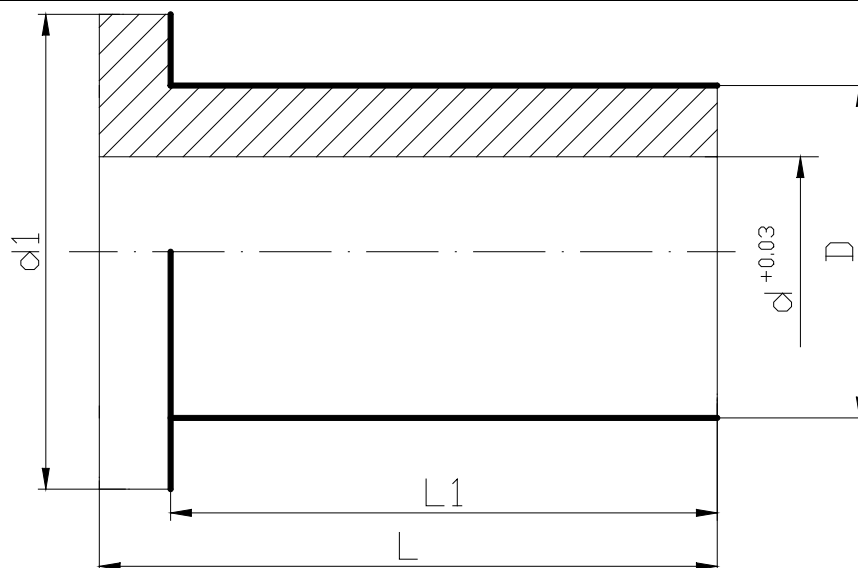
№	D	d	D1	L	L1	Ra
---	---	---	----	---	----	----

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



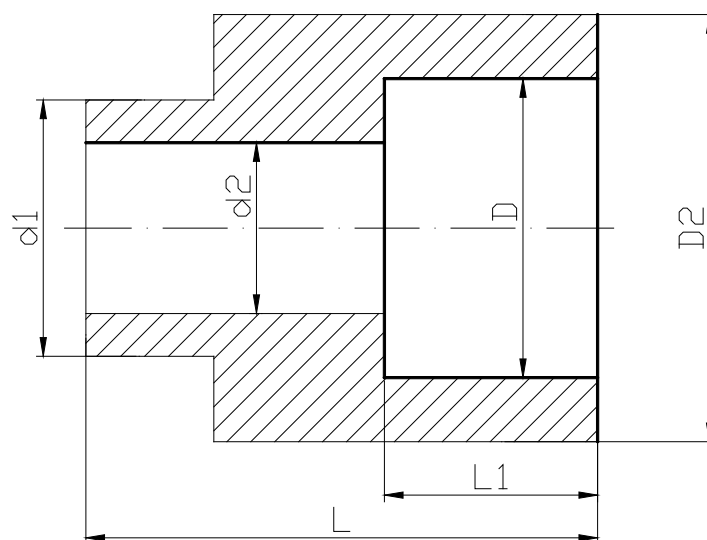
Материал Сталь 45

№	d	D	e	L	L1	Ra
13	50	30 h11	5	300	150 IT11	12,5
14	50	20 h10	10	80	40 IT10	6,3
15	100	80 hH9	5	200	100 IT10	3,2
16	120	100 h9	12	900	450 IT9	1,6



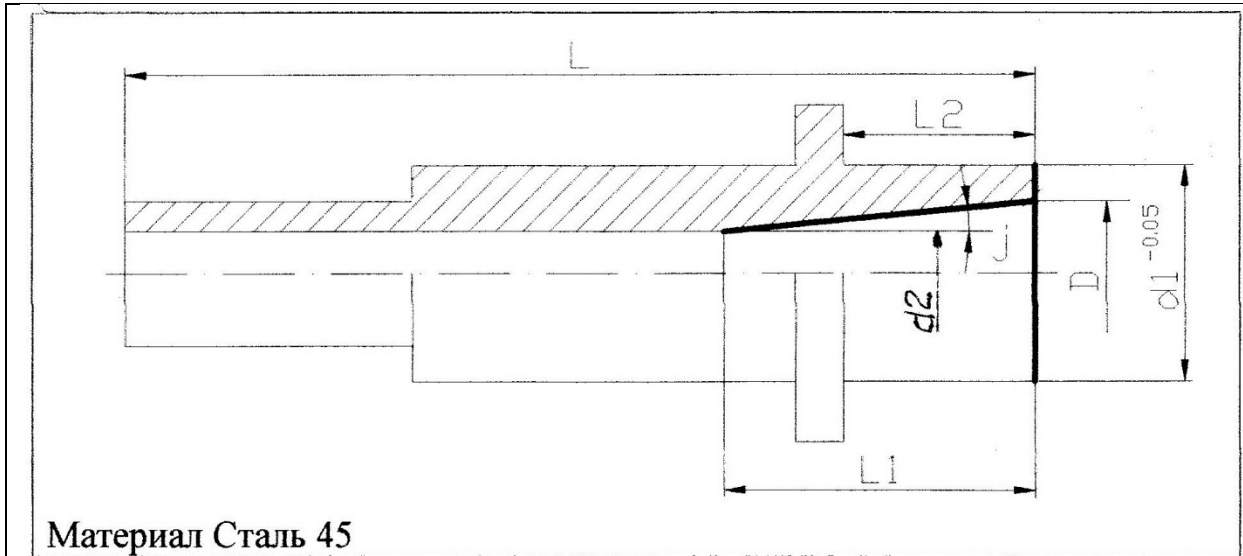
Материал Сталь 45

№	D	d	d1	L	L1	Ra
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

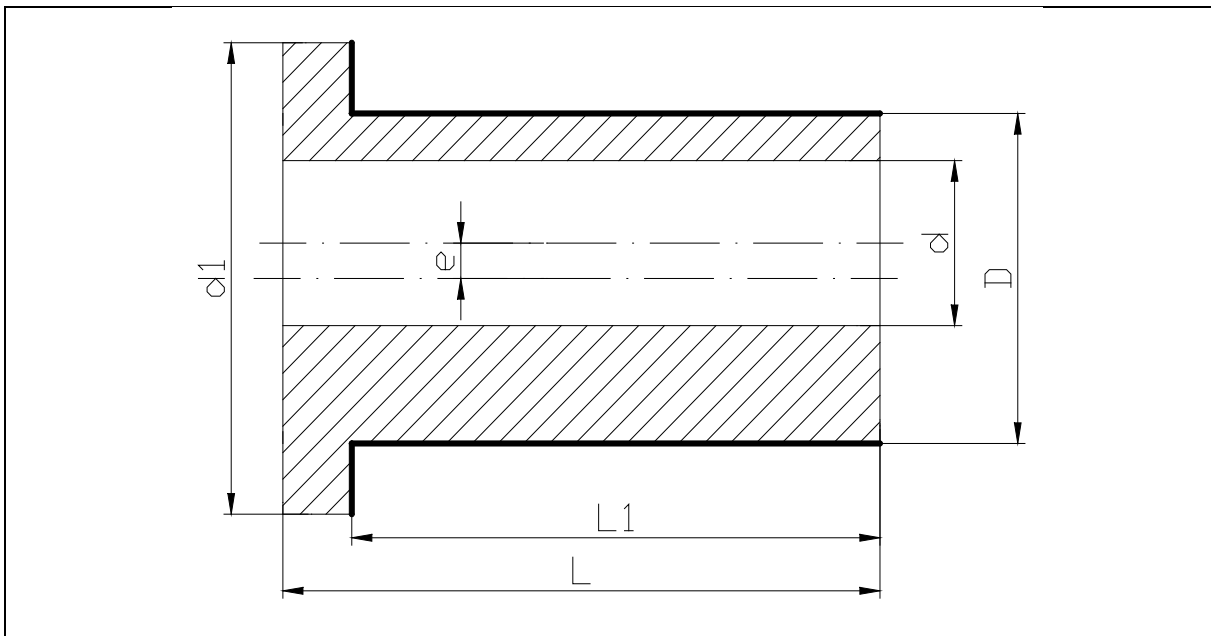


Материал СЧ10

№	d1	d2	D	D2	L	L1	Ra
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	300IT9	1,6



№	d1	d2	D	L2	L	L1	Ra
25	47	20	30 H11	30	300	50	12,5
26	50	15	20 H10	20	80	10	6,3
27	100	70	80 H9	80	200	70	3,2
28	120	80	100 H9	100	900	150	1,6



Материал Сталь 45

№	D	d	d1	e	L	L1	Ra
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
----	--------	-----	-----	---	-----	-----	-----

### 3. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

#### (работа №2)

##### 3.1. Исходные сведения

*Цель работы:* изучение широкоуниверсального фрезерного станка и его движений, способов обработки фрезерованием, оснастки (фрезерных приспособлений и инструментов); выбор приспособления, инструмента и схемы обработки заготовки по заданию № ... с определением параметров режима.

*Оборудование и принадлежности:* консольно-фрезерные станки, инструменты, приспособления, контрольные средства, чертеж заготовки.

*Порядок выполнения работы:* 1) подробное ознакомление с заготовкой по заданию, выбор способа обработки, инструмента и приспособлений для установки инструмента и заготовки; 2) изучение станка и описание его возможностей, движений и технической характеристики с изображением схемы; 3) изучение и описание сущности и процессов токарной обработки с обоснованием способа обработки заданной заготовки; 4) изучение и описание инструмента и приспособления для обработки заготовки по заданию; 5) разработка и изображение совмещенной схемы установки и обработки предложенной заготовки с определением параметров режима; 6) формулирование технических выводов по работе с перечислением положительных, а возможно и отрицательных сторон фрезерной обработки и средств ее технологического оснащения; 7) оформление отчета по приведенному ниже плану.

#### **План отчета**

1. Устройство и возможности широкоуниверсального консольно-фрезерного станка мод. 6Т81Ш.

2. Сущность и способы обработки фрезерованием.

3. Описание выбранных для использования инструмента и приспособлений.

4. Совмещенная схема, параметры режима и контроль качества обработки заготовки по заданию.

5. Выводы.

### 3.2 Основные компоненты и характеристика широкоуниверсального консольно-фрезерного станка

К станкам фрезерной группы относят: консольно-фрезерные (универсальные, горизонтальные, широкоуниверсальные, вертикальные); продольно-фрезерные (одно- и двухстоечные); фрезерные непрерывного действия (бараннанные и карусельные); копировально-фрезерные; бесконсольные вертикально-фрезерные и разные (шпоночно-фрезерные, фрезерно-центровальные, торцефрезерные и др.). В настоящей работе будут рассматриваться только горизонтальные, вертикальные и широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки.

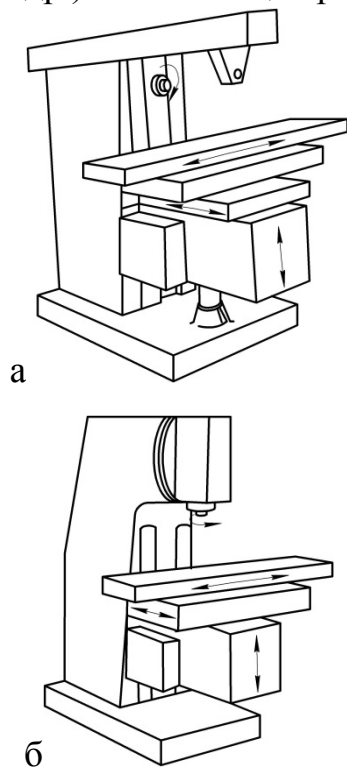


Рисунок 3.1 — Компоновка консольных горизонтально-фрезерного (а) и вертикально-фрезерного (б) станков

Компоновка консольного горизонтально-фрезерного станка показана на рисунке 3.1, а вертикально-фрезерного — на рисунке 3.2. Широкоуниверсальные консольно-фрезерные станки объединяют технологические возможности как горизонтально-, так и вертикально-фрезерных станков и даже расширяет их. Особенности компоновки таких станков можно наблюдать на рисунке 3.3. Они заключаются прежде всего в наличии вертикальной поворотной в двух относительно перпендикулярных направлениях фрезерной (шпиндельной) головки 8, которая смонтирована на кронштейне 6, закрепленном наружной плоскостью с возможностью поворота в плоскости продольных подач стола на торцевой поверхности ползуна 4. На внутренней перпендикулярной поверхности кронштейна закреплена головка также с возможностью поворота в плоскости поперечной подачи стола. Таким образом, фрезерная головка может поворачиваться на определенные углы относительно вертикальной оси в двух плоскостях с закреплением в заданных положениях. Именно наличие вертикального шпинделя 9 и поворотов его является основой расширения технологических возможностей широкоуниверсальных консольно-фрезерных станков Широкоуниверсальный (Ш) консольно-фрезерный станок мод. 6Т81Ш повышенной точности создан на базе горизонтального консольно-фрезерного станка 6К81 и предназначен для фрезерования широкой гаммы поверхностей, включающей плоскости, торцевые поверхности, скосы, различные пазы, фасонные поверхности и т.д. при использовании цилиндрических, концевых, диско-

вых, торцовых, фасонных и других фрез, а также сверл, зенкеров и разверток для обработки отверстий..

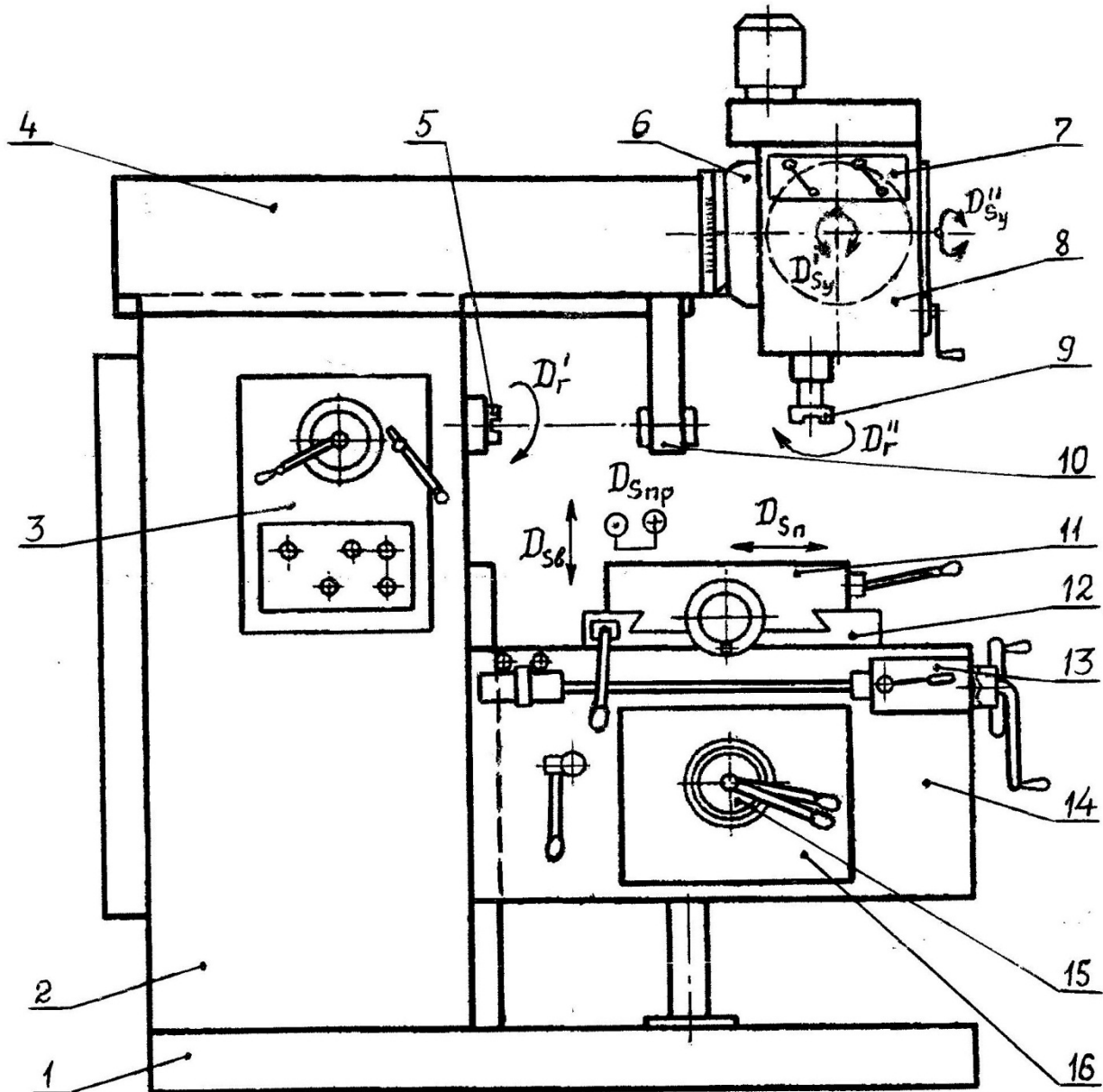


Рисунок 3.3 – Схема компонентов широкоуниверсального консольно-фрезерного станка: 1 – фундаментная плита с емкостью для СОЖ; 2 – станина (стойка) с направляющими горизонтальными для перемещения ползуна и вертикальными для перемещения консоли; 3 – коробка скоростей с приводом, кнопочной станцией и рукоятками переключения частот вращения горизонтального шпинделя; 4 – ползун (хобот); 5 – горизонтальный шпиндель; 6 – кронштейн в виде угольника для размещения вертикальной фрезерной головки; 7 – коробка скоростей фрезерной головки с приводом и механизмом переключения частот вращения вертикального шпинделя; 8 – вертикальная поворотная фрезерная головка; 9 – вертикальный шпиндель; 10 – съемная подвеска (серьга) для размещения конца установленной в горизонтальный шпиндель центровкой оправки;



11 – стол; 12 – поперечные салазки; 13 – механизм включения вертикальной подачи; 14 – консоль; 15 – механизм переключения продольной и поперечной подач; 16 – коробка подач с приводом;  $D_z'$  - главное движение (вращение) горизонтального шпинделя с инструментом;

$D_z''$  - главное движение (вращение) вертикального шпинделя,  $D_{Sg}$  – движение вертикальной подачи (консоли);  $D_{Snp}$  – движение продольной подачи стола с заготовкой;  $D_{Sm}$  – движение поперечной подачи стола;  $D_{Sy}'$  - установочное фиксированное движение вертикальной головки – поворот в плоскости движения поперечной подачи стола;  $D_{Sy}''$  - установочное фиксированное движение вертикальной головки – поворот в плоскости движения продольной подачи стола

### **Техническая характеристика станка мод. 6Т81Ш**

Размеры рабочей поверхности стола (длина x ширина), мм.....	1000 x 250
Количество частот вращения шпинделей:	
горизонтального.....	16
вертикального.....	12
Пределы частот вращения, мин <sup>-1</sup> :	
горизонтального шпинделя.....	65 – 1800
вертикального шпинделя.....	78– 2510
Внутренние конуса шпинделей по ГОСТ 19945-82:	
горизонтального.....	45
вертикального.....	Морзе № 4
Число рабочих подач стола.....	14
Пределы подач стола, мм/мин:	
продольной.....	35- 1020
поперечной.....	28 - 816
вертикальной.....	14 – 408
Углы поворота вертикальной фрезерной головки в плоскости, параллельной:	
продольному ходу стола.....	± 90°
поперечному ходу стола к станине (от станины).....	30° (45°)
Ход пиноли (гильзы) вертикального шпинделя, мм.....	80
Наибольшие перемещения стола в направлениях, мм:	
продольном.....	630
поперечном.....	200
вертикальном.....	350
Расстояния, мм	
от оси горизонтального шпинделя до поверхности стола.....	50 – 400
от оси вертикального шпинделя до направляющих станины....	250 - 845
от торца вертикального шпинделя до поверхности стола....	160 – 510
Мощность электродвигателей приводов, кВт:	
горизонтального шпинделя.....	5,50
вертикального шпинделя.....	3,0
коробки подач.....	1,5

Ряды частот вращения шпинделей станка представлены в таблицах 3.1 и 3.2, а ряды значений подач стола в таблице 3.3

*Таблица 3.1 – Ряд частот вращения горизонтального шпинделя, мин<sup>-1</sup>*

65	80	100	125	160	210	255	300
380	490	590	725	945	1225	1500	1800

*Таблица 3.2 - Ряд частот вращения вертикального шпинделя, мин<sup>-1</sup>*

78	95	111	155	180	224
313	450	628	896	1249	2510

*Таблица 3.3 – Ряд значений подач стола, мм/мин*

Продольная подача	35	45	55	65	115	135	170	210	270	330	400	690	835	1020
Поперечная подача	28	36	44	52	92	108	136	168	216	264	320	552	668	816
Вертикальная подача	14	18	22	26	46	54	68	84	108	132	160	276	334	408

### **3.3. Сущность, способы и инструменты фрезерной обработки**

На фрезерных станках обрабатывают: 1) плоскости (горизонтальные, вертикальные и наклонные); 2) уступы; 3) пазы прямоугольные (открытые, полуоткрытые и закрытые); 4) Т-образные пазы (открытые и полуоткрытые); 5) направляющие типа «ласточкин хвост» (охватывающие и охватываемые); 6) многогранники; 7) угловые канавки (на периферии и торце цилиндра или конуса); 8) прямоугольные выступы кулачковых муфт; 9) зубья зубчатых колес и реек; 10) окна; 11) фасонные поверхности. Можно осуществлять также центровую обработку (сверление, зенкерование, развертывание и др.). Главным движением резания на фрезерном станке является вращение инструмента (фрезы). Движе-

ние подачи (продольной, поперечной и вертикальной) осуществляет установленная на столе заготовка. При помощи круглого поворотного стола заготовке можно сообщать круговую подачу  $S_k$ .

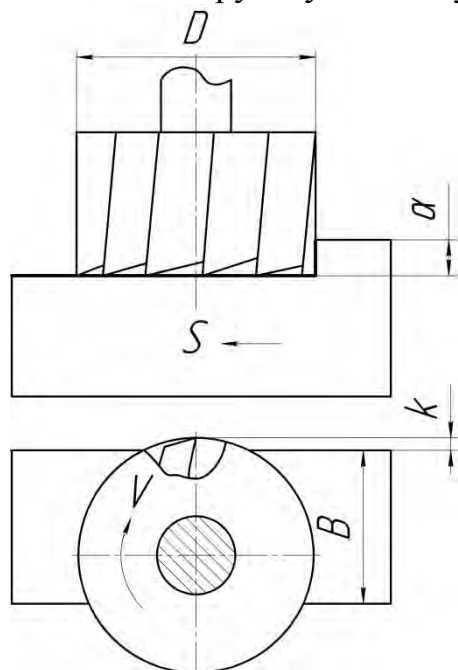


Рисунок 3.2 — Схема фрезерования наклонной плоскости

Обработку открытых относительно широких плоскостей без уступов с небольшими уступами обычно осуществляют торцовыми фрезами, диаметр  $D$  которых выбирают в зависимости от ширины фрезерования  $B$ .  $D = (1,25 \dots 1,5)B$ .

При фрезеровании плоскости без уступа в заготовке из конструкционной стали необходимо сдвинуть ось фрезы на величину  $K$  Рисунок 3.2.  $K = (0,03 \dots 0,05)D$ .

При этом резание каждый зуб фрезы начинается при меньшей толщине среза. Такая настройка станка обеспечивает повышение стойкости фрезы и реализуется вертикальной фрезерной головкой широкоуниверсального станка.

Такую плоскость можно обработать и горизонтальным шпинделем той же фрезой, но тогда эта плоскость должна располагаться вертикально. Плоскость, наклонную под углом  $\alpha$  можно фрезеровать, если расположить заготовку так, чтобы эта плоскость была параллельна подаче, или использовать поворот вертикальной фрезерной головки.

Схемы фрезерования уступов показаны на рисунках 3.3 и 3.4. Уступ можно обрабатывать либо концевой (рисунок 3.3, а, вертикальным шпинделем), либо дисковой фрезой (рисунок 3.3, б, горизонтальным шпинделем). Ширина дисковой и диаметр концевой фрез должны быть больше ширины уступа. Набором дисковых фрез (рисунок 3.4) можно одновременно фрезеровать 2 уступа.

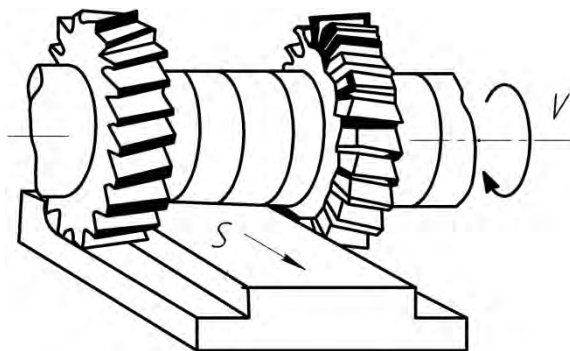
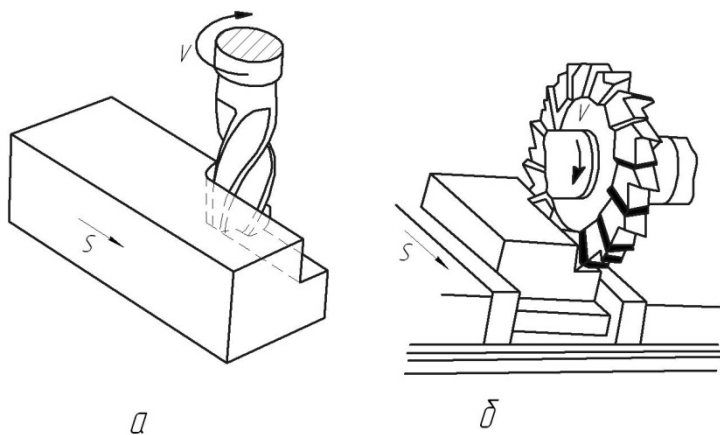


Рисунок 3.3 — Схемы фрезерования уступов Рисунок 3.4 — Фрезерование уступов

концевой и дисковой фрезам

на набором дисковых фрез

Обработка прямоугольных и шпоночных пазов производится дисковыми, концевыми и шпоночными фрезами, а пазов для сегментных шпонок — специальными фрезами (рисунок 3.5). Открытые прямоугольные пазы чаще всего фрезеруются трехсторонними дисковыми фрезами, а полуоткрытые и закрытые — концевыми. Для ввода концевой фрезы в заготовку на концах закрытого паза сверлятся отверстия соответствующего диаметра. Шпоночные закрытые пазы иногда фрезеруют за несколько проходов «маятниковым» способом. За каждый проход шпоночная фреза внедряется на 0,3...0,5 мм.

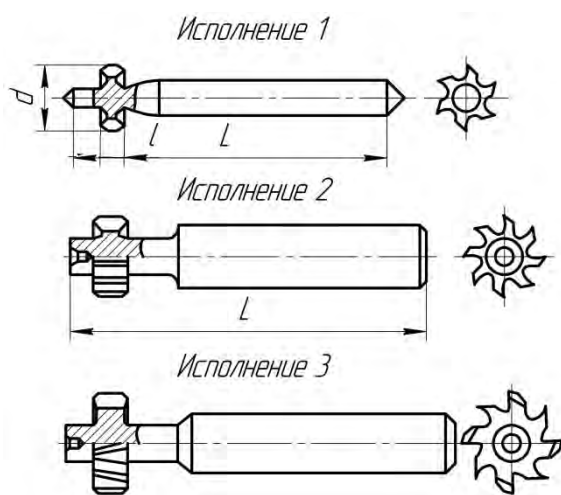


Рисунок 3.5 — Фрезы для пазов сегментных шпонок

Т-образные пазы обрабатывают за несколько операций 3.6. Сначала фрезеруется прямоугольный паз шириной  $a$  и глубиной  $h$  концевой или дисковой трехсторонней фрезой (рисунок 3.6, а), затем специальной фрезой для Т-образных пазов (рисунок 3.6, б), размеры которой соответствуют размерам паза, фрезеруют внутреннюю часть паза с размерами  $b$  и  $c$ . Фаски в размер  $e$  обрабатывают концевыми (рисунок 3.6,в) или дисковыми угловыми фрезами.

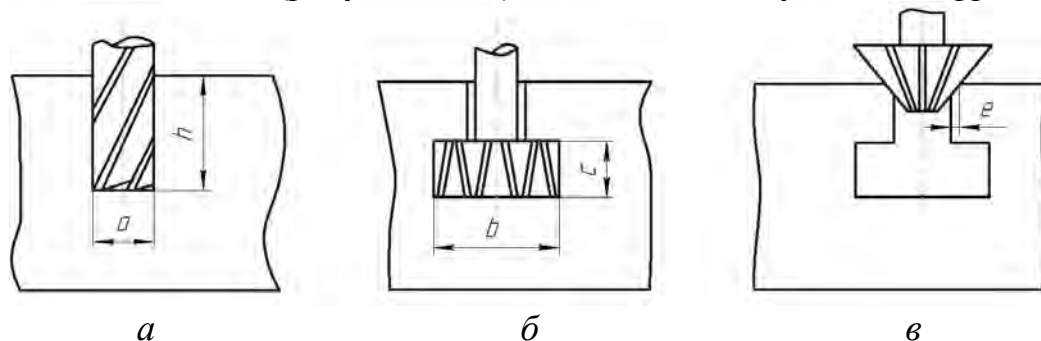


Рисунок 3.6 — Последовательность фрезерования Т-образного паза

Обработка пазов типа «ласточкин хвост» может осуществляться концевыми фрезами вертикальным шпинделем (рисунок 3.7) или дисковой одноугловой

фрезой горизонтальным шпинделем (рисунок 3. 8).

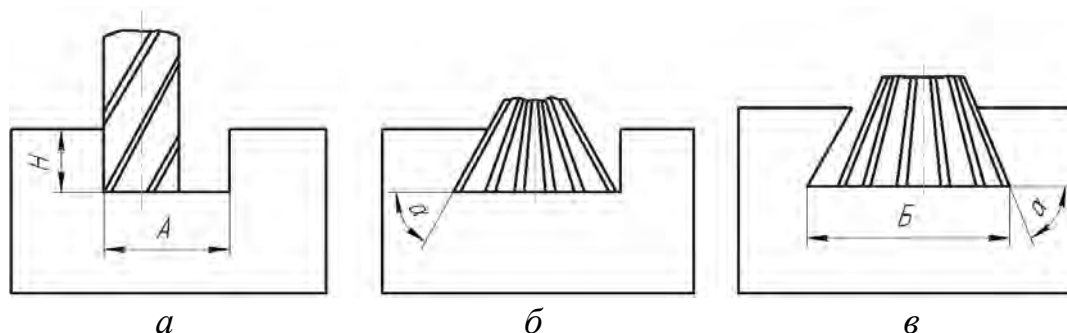


Рисунок 3.7 — Фрезерование паза типа «ласточкин хвост» вертикальным шпинделем: а - формообразование прямого паза концевой прямой фрезой; б, в— формообразование поверхностей под углом  $\alpha$  концевой угловой фрезой

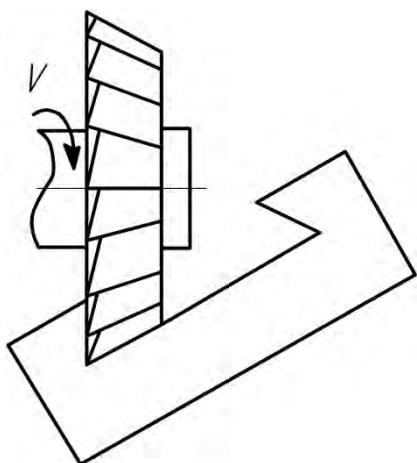


Рисунок 3.8 — Обработка паза типа «ласточкин хвост» горизонтальным шпинделем дисковой одноугловой фрезой

Наружный «ласточкин хвост» на фрезерном станке может быть сформирован горизонтальным шпинделем набором фрез и угловой фрезой (рисунок 3.9). Фасонные поверхности поверхности могут обрабатываться горизонтальным шпинделем фасонной фрезой (рисунок 10,а) или набором фасонных фрез (рисунок 10,б); по разметке комбинированием двух подач; вертикальным шпинделем с помощью накладного копира (рисунок 3.11), который крепится на заготовке или над ней. В процессе фрезерования заготовке 1 и копиру 2 комбинированием двух подач сообщатся необходимые движения с таким расчетом, чтобы поверхность постоянной соприкасалась с цилиндрической частью 3 концевой фрезы.

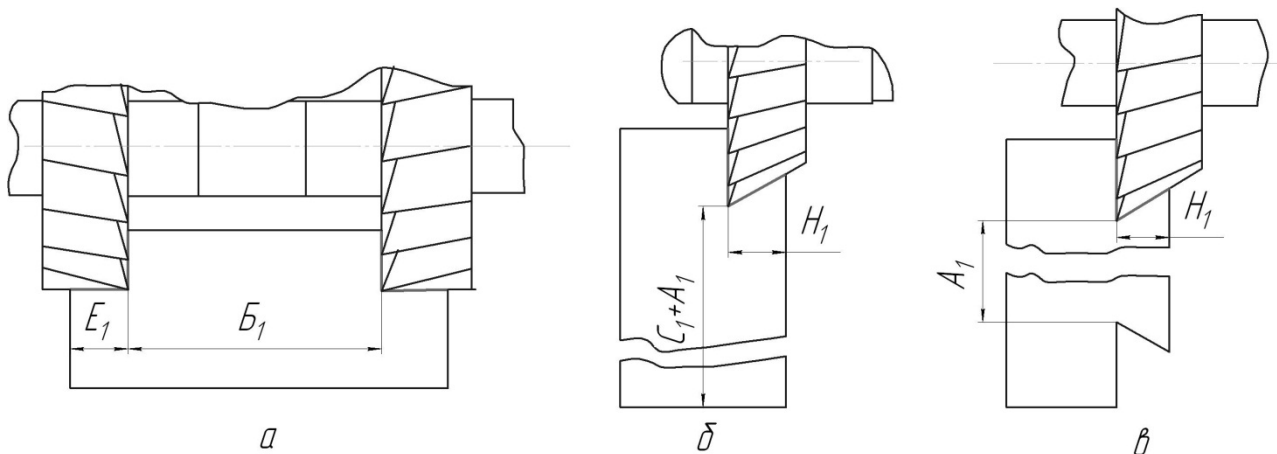


Рисунок 3.9 — Вариант последовательности обработки охватываемых (наружных) направляющих типа «ласточкин хвост»: а - фрезерование уступов в размеры  $E_1$ ,  $B_1$ ; б, в – фрезерование угловых поверхностей в размеры  $C_1 + A_1$ ,  $H_1$  и  $A_1$

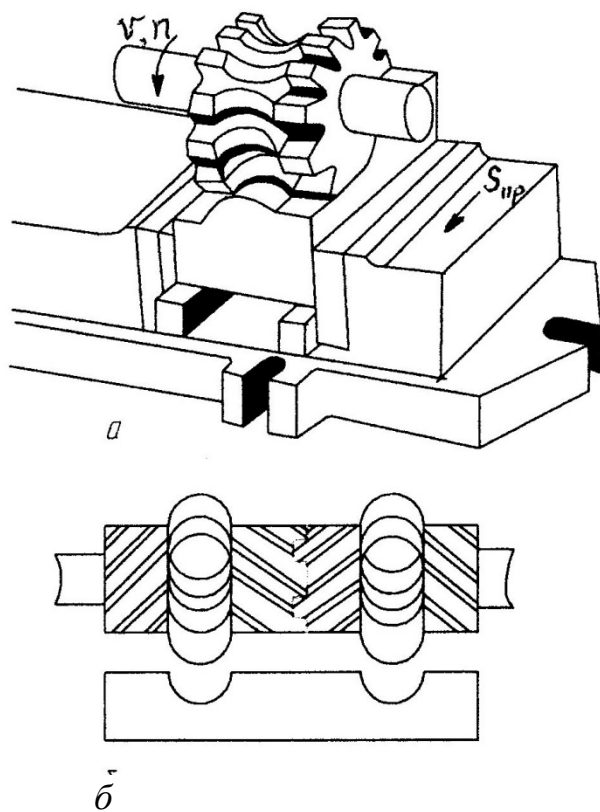


Рисунок 3.10 — Фрезерование фасонных поверхностей фасонными фрезами

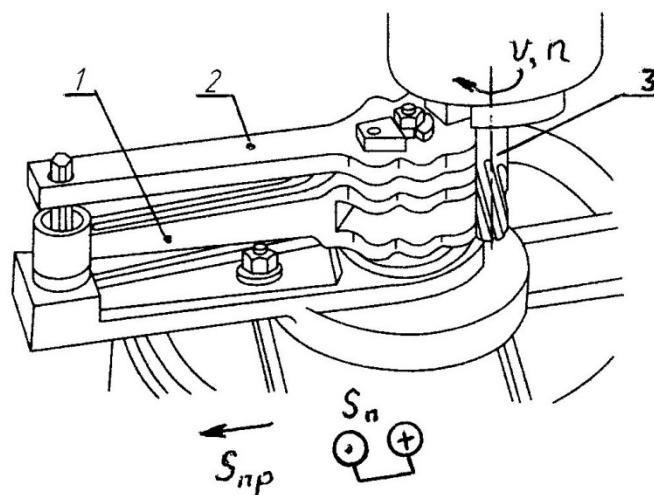


Рисунок 3.11 — Фрезерование фасонных поверхностей по накладному копиру

В соответствии изложенными выше способами обработки фрезерованием в качестве инструмента при этой обработке используются фрезы. Они подраз-

деляются по таким 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 и цилиндрическим хвостовиками); 6) по материалу режущей части (быстрорежущая сталь, твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые материалы). Основные типы фрез представлены на рисунке 3.12.

Изображенные на рисунке цилиндрические (а) и торцовые (е, з, и) фрезы предназначены для обработки плоских поверхностей; дисковые (б), в том числе пазовые, дву- и трехсторонние, — для фрезерования пазов, уступов и боковых

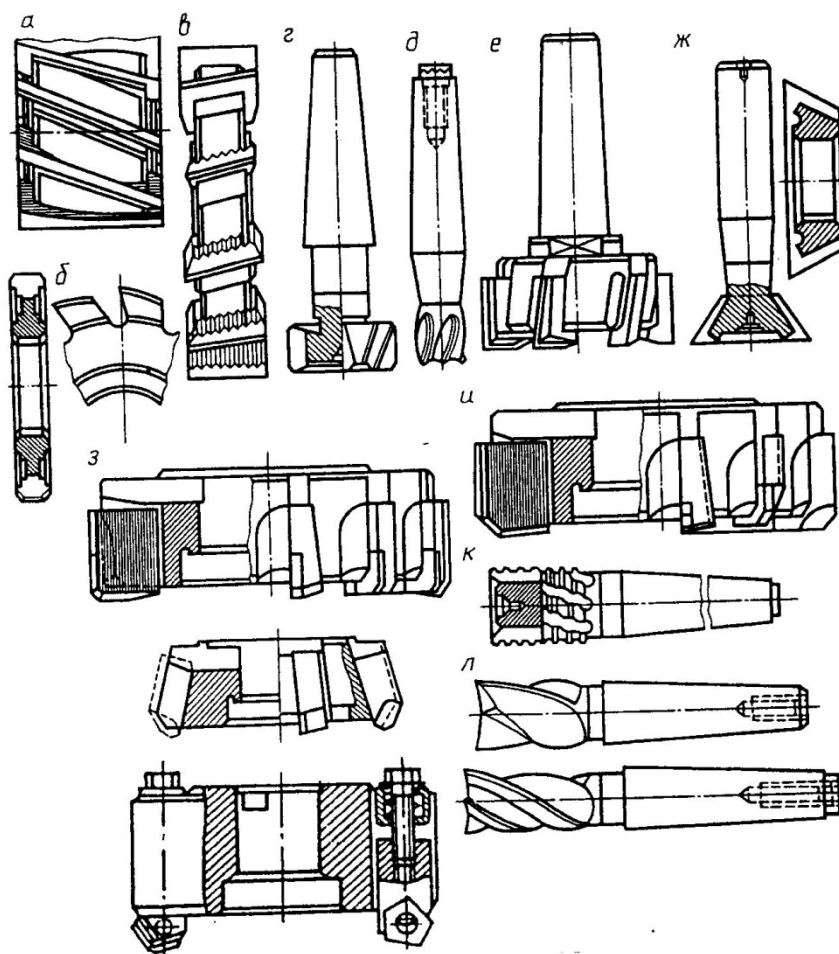


Рисунок 3.12 – Типы фрез: а – цилиндрическая; б, в – дисковые; г – Т-образная; д – концевая; е – торцевая с хвостовиком; ж – угловые концевая и насадная; з – торцовые насадные; со вставными ножами и механическим креплением пятигранных пластин; и – торцовая ступенчатая; к – концевая обдирочная; л – концевые шпоночные

поверхностей. Прорезными и отрезными фрезами прорезаются узкие пазы и разрезаются материалы. Концевые фрезы (д, к, л) применяются для обработки пазов, а также уступов и плоскостей, ширина которых  $B < 0,8d_n$  ( $d_n$  — диаметр

концевой фрезы). Угловые фрезы (ж) используются в основном для фрезерования стружечных канавок режущих инструментов и скосов, а также пазов типа «ласточкин хвост», Т-образные фрезы (в, з) — для Т-образных и шпоночных пазов.

Фрезы изготавливаются цельными и сборными, когда корпус выполняется из конструкционной стали, а режущие зубья — из быстрорежущей стали или твердого сплава. Обычно цилиндрические фрезы диаметром до 90 мм, торцовые насадные фрезы диаметром до 110 мм, дисковые трехсторонние фрезы с мелким зубом, угловые, фасонные, отрезные, прорезные, концевые и шпоночные фрезы изготавливаются цельными. Цилиндрические фрезы диаметром более 90 мм, дисковые фрезы диаметром более 75 мм и торцовые фрезерные головки имеют вставные зубья (ножи).

Широко распространены сборные фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава (рисунок 3.12, а, в, е, з, и) и с механическим креплением пластин (з). Фрезы со вставными ножами затачиваются и перезатачиваются до полного износа пластин. Фрезы с механическим креплением неперетачиваемых твердосплавных или минералокерамических пластин не затачиваются. При выходе из строя (изнашивании, затуплении) одних режущих кромок пластины поворачиваются для установки для установки в рабочее положение новых режущих кромок. Только после изнашивания всех кромок пластины заменяются. Торцовые фрезы общего назначения, например, могут оснащаться круглыми, шести-, пяти-, четырех- и трехгранными стандартными твердосплавными пластинами.

Конструкция фрезы определяет способ ее установки на станке. В этих целях используются станочные приспособления для установки инструмента (вспомогательный инструмент) в виде оправок, цанговых и других инструментальных патронов и иных устройств.

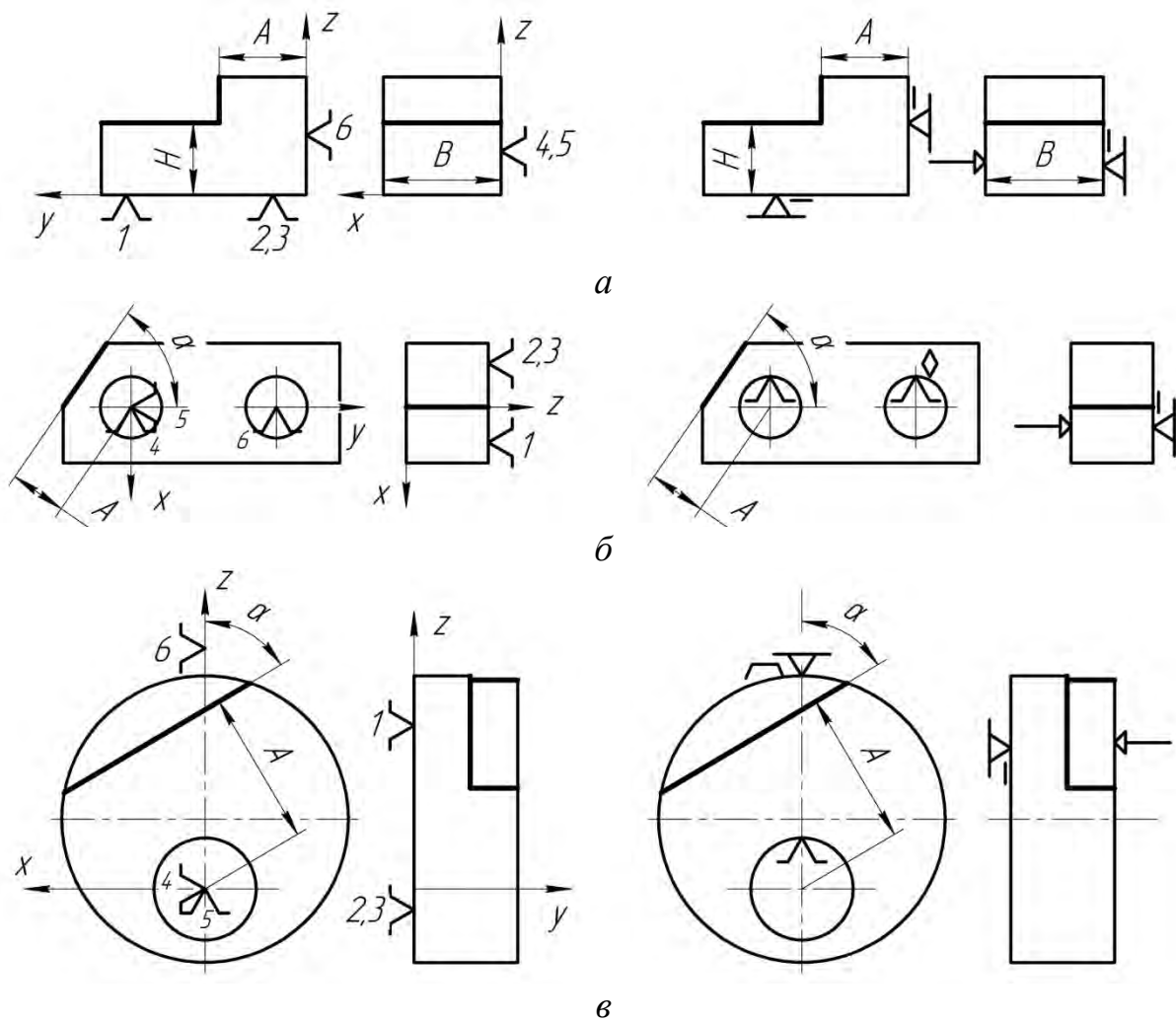
### **3.4. Схемы базирования, установки и обработки и приспособления для их реализации**

На рисунке 3.13 показаны варианты схем базирования и соответствующие им схемы установки заготовок на фрезерном станке. В случае, показанном на рисунке 3.13, а, технологическими базами являются три взаимно перпендикулярные плоскости заготовки. А в случае, показанном на рисунке 3.13, б, технологическими базами являются плоскость заготовки и оси двух отверстий, перпендикулярных к ней. Заготовка устанавливается на опоры и два пальца: цилиндрический и ромбический. В случае, показанном на рисунке 3.13, в, технологическими базами являются плоскость (торец) заготовки, ось отверстия, перпендикулярная к ней и плоскость симметрии заготовки, которая проходит через оси отверстий. Заготовка устанавливается на опоры и палец. Плоскость симметрии фиксируется подвижной призмой.

На рисунке 3.13, г показан вариант схемы базирования, в котором технологическими базами являются плоскость заготовки и оси двух отверстий. Ось одного из них перпендикулярна, а второго — параллельна плоской технологиче-



ской базе. Заготовка устанавливается на опоры и два ромбических пальца. На рисунке 3.13, д изображен вариант схемы базирования, в котором технологическими базами являются две пересекающиеся относительно перпендикулярные оси. Одна (двойная направляющая) — общая ось двух шеек, а вторая (двойная опорная) ось перпендикулярного выступа.



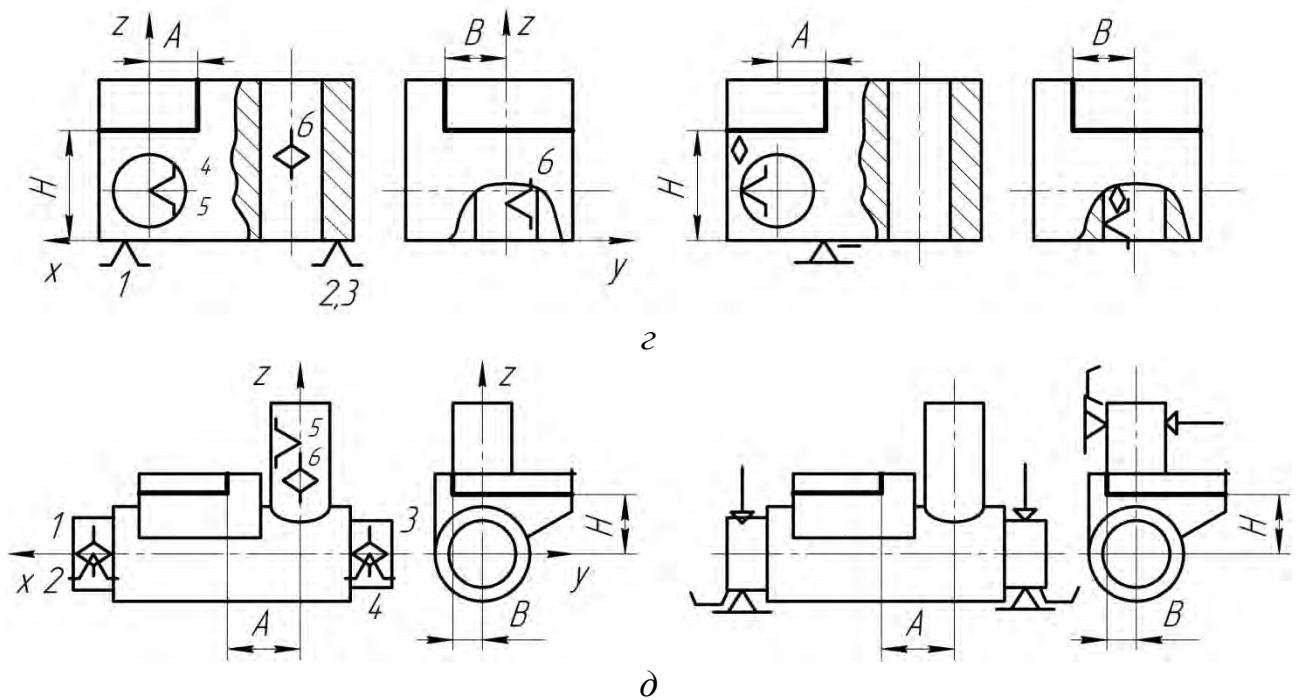


Рисунок 3.27 — Варианты схем базирования и соответствующие им  
схемы установки заготовок на фрезерном станке

Примеры совмещенных схем установки и обработки заготовок горизонтальным и вертикальным шпинделями станка показаны на рисунке 3.14.

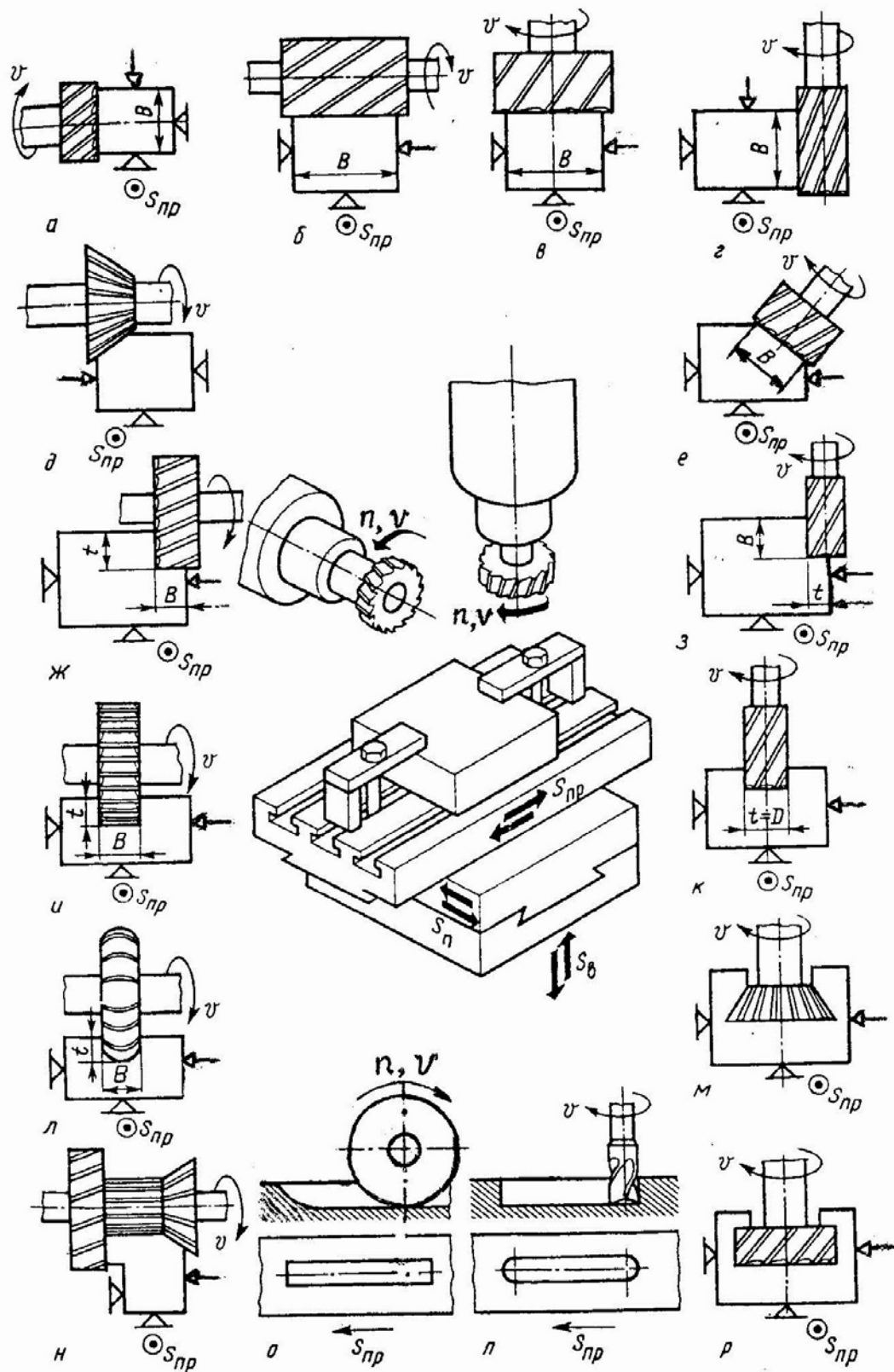


Рисунок 3.14 – Совмещенные с установкой схемы фрезерования горизонтальным и вертикальным шпинделями широкоуниверсального консольно-фрезерного станка

В отличие от схем токарной обработки, приведенных на рисунке 2.18, вместо реальных установочных и зажимных элементов изображены их условные обозначения в соответствии с таблицей 1.1.

Вертикальные плоскости горизонтальным шпинделем станка (рисунок 3.14, *а*) фрезеруются торцовыми насадными фрезами или фрезерными головками, а на вертикальном — концевыми фрезами (рисунок 3.14, *з*). Большие по высоте вертикальные плоские поверхности можно обрабатывать горизонтальным шпинделем с использованием вертикальной подачи. Для обработки небольших по высоте вертикальных поверхностей горизонтальным шпинделем можно применять также концевые и дисковые фрезы.

Горизонтальные поверхности обрабатываются цилиндрическими фрезами горизонтальным (рисунок 3.14, *б*) и торцовыми насадными фрезами вертикальным (рисунок 3.14, *в*) шпинделями. Чаще чистовая обработка горизонтальных поверхностей осуществляется по второму варианту, так как торцовые насадные фрезы имеют более жесткое закрепление и обеспечивают плавный безвибрационный режим обработки. При последовательных рабочих ходах фрез можно обрабатывать поверхности значительной ширины. Узкие горизонтальные плоскости следует обрабатывать концевыми фрезами.

Наклонные поверхности небольшой ширины можно получить на горизонтальном шпинделе угловой фрезой (рисунок 3.14, *д*). Широкие наклонные поверхности удобно обрабатывать на вертикальном шпинделе с поворотом фрезерной головки торцовой насадной (рисунок 3.14, *е*) или концевой фрезами. Уступы и прямоугольные пазы горизонтальным шпинделем обрабатываются дисковыми двусторонними (рисунок 3.14, *ж*) и трехсторонними (рисунок 3.14, *и*) фрезами соответственно, а вертикальным — концевыми фрезами (рисунок 3.14, *з*). При вертикальном расположении уступов и прямоугольных пазов их можно обрабатывать концевыми фрезами горизонтальным шпинделем станка.

Фасонные поверхности с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей обрабатывают фасонными фрезами горизонтальным шпинделем (рисунок 3.14, *л*). Пазы типа «ласточкин хвост» и Т-образные обычно обрабатываются вертикальным шпинделем станка. При этом сначала фрезеруется прямоугольный паз концевой фрезой (рисунок 3.14, *к*), а затем концевой угловой (рисунок 3.14, *м*) или Т-образной (рисунок 3.14, *п*) фрезами.

Шпоночные пазы фрезеруются как горизонтальным, так и вертикальным шпинделями соответственно дисковыми (рисунок 3.14, *о*) и концевыми (рисунок 3.14, *н*) фрезами. Одновременную обработку нескольких поверхностей можно осуществлять горизонтальным шпинделем набором фрез (рис. 4.22, *н*). При этом для обеспечения близких по значению скоростей рекомендуется применять набор фрез, диаметры которых отличаются друг от друга не более чем в 1,5 раза.

Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок, как правило, используется в единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах. Поэтому для установки заготовок на нем обычно используются приспособления, которые можно отнести к универсальным приспособлениям общего назначения, в

том числе: прихваты, прижимы, упоры, ручные и машинные тисы различных видов, угольники, угловые плиты, трехкулачковые патроны, круглые поворотные столы, делительные столы и головки.

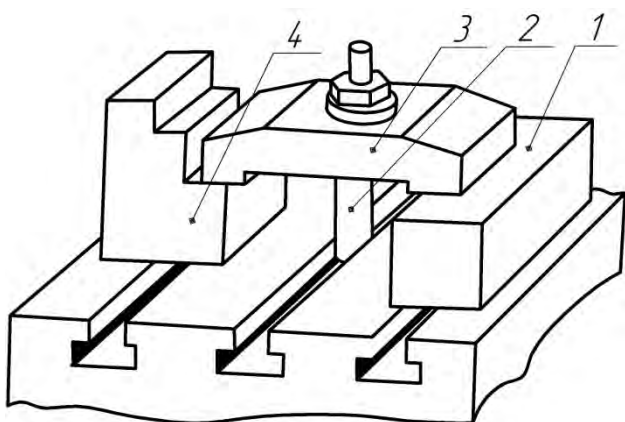
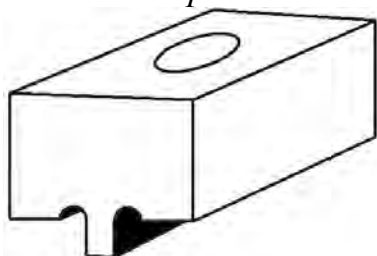
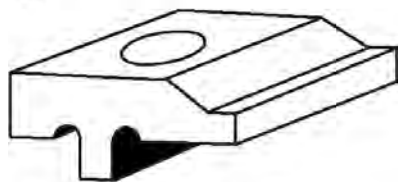


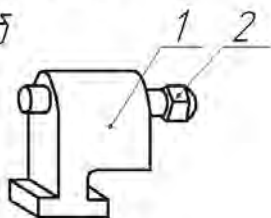
Рисунок 3.15 — Схема закрепления заготовки прихватами



а



б



в

Рисунок 3.16 — Упоры и прижимы

Прихваты служат для закрепления заготовок 1 непосредственно на столе станка (рисунок 3.15). Один конец прихвата 3 иногда опирается на подставку 4. Закрепление заготовки осуществляется с помощью болта 2. Часто роль подставки играет винт, который ввинчивается в один конец прихвата и упирается в стол.

Для ориентации заготовок при их установке на столе применяются упоры (рисунок 3.16, а, б). Они устанавливаются и закрепляются в продольных пазах стола. А при помощи прижимов (рисунок 3.16, в), устанавливаемых в параллельных пазах стола, проводят закрепление заготовки, прижимая ее расположенным в корпусе 1 винтом 2 к упорам.

Машинные тиски (рисунок 3.17) широко применяются для закрепления заготовок простой формы и относительно небольших размеров. По конструкции они делятся на следующие виды: 1) простые (рисунок 3.17, а); 2) поворотные (поворот вокруг вертикальной оси, рисунок 3.17, б); 3) универсальные (поворот вокруг вертикальной и горизонтальной осей, рисунок 3.17, в). Поворотные и универсальные тиски применяются при фрезеровании наклонных поверхностей и скосов.

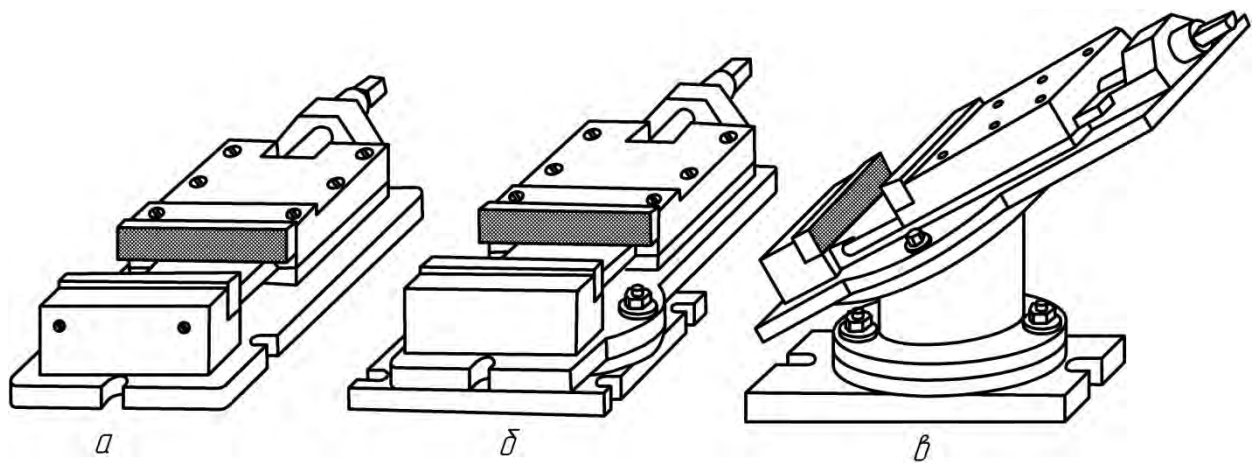


Рисунок 3.17 — Машинные тиски

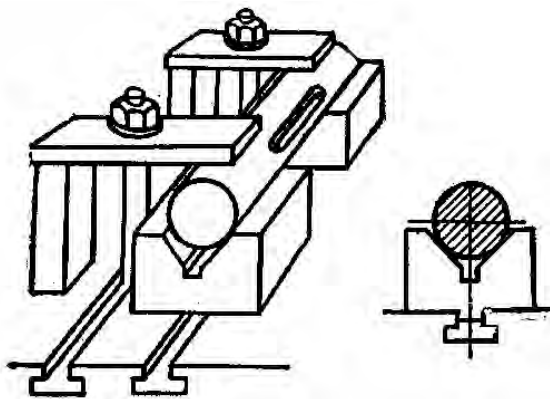


Рисунок 3.18 — Закрепление заготовки на призмах

Призмы (рисунок 3.18) служат для установки заготовок круглой формы при помощи прихватов. Последние следует располагать над призмами, чтобы усилием зажима не деформировать заготовку. Правильное положение тисков и призм на столе относительно его продольной подачи обеспечивается за счет направляющих шпонок, которые имеются в названных приспособлениях и входят в паз стола.

Круглые поворотные столы (рисунок 3.19) применяются для закрепления заготовок на своем рабочем столе, для обработки круговых контуров или для поворота заготовки на заданный угол. В центре поворотного стола имеется точное конусное отверстие для установки центрирующего пальца.

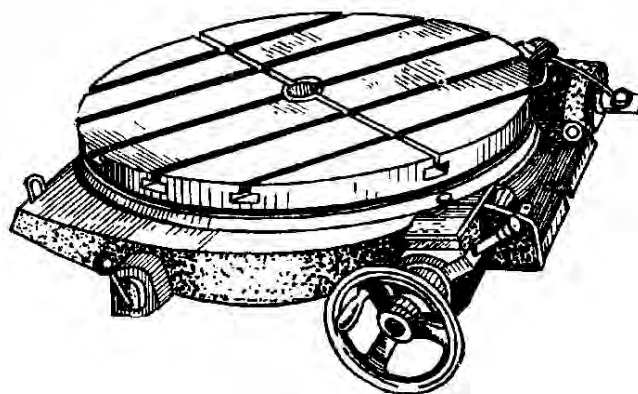


Рисунок 3.19 — Круглый поворотный стол

Из приспособлений для закрепления заготовок при обработке многогранников, шлицов, зубчатых и храповых колес, зубчатых муфт и заготовок других деталей, где требуется делительная головка, наиболее широкое применение нашли трехкулачковые самоцентрирующие патроны (рисунок 2.21), постоянные (жесткие) и плавающие центры (рисунок 2.24), хомутики (поводки, рисунок 2.26), люнеты (рисунок 3.20) и оправки (рисунки 2.31, 2.32).

Люнет применяется для поддержания нежестких заготовок, и предотвращает их прогиб под действием силы резания. Установка призмы под заготовку производится вращением гайки 1, а ее фиксация — винтом 2 (рисунок 3.20).

Оправки применяются для закрепления заготовок типа втулок или дисков с окончательно обработанным отверстием, которое служит технологической базой. Оправки обеспечивают выполнение требований к точности взаимного расположения (биение) обрабатываемых поверхностей.

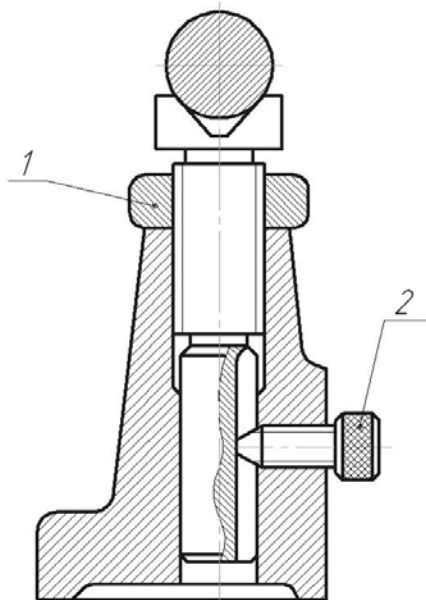


Рисунок 3.20 — Люнет

При помощи универсальных делительных головок (УДГ) можно:

- 1) периодически поворачивать заготовку вокруг ее оси на заданные углы по числу делений (равные и неравные части);
- 2) устанавливать ось обрабатываемых заготовок под заданным углом к горизонтальной плоскости;
- 3) непрерывно вращать заготовку в процессе фрезерования винтовых канавок;
- 4) производить разметку заготовок.

На рисунке 3.21 показана универсальная делительная головка в комплекте с задней бабкой 1и люнетом 2. Поворотная колодка 3 со шпинделем может быть повернута в пределах от 0 до 5° вниз и от 0 до 95° вверх. Концы шпинделя имеют конические отверстия с конусом Морзе. Передний конец шпинделя имеет резьбу для навинчивания трехкулачкового патрона или поводковой шай-

бы, в него может быть вставлен постоянный центр, а с противоположной стороны - шпиндельный валик.

С боковой части делительной головки установлен боковой делительный диск 6, имеющий с обеих сторон ряд concentрично расположенных несквозных отверстий. Он может быть зафиксирован в требуемом положении стопором 8. Спереди к боковому делительному диску прикреплен раздвижной сектор 9, состоящий из двух линеек 7, служащих для облегчения отсчета требуемого числа промежутков между отверстиями. Линейки сектора можно повернуть относительно друг друга на любой угол. Головку корпусом 10 устанавливают на столе станка по Т-образным пазам. Относительно головки устанавливают заднюю бабку, а в случае необходимости, при обработке например длинных заготовок, - и люнет.

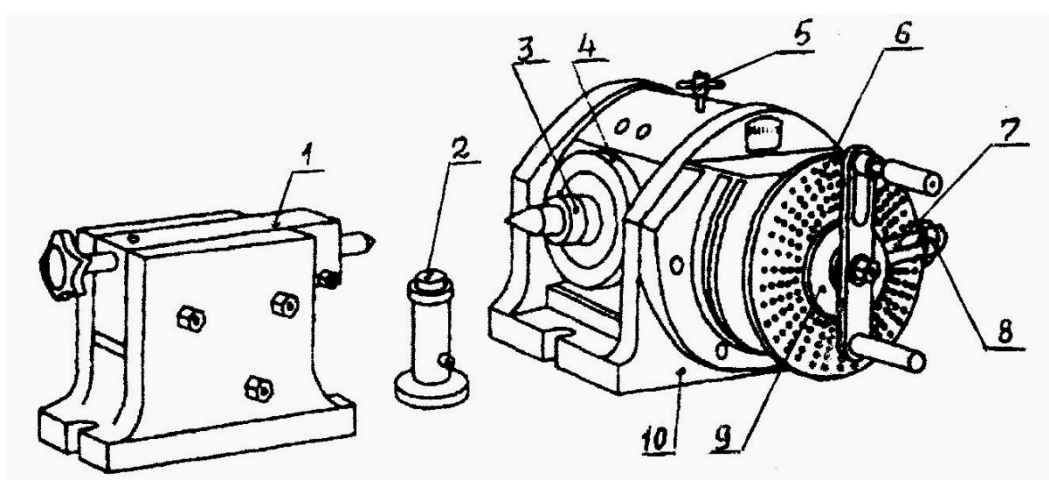


Рисунок 3.21 — Универсальная делительная головка с задней бабкой и люнетом: 1 – задняя бабка с конусом; 2 – люнет; 3 – поворотная головка со шпинделем и центром; 4 – градусная шкала; 5, 8 – стопоры; 6 – боковой делительный диск; 7 – две линейки; 9 – раздвижной сектор; 10 – корпус

Режущий инструмент на фрезерных станках устанавливается и закрепляется при помощи станочных приспособлений для инструмента - вспомогательного инструмента. Это центровые и концевые оправки, переходные втулки, установочные кольца, цанговые патроны и др.

Центровые оправки (рисунок 3.22) применяются для установки цилиндрических, дисковых, угловых и фасонных фрез на станке. Эти оправки коническим хвостовиком 2 устанавливаются в коническом отверстии горизонтального шпинделя и крепятся натяжным винтом (тягой) 1. Для восприятия крутящего момента от сил резания прямоугольные пазы на фланце оправок совмещают с поводковыми торцовым шпонками 1 и 2 (рисунок 3.23), расположенными в пазах торцов обоих шпинделей станка.



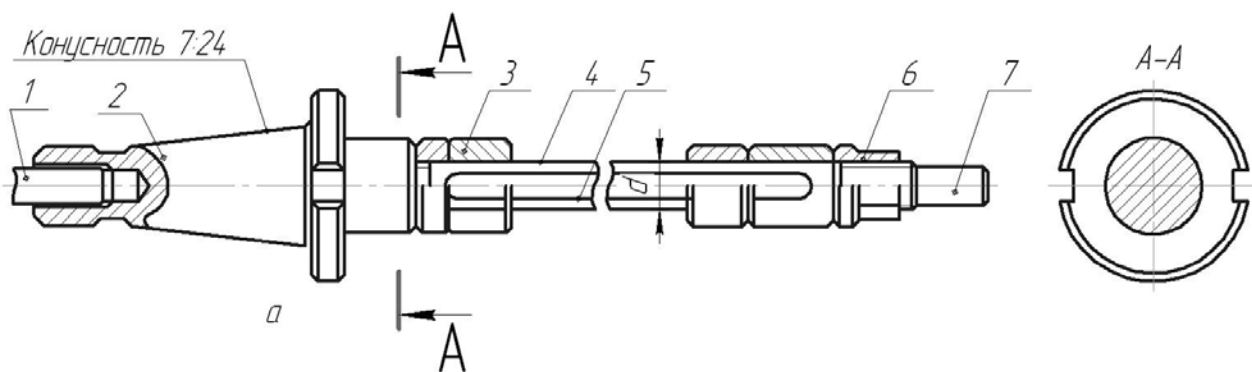


Рисунок 3.22 — Центровая оправка с направляющей цапфой

На цилиндрическую часть 4 (рисунок 3.22) оправок со шпонкой насаживают установочные кольца 3 и фрезы. Установленный комплект закрепляется гайкой 6. Второй свободный конец оправки поддерживается подшипником подвески (серьги) 8, закрепляемой на ползуне (хоботе) 7 (рисунок 3.1). В подшипник подвески вводится направляющая опора – цапфа 7 (рисунок 3.22).

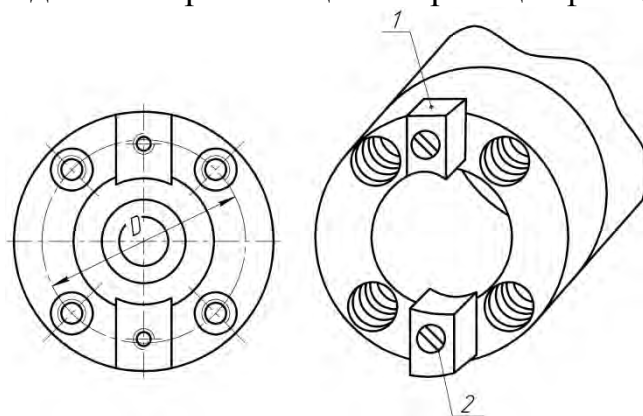


Рисунок 3.23 — Передний(нижний) конец шпинделей широкоуниверсального консольно-фрезерного станка

Концевые оправки (рисунок 3.24) служат для установки насадных торцевых фрез на вертикальный и горизонтальный шпиндели станка. Они закрепляются в шпинделе станка так же как конические концы центровых оправок. Крутящий момент от сил резания концевая оправка воспринимает продольной призматической шпонкой 2 (рисунок 3.24, а), торцевой шпонкой 2 (рисунок 3.24, б) или вкладышем (рисунок 3.24, в), который входит в торцовый паз фрезы. Последний вариант применяется для установки торцевых фрез большого диаметра с коническим посадочным отверстием.

Некоторые насадные торцевые фрезы 1 большого диаметра (рисунок 3.25) устанавливаются непосредственно на цилиндрических буртиках установочных концов шпинделей 5 и закрепляются винтами 2, 4, закручиваемыми в четыре резьбовые отверстия буртика (рисунок 3.22). Крутящий момент от сил резания при этом воспринимается торцевой шпонкой 3 (рисунок 3.25).

Концевые фрезы с коническим хвостовиком устанавливаются в шпиндель 5 станка (рисунок 3.26, а) с использованием переходных втулок 2, внутренний конус которых соответствует конусу инструмента, а наружный – конусу шпинделя. Комплект закрепляется тягой 6. Концевые фрезы с цилиндрическим хво-

стовиком закрепляют в патроне, который своим коническим хвостовиком устанавливается в шпиндель станка. Конструкция одного из таких патронов показана на рисунке 3.26, б. Фрезу устанавливают в цангу 7 и гайкой 8 закрепляют в корпусе патрона 9.

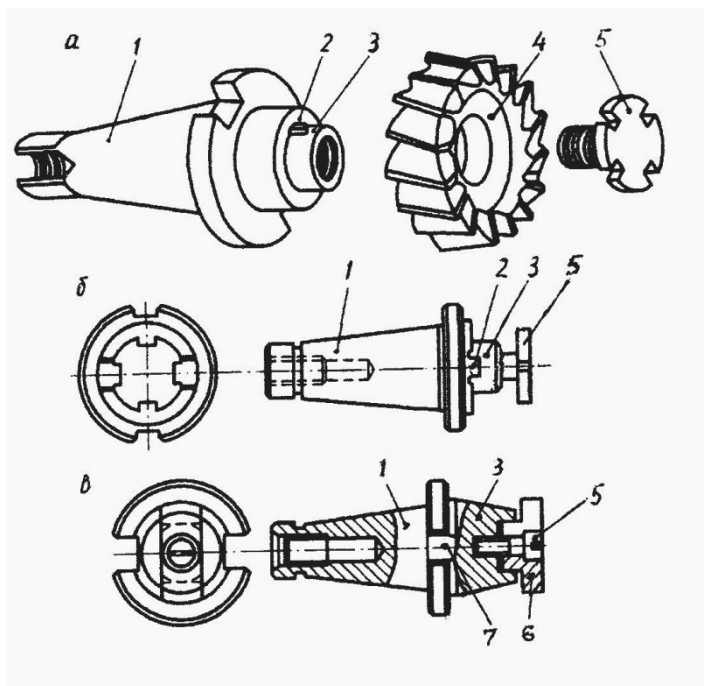


Рисунок 3.23 — Установка торцевых фрез на шпинделях станка: 1 — конические хвостовики; 2 — шпонки; 3 — посадочные шейки; 4 — фреза; 5 — винты; 6 — шайба; 7 вкладыш

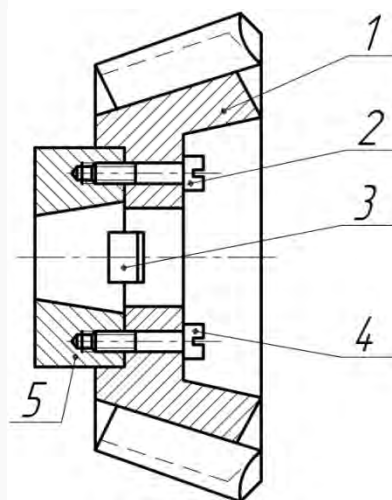


Рисунок 3.24 — Закрепление насадных торцевых фрез непосредственно на шпинделях станка

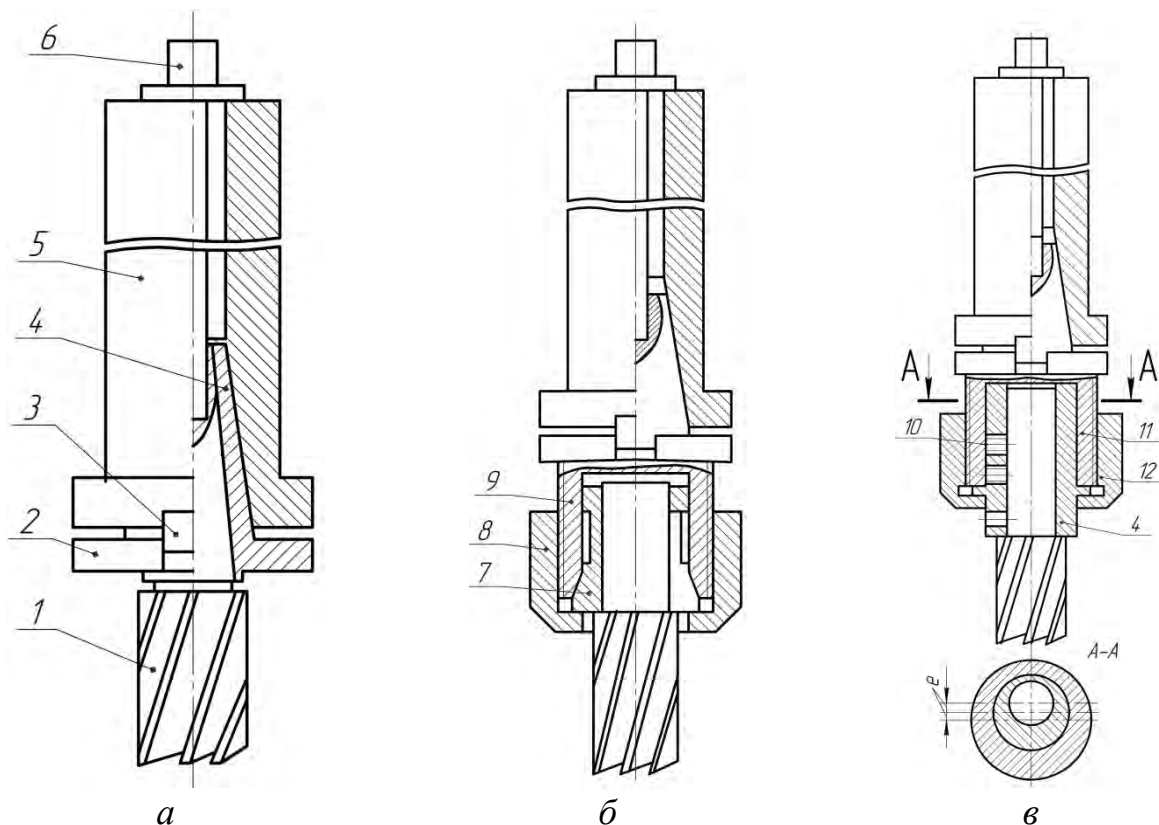


Рисунок 3.26 — Установка концевых фрез: 1 – фреза; 2 – переходная (установочная) втулка; 3 – торцовая шпонка; 4 – конусная часть переходной втулки; 5 – вертикальный шпиндель станка; 6 – тяга; 7 – цанга; 8 – гайка; 8 – корпус цангового патрона; 10 – винт; 11 – корпус патрона с регулируемым эксцентриситетом; 12 – колпачковая гайка

При фрезеровании пазов, точных по ширине, изношенными фрезами удобно использовать патрон (рисунок 3.26, в) с регулируемым эксцентриситетом. Фрезу закрепляют винтами 10 во втулке 4, которую устанавливают в корпус 11 и затягивают колпачковой гайкой 12. Так как ось отверстия в корпусе смещена по отношению к оси его посадочного конуса, а ось отверстия для фрезы во втулке не совпадает с осью втулки, то поворотом втулки можно смещать ось фрезы относительно оси ее вращения, изменяя ширину фрезеруемого паза.

### 3.5. Методика назначения параметров режима резания при фрезеровании и контроль качества обработки

Показателями режима резания при фрезеровании будут:

1) глубина резания  $t$ , которая для всех видов фрез, кроме торцовых, измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы (у торцовых фрез глубина резания измеряется в направлении оси фрезы); ширина фрезерования  $b$ , которая для всех фрез, кроме торцовых, измеряется в направлении оси фрезы, а торцовых соответствует ширине обрабатываемой плоскости;

2) минутная подача  $S_m$ , мм/мин; в справочниках обычно рекомендуется подачи  $S_z$  – на один зуб фрезы (при предварительной обработке) или  $S_o$  – на один оборот фрезы;

3) частота вращения шпинделя  $n$  об/мин; в справочниках обычно задается скорость резания  $v$ , м/мин.

Все виды подач связаны между собой следующими выражениями:  $S_o = S_z z$ ;  $S_z$ ;  $S_m = n \cdot S_o = n \cdot Z \cdot S_z$ , где  $z$  – число зубьев фрезы. Частота вращения может быть найдена из выражения  $n = 1000v / \pi D$ , где  $D$  – диаметр фрезы.

Полученные расчетом значения  $S_m$  и  $n$  следует корректировать в соответствии со значениями, приведенными в таблицах 3.1, 3.2 и 3.3. Обычно принимаются ближайšie меньшие значения.

Показатели режима фрезерования стальных заготовок приведены в таблицах 3.4 - 3.8.

Таблица 3.4 — Подачи на зуб, мм/з при обработке фрезами из быстрорежущей стали

Типы фрез	Глубина резания $t$ , мм						
	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-15	15-30
Торцовые	0,15	0,12	0,085	0,055	0,050	0,045	–
Дисковые			0,08	0,06	0,04	0,03	0,02
Концевые							
D=4...6	0,020	0,015	0,01	–	–	–	–
D=6...8	0,035	0,025	0,02	0,015	–	–	–
D=8...10	0,05	0,035	0,03	0,025	0,02	–	–
D=10...15	0,065	0,060	0,045	0,035	0,025	0,020	–
D=15...20	0,080	0,07	0,055	0,045	0,03	0,025	–
D=20...30	0,090	0,075	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
D=30...40	0,110	0,09	0,07	0,055	0,05	0,04	0,03
Угловые и фасонные							
D=40	–	0,07	0,055	0,045	0,030	–	–
D=50	–	0,08	0,060	0,045	0,030	–	–
D=60	–	0,09	0,065	0,050	0,040	0,035	–
D=75	–	0,10	0,070	0,060	0,050	0,040	–
D=90	–	0,10	0,075	0,070	0,060	0,055	–

При обработке чугуна и бронзы табличные значения подачи следует увеличить в 1,5 раза. При ширине фрезерования  $B > 0,75D$  табличные значения подачи следует уменьшить на 30%. При обработке стали фрезами с пластинами из T15K6 значения подач следует уменьшить в 2 раза/  $z$  – число зубьев фрезы

Таблица 3.5 — Подачи на зуб, мм/з при фрезеровании шпоночными фрезами

Диаметр фрезы	Маятниковое фрезерование		За 1 проход
	Глубина $a$ , мм	$S_z$	
6	0,3	0,1	0,02
8	0,3	0,12	0,022
10	0,3	0,16	0,024
12	0,3	0,18	0,026
18	0,4	0,22	0,028

20	0,4	0,25	0,030
----	-----	------	-------

Таблица 3.6 — Поддачи на зуб, мм/з при фрезеровании шпоночных сегментных пазов

Диаметр фрез	25			32 – 35			38		
Число зубьев	8			10			10		
Ширина фрезы	4	5	6	5	6	8	6	8	10
$S_z$	0,015	0,01	0,007	0,01	0,007	0,005	0,007	0,005	0,003

Таблица 3.7 — Поддачи на 1 оборот, мм/об при чистовом фрезеровании плоскостей и уступов

Ра, мкм	Твердосплавные	Из быстрорежущей стали
6,3	—	0,6
3,2	0,32	0,45
1,6	0,20	0,32
0,8	0,15	—
0,4	0,10	—

Скорость резания определяется по формуле

$$v = v_o \left( \frac{D}{D_o} \right)^{0,2} \left( \frac{a_o}{a} \right)^{0,15} \left( \frac{S_{zo}}{S_z} \right)^{0,3},$$

где  $v$  — скорость резания, м/мин;  $D$  — диаметр фрезы, мм;  $a = t$  — глубина резания, мм;  $S_z$  — подача на зуб, мм/з; индекс  $o$  указывает на табличное значение соответствующего показателя.


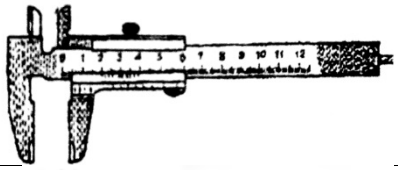
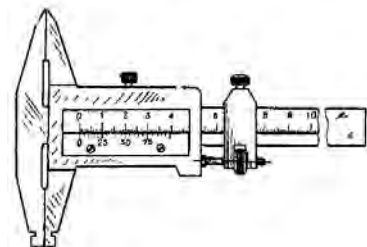
Таблица 3.8 – Табличные значения показателей

Тип фрезы	$D_o$ , мм	$a_o = t_o$ , мм	$S_{zo}$ , мм/з	$v_o$ , м/мин	
				T15K6	P6M5
Торцовая	150	6	0,08	300	50
Дисковая	60	6	0,08	250	50
Концевая	20	6	0,08	200	48

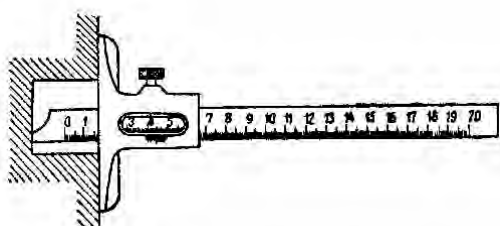
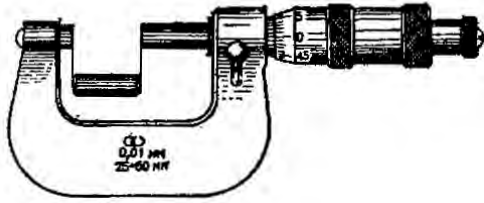
Средства измерения размеров при фрезерной обработке заготовок приведены в таблице 3.9.

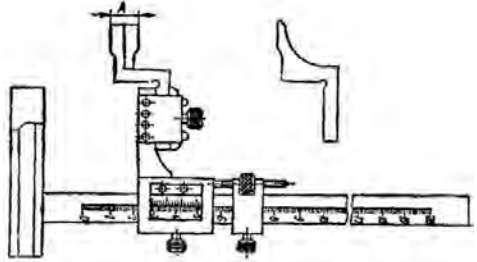
Таблица 3.9 — Характеристики некоторых средств измерения для контроля фрезерных работ

Инструмент	Внешний вид	Пределы измерения, мм	Точность отсчета размера,	Назначение и краткая характеристика
------------	-------------	-----------------------	---------------------------	-------------------------------------

1	2	3	4 мм	5
Линейка измерительная		0-150 0-300 0-500 0-1000	$\pm 0,5$	Для измерения линейных размеров. Грубое измерение
Штангенциркуль ШЦ-I		0-125	0,1	Измерение наружных, внутренних размеров, глубин и высот
Штангенциркуль ШЦ-II		0-160 0-250	0,1 0,5	Измерение наружных, внутренних размеров. Ширина губок для внутренних измерений 10 мм. Точное измерение.

Окончание таблицы 3.8.

1	2	3	4	5
Штангенглубиномер		0-160 0-250 0-400	0,05 0,1 0,1	Измерение глубины пазов, уступов, канавок
Микрометр гладкий		0-300 с интервалом 25 мм, 300-600 с интервалом 100 мм.	0,01	Для точных наружных измерений

Штангенрейсмас		0-250 40-400 60-630 100-1000 60-1600	0,05 0,1	Измерение высоты, проверка установки заготовки и разметка
----------------	---	--	-------------	---

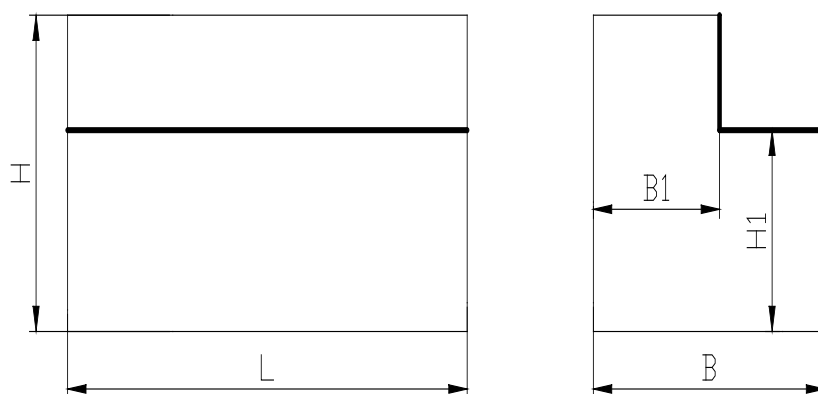
Контроль шероховатости поверхности следует осуществлять с помощью набора образцов (рисунок 1.1, в).

### 3.6. Вопросы для самоконтроля

1. Назовите главные компоненты широкоуниверсального консольно-фрезерного станка.
2. В чем заключается широкоуниверсальность консольно-фрезерного станка мод. 6Т81Ш и как оценивается ее положительная сторона?
3. Какие компоненты широкоуниверсального консольно-фрезерного станка совершают главные движения и движения подачи?
4. Как настроить частоту вращения шпинделя, если заданы: скорость резания  $V=60$  м/мин, а диаметр фрезы  $d=185$  мм?
5. Каково назначение стола широкоуниверсального консольно-фрезерного станка?
6. Каково назначение салазок широкоуниверсального консольно-фрезерного станка?
7. Каково назначение консоли горизонтального широкоуниверсального консольно-фрезерного станка?
8. Каково назначение ползуна (хобота) широкоуниверсального консольно-фрезерного универсального станка?
9. Каково назначение серьги ползуна (хобота)?
10. Каковы роль и значение вертикальной фрезерной головки?
11. В каких плоскостях и на какие предельные углы может поворачиваться фрезерная головка относительно оси вертикального шпинделя?
12. Что и как нужно сделать, чтобы во время работы станка не было самопроизвольного сдвига консоли, салазок, ползуна и вертикальной фрезерной головки?
13. Назовите группы инструментов, которые применяются на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке.
14. Назовите виды формообразования поверхностей на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке.
15. Как устанавливаются фрезы в горизонтальном шпинделе станка?

16. Как устанавливаются фрезы в вертикальный шпиндель станка?
17. Перечислите способы установки заготовок в виде планок и корпусных деталей на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке.
18. Назовите способы установки цилиндрических заготовок на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке.
19. Как установить призматическую заготовку на столе широкоуниверсального консольно-фрезерного универсального для обработки уступа?
20. Как установить дисковую заготовку на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке для обработки пазов?
21. Как установить заготовку вала на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке для фрезерования шпоночного паза?
22. Как и с помощью чего можно осуществить на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке фрезерование плоскости под углом к технологической базе?
23. Каковы технологические возможности широкоуниверсального консольно-фрезерного станка?
24. Какие средства используются для контроля качества поверхностей после фрезерования?

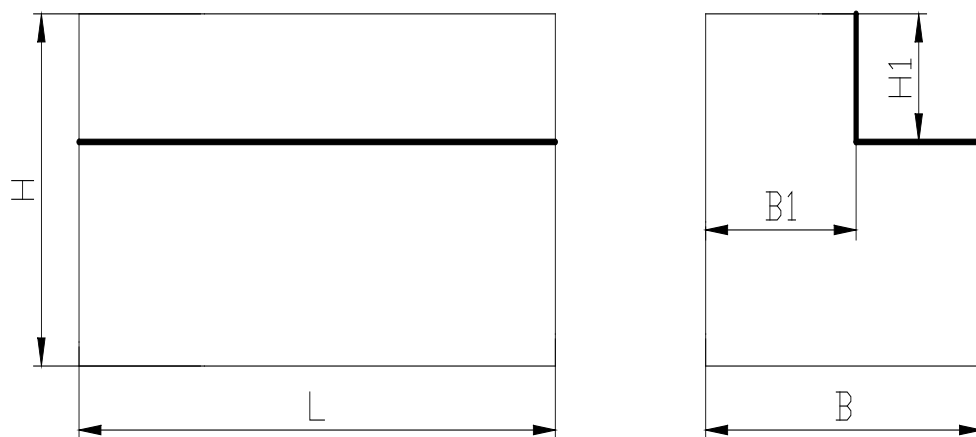
### 3.7. Задания по проектированию операций обработки на широкоуниверсальном консольно-фрезерном станке



Материал Сталь 45

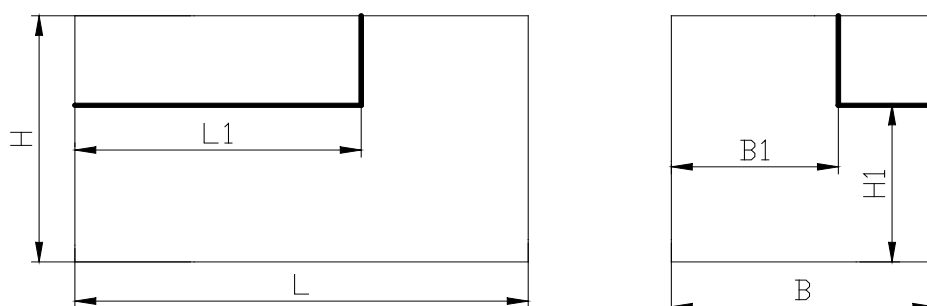
№	H	B	L	H1	B1
1	40	60	240	35 IT11	50 IT11
2	50	85	280	40 IT10	70 IT10
3	60	90	300	52 IT9	55 IT9
4	80	120	350	60 IT9	100 IT9



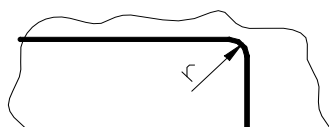


Материал СЧ10

№	H	B	L	H1	B1
5	40	60	240	10 IT11	50 IT11
6	50	85	280	15 IT11	70 IT11
7	60	90	300	8 IT10	55 IT10
8	80	120	350	20 IT9	100 IT9



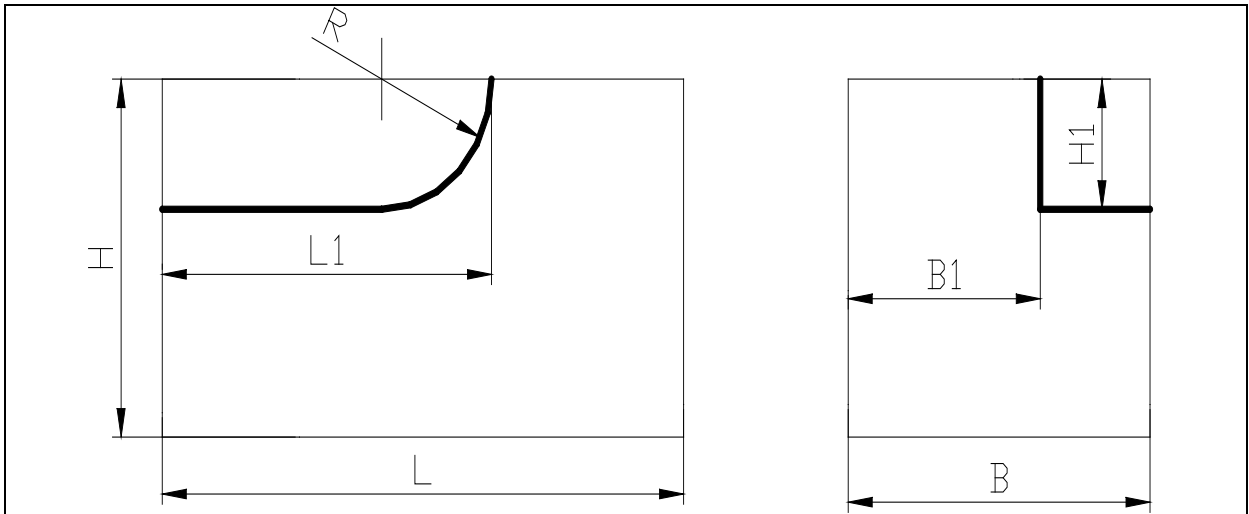
Вид А



Материал Сталь 45

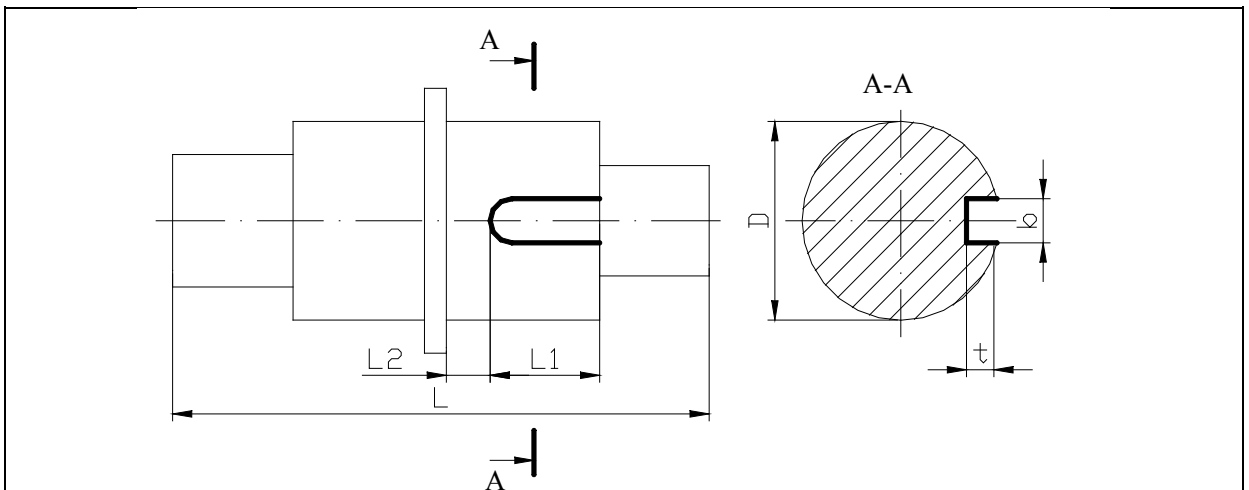
№	L	B	H	r	L1	B1	H1
9	250	120	100	12	200 IT11	100 IT11	80 IT11
10	300	140	120	10	220 IT11	125 IT11	105 IT11
11	320	200	160	15	280 IT11	182 IT10	142 IT10

12	380	180	200	12	300 IT11	162 IT10	174 IT10
----	-----	-----	-----	----	----------	----------	----------



Материал Сталь 45

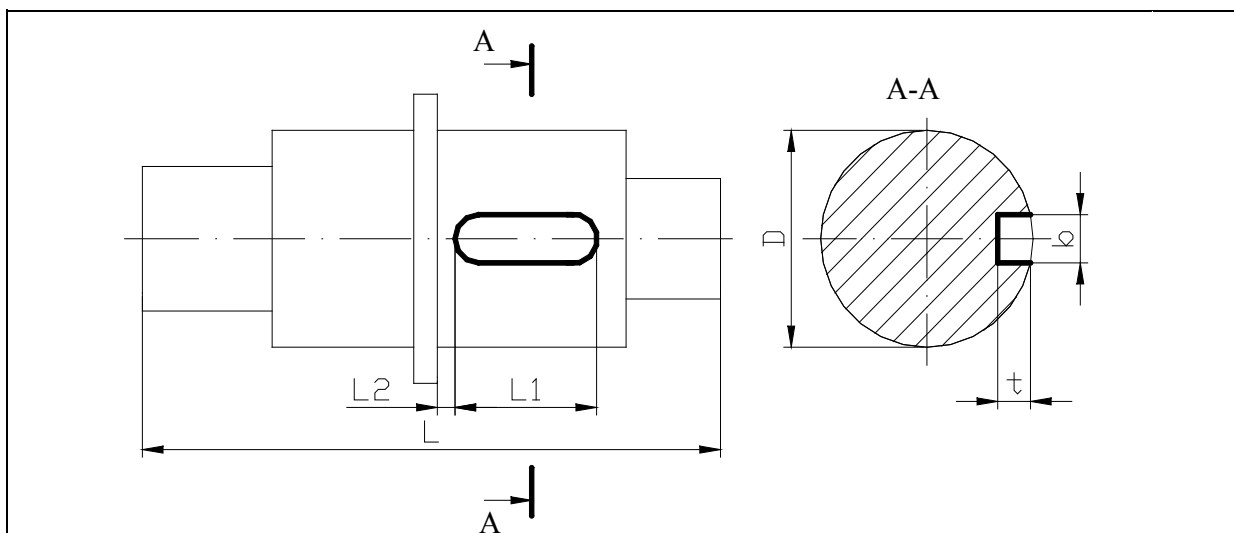
№	L	B	H	R	L1	B1	H1
13	250	120	100	20	200 IT11	100 IT11	15 IT11
14	300	140	120	30	220 IT11	125 IT11	20 IT11
15	320	200	160	50	280 IT10	182 IT10	16 IT10
16	380	180	200	18	300 IT9	162 IT9	18 IT9



Материал Сталь 45

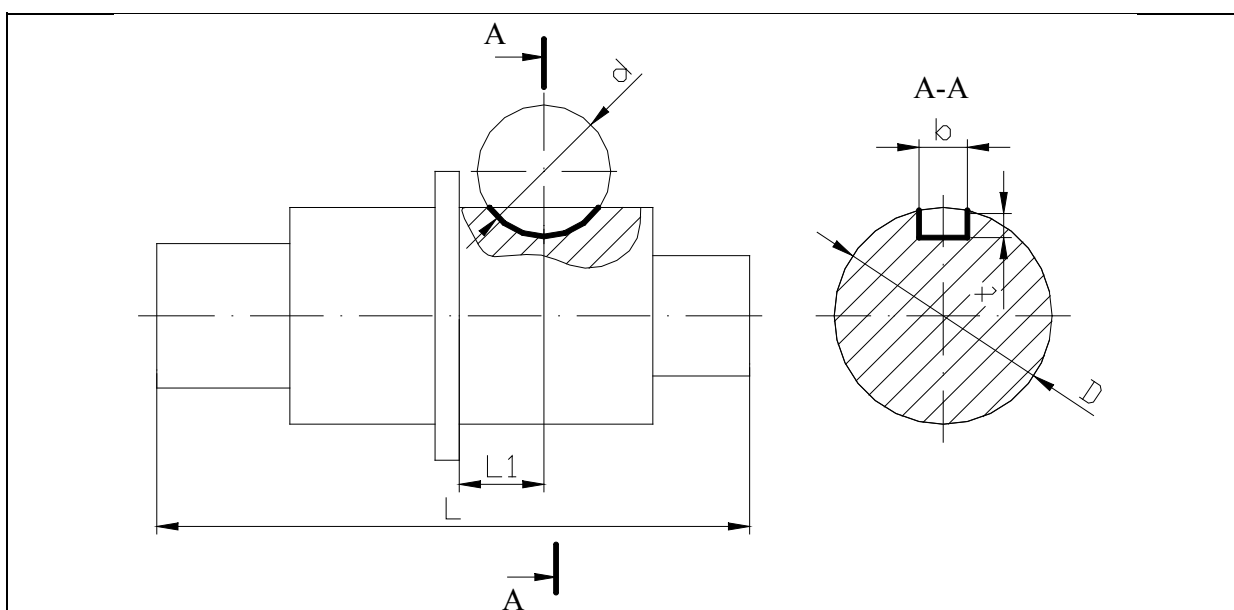
№	L	L2	L1	D	b	t
17	260	2	20 IT11	25	6 IT9	3,8 IT10
18	300	3	25 IT10	30	8 IT8	4,5 IT9

19	400	5	30 IT911	45	12 IT9	5,2 IT10
20	500	5	40 IT10	60	16 IT8	6,5 IT9



Материал Сталь 45

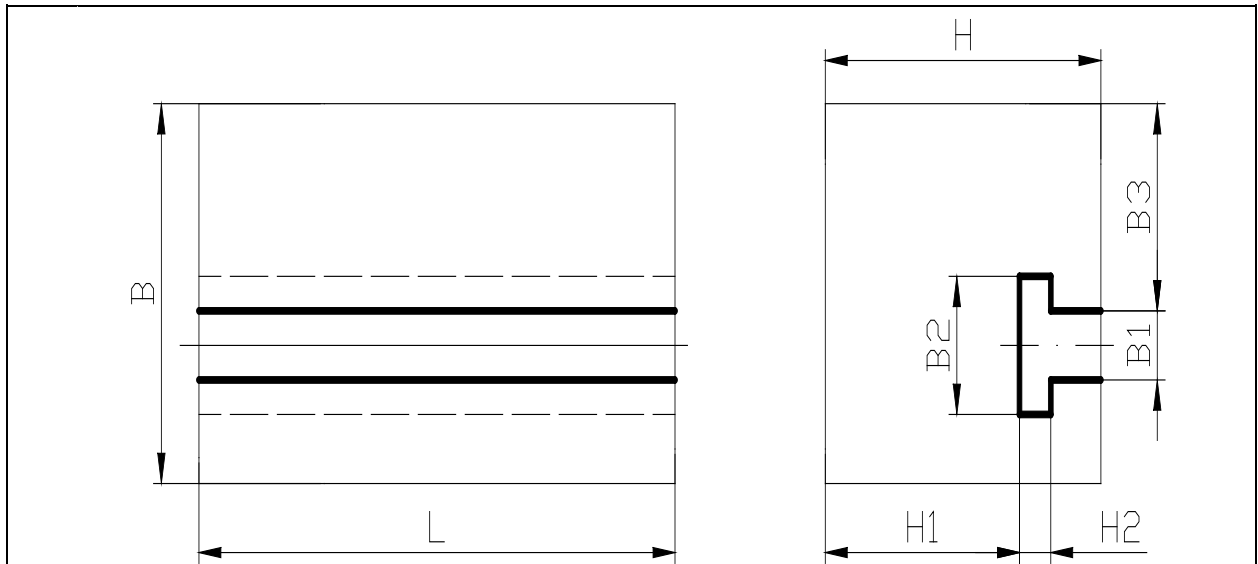
№	L	L2	L1	D	b	t
21	260	2	20 IT11	25	6 IT9	3,8 IT10
22	300	3	25 IT10	30	8 IT8	4,5 IT9
23	400	5	30 IT911	45	12 IT9	5,2 IT10
24	500	5	40 IT10	60	16 IT8	6,5 IT9



Материал Сталь 45

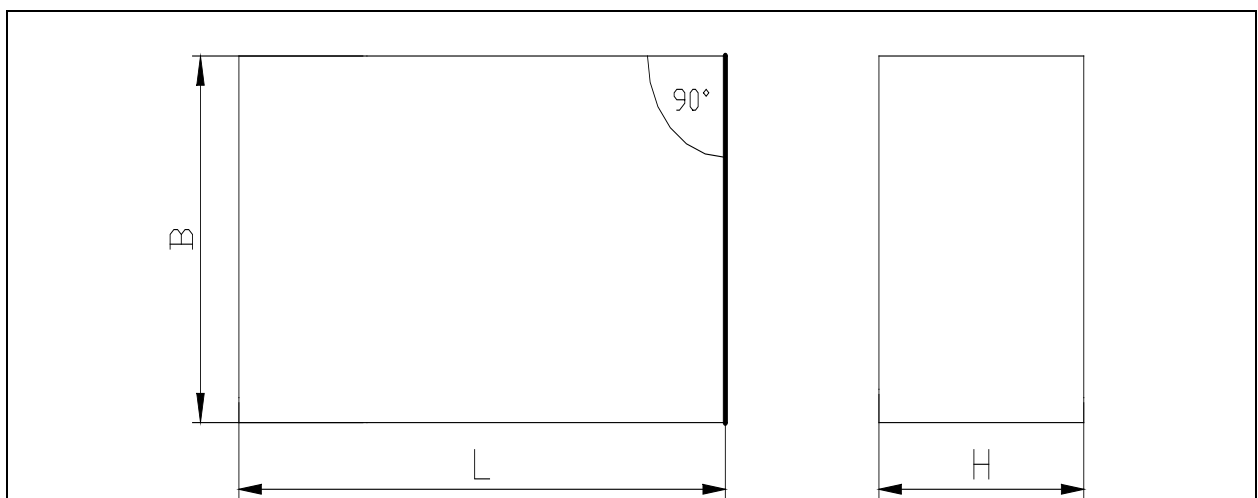
№	L	L1	D	d	b	t
25	200	20	18	25	5 IT8	8,7

26	250	30	24	32	6 IT9	11,2
27	300	32	30	35	8 IT8	12,2
28	320	40	36	38	10 IT9	11,7



Материал Сталь 45

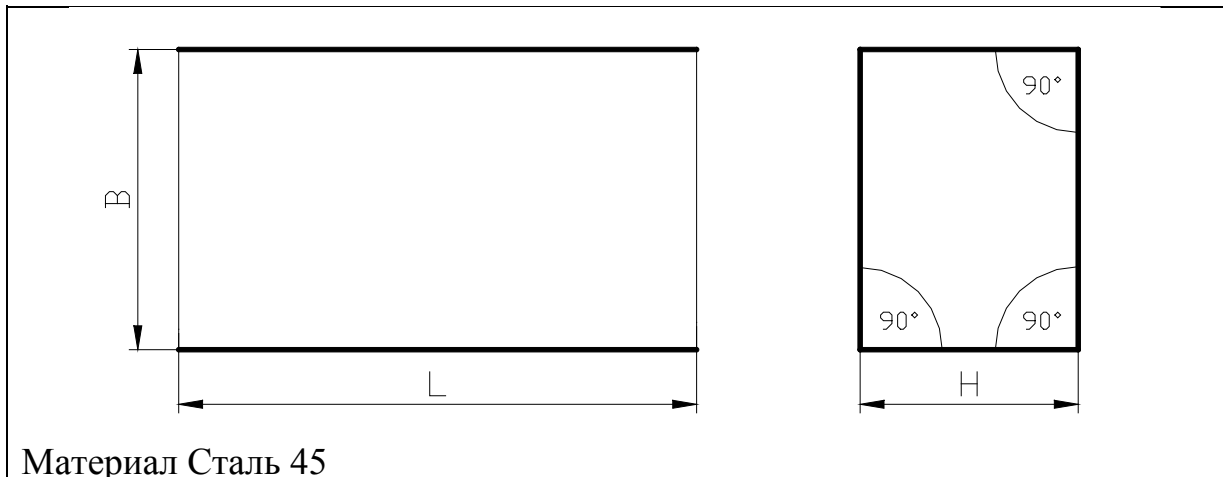
№	L	B	H	H1	B3	B1	B2	H2
29	300	160	140	121	80	12 IT11	20	9
30	400	240	200	175	120	14 IT10	24	11
31	450	280	220	186	140	18 IT10	30	14
32	500	300	240	202	150	22 IT9	36	16



Материал СЧ10

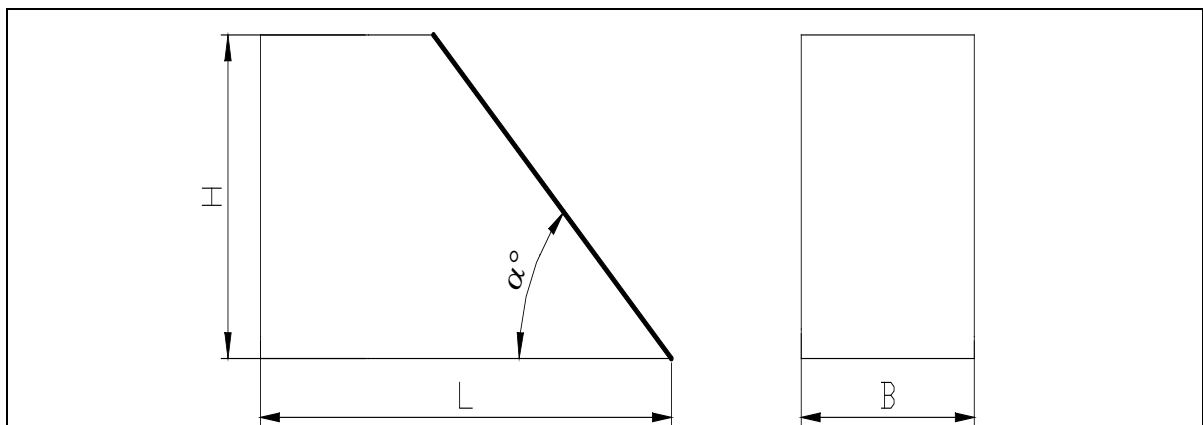
№	L	B	H
---	---	---	---

33	250 IT11	120	120
34	300 IT11	180	160
35	360 IT10	100	180
36	400 IT9	200	120



Материал Сталь 45

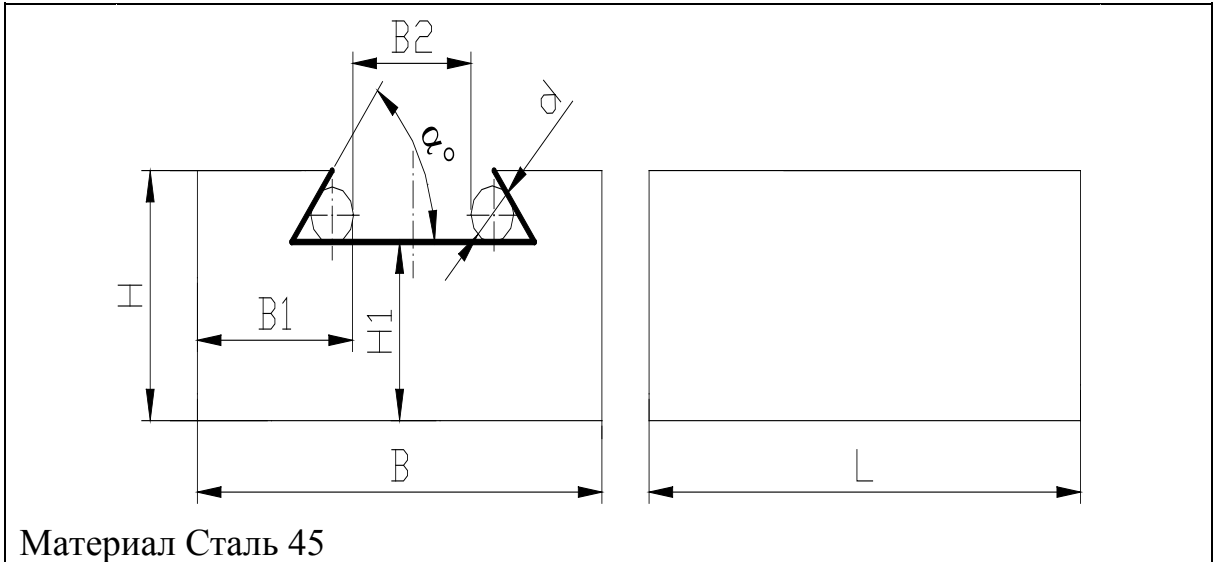
№	L	B	H
37	250	120 IT11	120 IT11
38	200	100 IT11	160 IT11
39	160	100 IT10	180 IT10
40	200	100 IT9	120 IT9



Материал Сталь 45

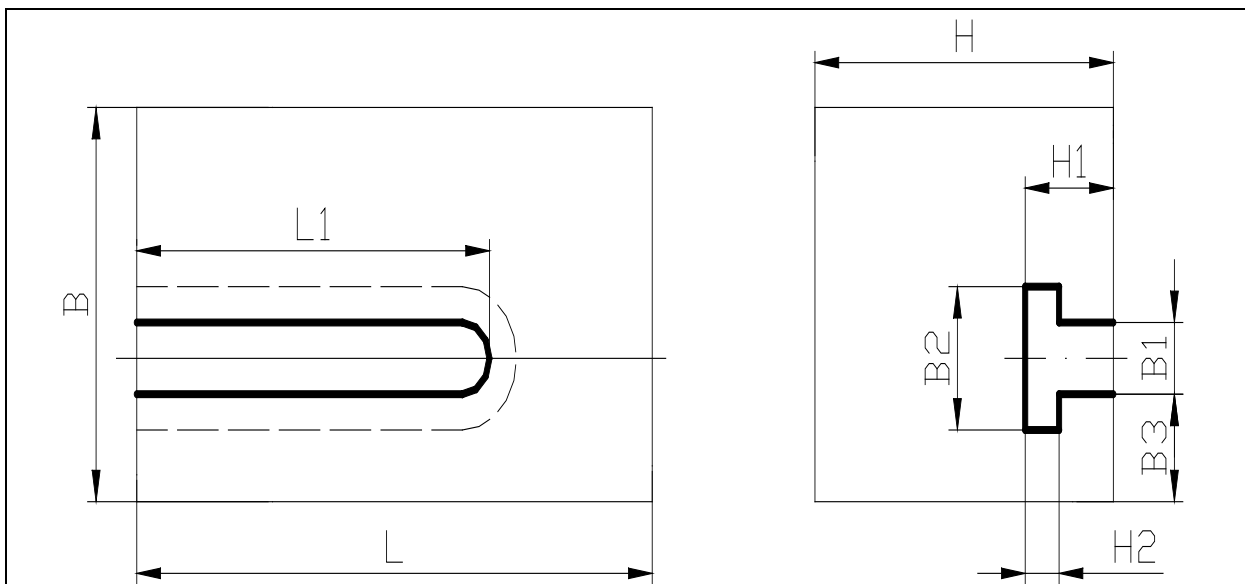
№	L	H	B	$\alpha$
41	200 IT11	100	60	60
42	250 IT11	150	85	75

43	300 IT10	120	50	60
44	350 IT9	160	75	45



Материал Сталь 45

№	L	B	H	B1	B2	d	H1	$\alpha$
45	300	200	240	30 IT11	140	16	220 IT11	60
46	320	220	260	20 IT11	160	10	250 IT11	55
47	360	260	200	40 IT9	180	20	175 IT9	60
48	400	300	220	40 IT9	200	12	205 IT9	55



Материал Сталь 45

№	L	B	H	B3	L1	B1	B2	H1	H2
53	300	180	200	68	250	12 IT9	20	19	9
54	360	200	160	80	300	14 IT8	24	25	11

55	450	220	180	80	400	18 IT9	30	34	14
56	520	300	250	100	500	22 IT8	36	38	16

## 4. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ (работа №3)

### 4.1. Исходные данные

*Цель работы:* изучение сверлильных станков и их движений, способов осевой обработки стальных заготовок (сверлением, рассверливанием, зенкерованием, развертыванием, резьбонарезанием), оснастки (инструмента и приспособлений), выбор приспособления, инструмента и схемы обработки по заданию №... с определением параметров режима резания.

*Оборудование и принадлежности:* вертикально- и радиально-сверлильные станки, инструменты, приспособления, контрольные средства, чертеж заготовки по заданию.

*Порядок выполнения работы:* 1) подробное изучение заготовки и требований к ее обработке по заданию, выбор станка и набора инструментов в соответствии с таблицами 4.3, 4.4 и 4.5 для достижения заданного диаметра и точности отверстия, определение размера инструмента и припуска для окончательной (отделочной) обработки, которая и будет объектом внимания при выполнении настоящей работы по заданию; 2) изучение выбранного станка и описание его возможностей с изображением схемы, движений и технической характеристики; 3) изучение и описание сущности и процессов осевой обработки (сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания и т.п.) с подробным описанием завершающего процесса обработки заготовки по заданию; 4) изучение и описание инструмента и приспособлений для завершающей обработки заданной заготовки; 5) разработка и изображение совмещенной схемы установки и обработки предложенной заготовки с определением параметров режима окончательной обработки; 6) формулирование технических выводов по работе с указанием положительных, а возможно и ограниченных возможностей сверлильных станков, средств их технологического оснащения и процессов обработки на них; 7) оформление отчета по приведенному ниже плану.

#### План отчета

1. Устройство и возможности выбранного сверлильного станка.
2. Сущность и способы осевой обработки на сверлильных станках.
3. Описание выбранных для завершающей обработки заготовки инструмента и приспособлений.
4. Совмещенная схема установки и обработки, параметры режима и контроль качества отделочной обработки заданной заготовки.
5. Выводы.

## 4.2. Основные компоненты сверлильных станков

Вертикально- и радиально-сверлильные станки предназначены для сверления отверстий в сплошном материале, рассверливания и зенкерования предварительно просверленных отверстий, зенкования торцовых поверхностей, развертывания отверстий, нарезания резьбы метчиками и выполнения других операций осевой обработки. Принципиальное отличие радиально-сверлильных от вертикально-сверлильных станков состоит в том, что при обработке отверстий на радиально-сверлильных станках инструмент перемещают (позиционируют) относительно обрабатываемой заготовки обычно больших габаритов, а на вертикально-сверлильных - позиционируют сравнительно небольшую заготовку. Шпиндель радиально-сверлильного станка легко можно перемещать как в радиальном направлении, так и по окружностям различных радиусов. Это дает возможность сверлить отверстия в любой точке больших по габаритам заготовок.

На рисунках 4.1 и 4.2 приведены общие виды соответственно вертикально-сверлильного и радиально-сверлильного станков. Поперечное сечение колонны (стойки) 10 (рисунок 4.1) вертикально-сверлильного станка представляет собой коробчатый прямоугольник, передняя сторона которого является направляющей для перемещения сверлильной бабки (головки) 5 и стола 3, который перемещают по направляющим колонны вручную с помощью винтового механизма рукояткой 2. Стол станка имеет три Т-образных паза.



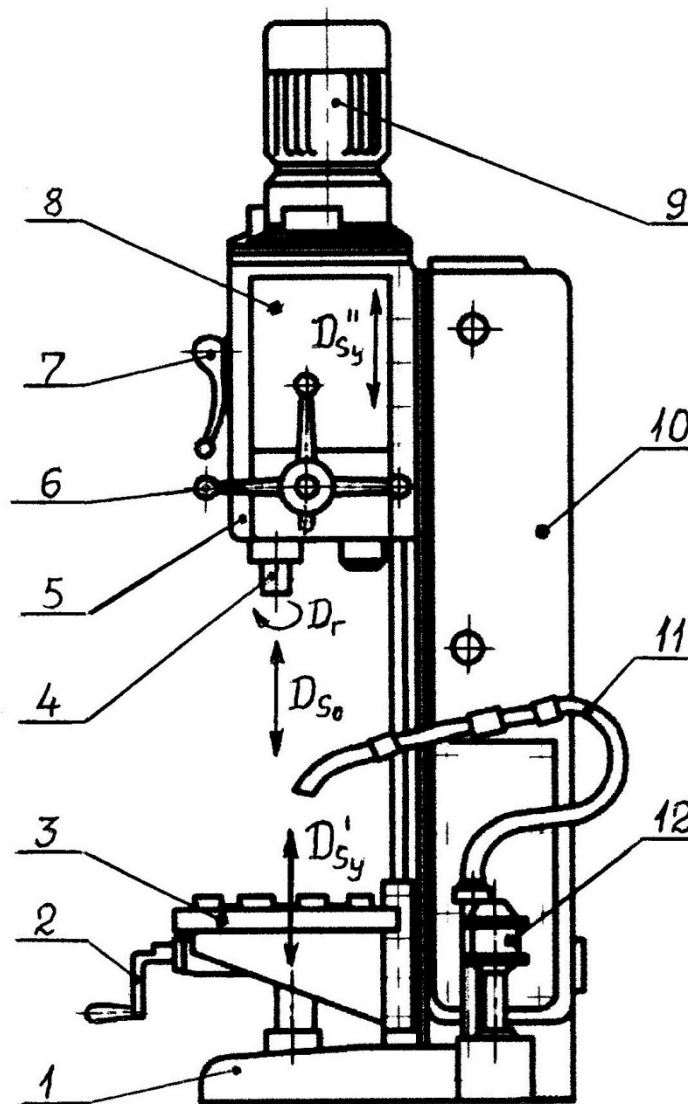


Рисунок 4.1 – Общий вид вертикально-сверлильного станка:

1 – фундаментная плита с емкостью для СОЖ; 2 – рукоятка механизма фиксированного перемещения стола по направляющим колонны; 3 – стол; 4 – шпиндель; 5 – сверлильная бабка (головка); 6 – штурвал ручной подачи; 7 – рукоятки управления коробками скоростей и подач; 8 – коробка скоростей и подач; 9 – привод (электродвигатель) сверлильной головки; 10 – колонна (стойка) с вертикальными направляющими; 11 – устройство подведения СОЖ в зону резания; 12 – электродвигатель с насосом подачи СОЖ;  $D_r$  – главное движение (вращение шпинделя с инструментом);  $D_{S_0}$  – движение осевой (вертикальной) подачи;  $D_{S_y}'$  – установочное фиксированное движение стола по направляющим колонны;  $D_{S_y}''$  – установочное фиксированное движение сверлильной головки по направляющим колонны

Внутри колонны размещается грузовой противовес шпинделя. В сверлильной головке расположены механизм главного движения, управляемый с помо-

шью рукоятки 7, и штурвал 6 для управления механизмом подач сверлильного шпинделя 4. Колонна станка прикреплена к фундаментной плите 1 (основанию). В этой плите размещается бак для эмульсии, которая подается электронасосом 12 в устройство 11 подведения СОЖ.

**Техническая характеристика станка мод. 2Н135**

Наибольший условный диаметр сверления, мм	35
Размер конуса Морзе шпинделя	4
Вылет шпинделя, мм	300
Наибольший ход шпинделя, мм	250
Расстояние от конца шпинделя до стола, мм:	
наименьшее	30
наибольшее	750
Наибольшее вертикальное перемещение, мм:	
сверлильной бабки (головки)	170
стола	300
Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина), мм	450 x 500
Ход стола, мм	300
Число частот вращения шпинделя	12
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	31,5 - 1400
Число подач шпинделя	9
Пределы подач шпинделя, мм/мин	0,1 – 1,6
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	4

Варианты частот вращения шпинделя  $n$  и подач  $S_o$  вертикально-сверлильного станка 2Н135 приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 — Ряды частот вращения шпинделя и подач станка мод. 2Н135

$n,$ мин <sup>-1</sup>	31,5	45	63	90	125	180	230	350	500	710	1000	1400
$S_o,$ мм/об	0,1	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80	1,12	1,60			

Основанием радиально-сверлильного станка является фундаментная плита 1 (рисунок 4.2), на которой укреплены колонны 2 с поворотной гильзой 3. Траверса 4 (рукав) станка со шпиндельной головкой 6 смонтированы на поворотной колонне и могут перемещаться по ней с помощью механизма подъема 5, установленного на верхнем торце колонны.

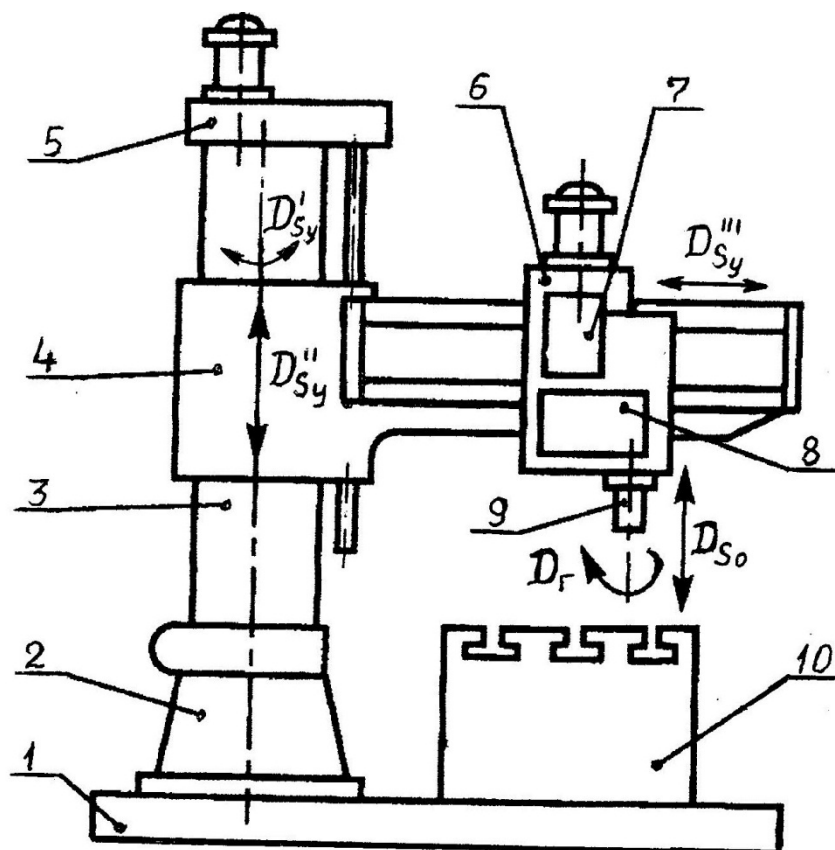


Рисунок 3.2 – Общий вид радиально-сверлильного станка: 1 - фундаментная плита; 2 – колонна; 3 – поворотная гильза; 4 – траверса (рукав) с направляющими для перемещения сверлильной головки; 5 – механизм фиксированного перемещения траверсы по высоте; 6 – сверлильная (шпиндельная) головка; 7 – коробка скоростей; 8 – коробка подач; 9 – шпиндель; 10 – стол;  $D_r$  – главное движение (вращение шпинделя с инструментом);  $D_{So}$  – движение осевой (вертикальной) подачи;  $D_{Sy}'$  – установочное фиксированное движение поворота гильзы с траверсой;  $D_{Sy}''$  – установочное фиксированное движение траверсы по гильзе;  $D_{Sy}'''$  – установочное фиксированное движение сверлильной головки по направляющим траверсы

Сверлильная головка выполнена в виде отдельного агрегата, в котором смонтированы следующие узлы: коробки скоростей и подач, механизм подач, шпиндель 9 с противовесом, механизмы управления коробками скоростей 7 и подач 8 и др. В фундаментной плите расположены бак и насосная станция подачи СОЖ к режущему инструменту. На фундаментной плите расположен стол 10 для закрепления и обработки на нем заготовок небольшого размера. Крупные заготовки могут размещаться прямо на полу у станка.

### **Техническая характеристика радиально-сверлильного станка мод. 2К52**

Наибольший условный диаметр сверления, мм	35
Расстояние от шпинделя до колонны (вылет шпинделя), мм	300 - 800
Расстояние от торца шпинделя до плиты, мм	220 – 1000
Наибольшие перемещения, мм:	

вертикальное, траверсына колонне	500
горизонтальное, сверлильной головки по траверсе	780
Конус Морзе отверстия шпинделя	4
Ход шпинделя, мм	250
Число частот вращения шпинделя	12
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	45 – 2000
Число подач шпинделя	4
Пределы подач шпинделя, мм/мин	0,056 – 0,32
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	2,5

Варианты частот вращения шпинделя  $n$  и подач  $S_o$  радиально-сверлильного станка мод. 2К52-2 представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Ряды частот вращения шпинделя и подач станка мод. 2К52

$n, \text{мин}^{-1}$	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 140; 2000
$S_o, \text{мм/об}$	0,056; 0,100; 0,180; 0,320

При выборе соответствующего станка для обработки заготовки для выполнения завершающей обработки по заданию назначенные по таблицам параметры режима резания необходимо уточнять по таблицам 3.1 и 3.2 рядов частот вращения шпинделя и подач, имеющих на выбранном станке.

### 4.3. Инструменты и приспособления для их установки при осуществлении способов осевой обработки

Сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рисунок 4.3). Конический или цилиндрический хвостовик служит для закрепления сверла в шпинделе станка или в патроне.

Повышение производительности и точности обработки отверстий сверлением и рассверливанием достигается различными способами. К ним можно отнести применение новых материалов для режущей части, совершенствование геометрии инструмента, новые способы затачивания и т. д. Использование этих способов во многих случаях дает возможность повышать режимы резания или увеличивать стойкость сверл.

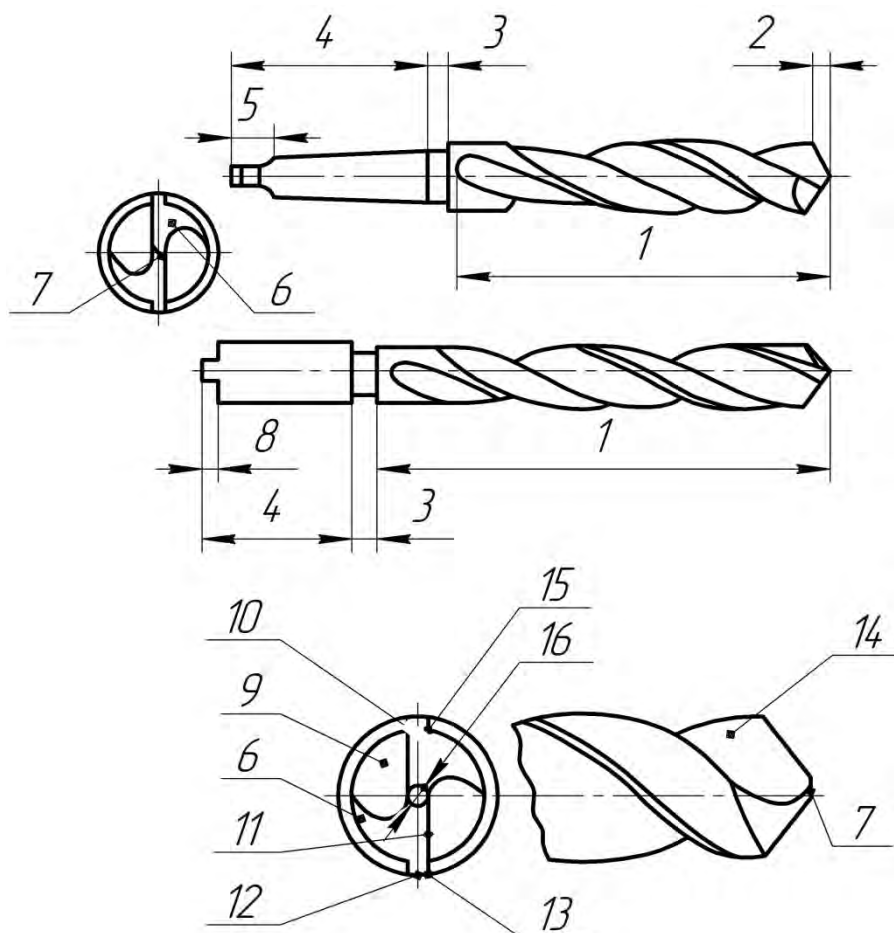


Рисунок 4.3 — Части и конструктивные элементы спирального сверла:

1 — рабочая часть; 2 — режущая часть; 3 — шейка; 4 — хвостовик;  
 5 — лапка; 6 — зуб; 7 — поперечная кромка; 8 — поводок; 9 — стружечная канавка;  
 10 — задняя поверхность; 11 — режущие кромки; 12 — ленточка; 13 — кромка ленточки;  
 14 — передняя поверхность; 15 — спинка зуба;  
 16 — сердцевина

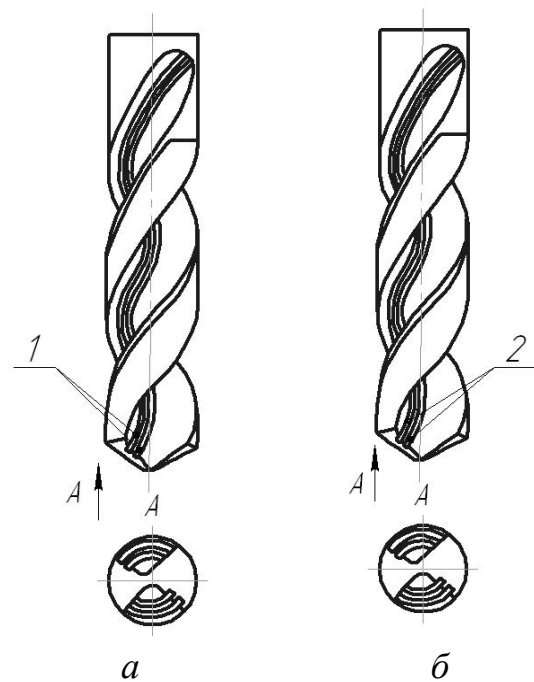


Рисунок 4.4 — Спиральное сверло с наружными канавками для подвода СОЖ

Снижение трения стружки о стенки стружечных канавок улучшает ее отвод и уменьшает тепловыделение в зоне обработки. Для этого может быть применено спиральное сверло с канавками 1 (рисунок 4.4, а) либо выступами 2 (рисунок 4.4, б) на стружечных канавках. Наряду с уменьшением площади трения стружки о переднюю поверхность сверло такой конструкции позволяет улучшить подвод СОЖ в зону обработки даже при заполнении стружечных канавок стружкой, обеспечить ее дробление.

Подвод СОЖ к зоне резания при сверлении является действенным фактором повышения стойкости инструмента. СОЖ может быть подведена по каналам внутри сверла, расположенным в перьях или в утолщенной сердцевине с выходом их на переднюю или заднюю поверхность инструмента.

Разновидности другого инструмента для осевой обработки показаны на рисунке 4.5. Центровочные сверла (рис. 4.5, а) используются для обработки центровых отверстий (гнезд). Зенкеры (рис. 4.5, б—г) применяются для формирования соответственно цилиндрических (б), конических (в) и торцовых (г) поверхностей отверстий, предварительно полученных литьем, штамповкой или сверлением. Они могут иметь геометрические параметры: с углом наклона канавок  $\omega = 10\text{—}20^\circ$ ; задний угол режущих кромок  $\alpha = 5\text{—}8^\circ$ ; передний угол  $\gamma = 0\text{—}20^\circ$ . Развертки цилиндрические и конические (рис. 4.5, д, е) могут быть со вставными ножами (д) и цельными (е). Геометрические параметры:  $\alpha = 6\text{—}15^\circ$  (заборная режущая часть),  $\alpha' = 0\text{—}10^\circ$  (калибрующая часть). Для отделочной

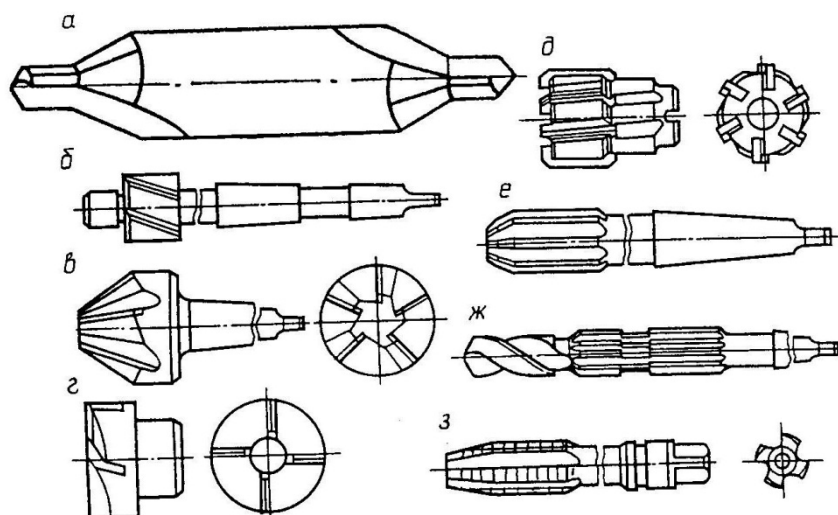


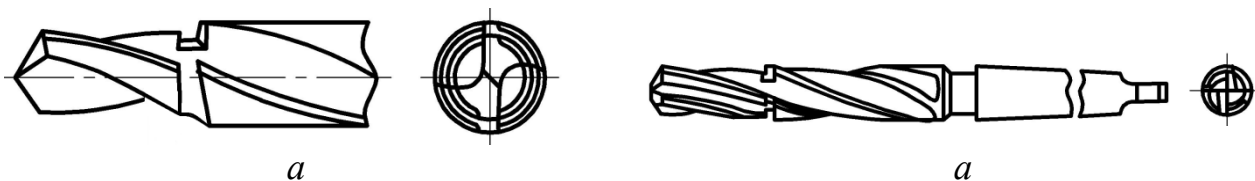
Рисунок 4.5 – Инструменты для осевой обработки

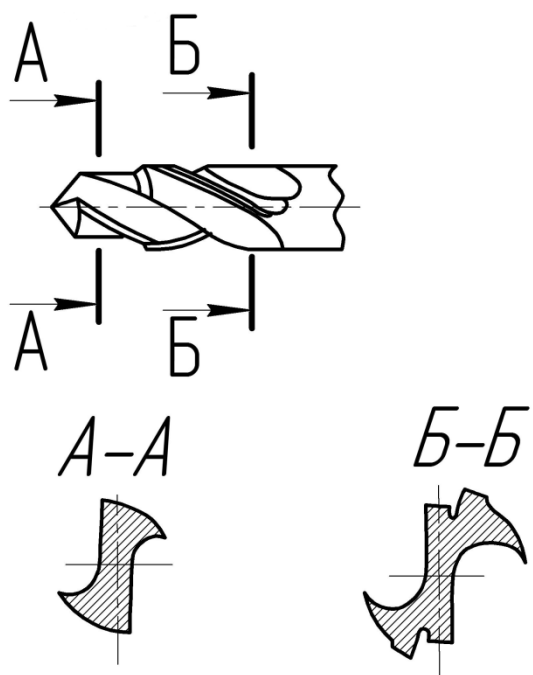
обработки могут применяться развертки с углом наклона канавок к оси инструмента  $\omega = 7\text{—}20^\circ$ . В крупносерийном и массовом производствах часто используется комбинированный осевой инструмент, например сверло, зенкер, развертка (рис. 4.5, ж). Для нарезания внутренних резьб употребляются метчики (рис. 4.5, з).

Конические развертки (рисунок 2.11) предназначены для получения отверстий с требуемыми конусностью, точностью и шероховатостью поверхности.

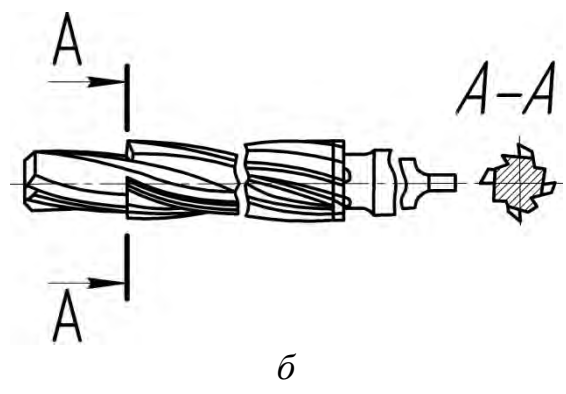
Особое внимание следует уделять комбинированному инструменту для высокопроизводительной совмещенной во времени осевой обработки гладких и ступенчатых отверстий. Комбинированные сверла и зенкеры при малом перепаде диаметров ступеней изготавливаются перешлифовкой различных инструментов (рисунок 4.6, а и 4.7, а). Такие инструменты допускают сравнительно небольшое количество переточек, ограниченное длиной ступени меньшего диаметра. Поэтому используются сверла и зенкеры с чередующимися зубьями (рисунок 4.6, б и 4.7, б), у которых калибрующий участок каждой ступени проходит по всей длине рабочей части. Такие инструменты допускают значительное число переточек.

Для обработки сложных отверстий большого диаметра применяются комбинированные инструменты со вставными зубьями, профиль которых соответствует профилю детали. Иногда используются инструменты с чередующимися зубьями, у которых каждый участок профиля обрабатывается соответствующими зубьями относительно простой формы (рисунок 4.9).





б  
Рисунок 4.6 — Комбинированные сверла



б  
Рисунок 4.7 — Комбинированные зенкеры

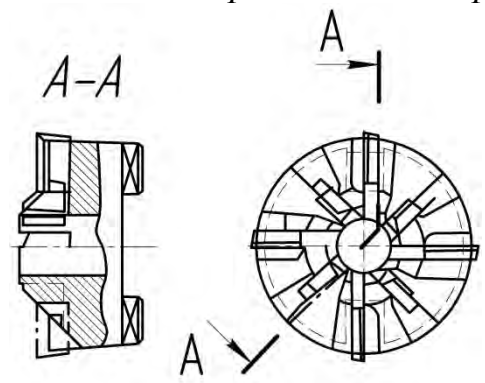


Рисунок 4.8 — Комбинированный зенкер со вставными чередующимися зубьями

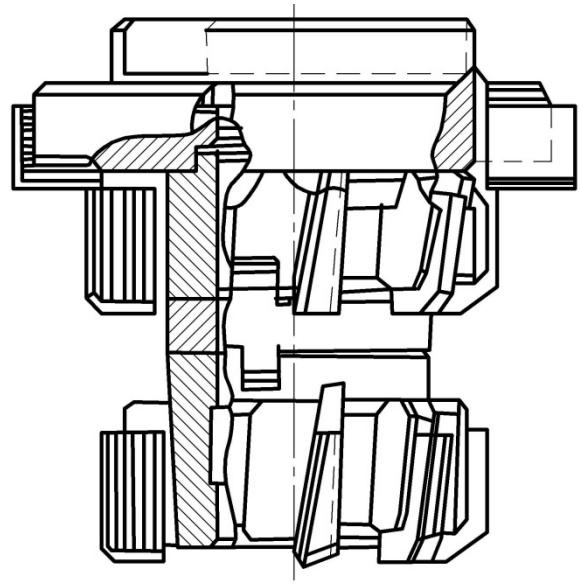


Рисунок 4.9 — Набор зенкеров

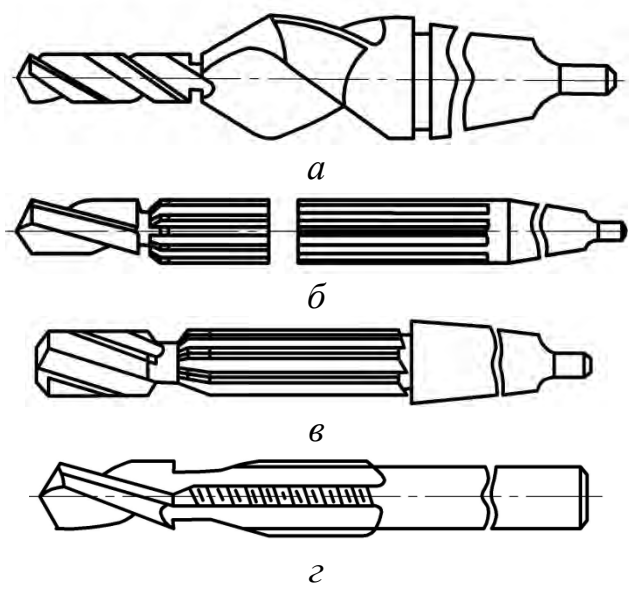


Рисунок 4.10 — Комбинации различных режущих инструментов: а — сверло-зенковка; б — сверло-развертка; в — зенкер-развертка; г — сверло-метчик

В иных случаях находят применение составные комбинированные инструменты, которые представляют собой наборы простых инструментов, закрепленных на общей оправке (рисунок 4.9).



Комбинированные инструменты могут быть также разнотипными (рисунок 4.10). Высокие результаты обеспечиваются комбинированием различных способов обработки, так как появляется возможность одновременно использовать преимущества, свойственные различным инструментам.

Отдельную группу станочных приспособлений для установки в шпинделе станка сверл, зенкеров, разверток составляют оправки, патроны, переходные втулки, цанги, которые называются вспомогательным инструментом. Вспомогательный инструмент должен обеспечивать быстроту установки и надежность крепления инструмента.

Конические посадочные отверстия у шпинделей сверлильных станков для установки в них режущих инструментов с коническими хвостовиками, а также приспособлений выполняют согласно ГОСТ 2847–67, применяя конусы Морзе (рисунок 4.11).

На рисунке 4.12, а показано непосредственное закрепление сверла в коническом отверстии шпинделя с использованием силы трения. Лапка сверла входит в паз шпинделя. В случае, когда режущий инструмент имеет конический хвостовик малых размеров, необходимо пользоваться переходными коническими втулками (рисунок 4.12, б). Втулки центрируются в отверстии шпинделя (или одна в другой) по коническим поверхностям.

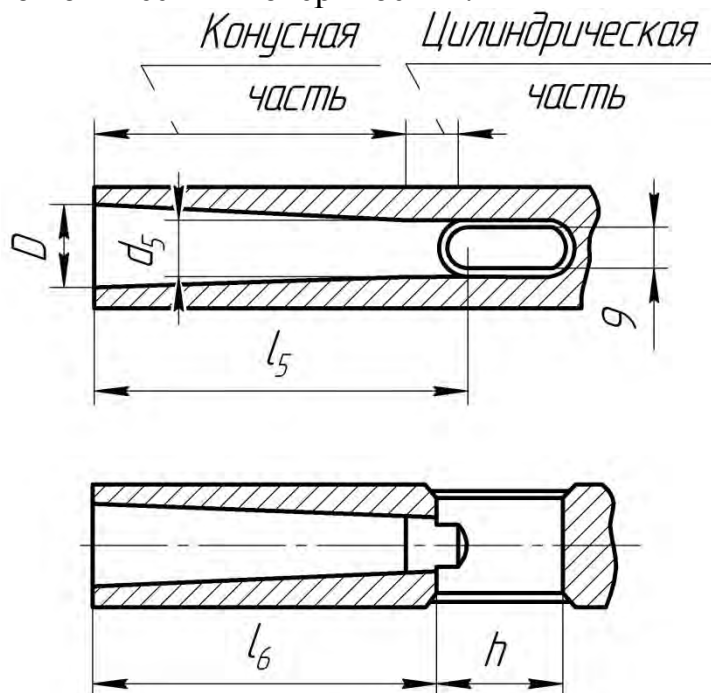


Рисунок 4.11 — Внутренние конусы для крепления инструментов

Сверла, зенкеры и развертки с цилиндрическим хвостовиком и лапкой обычно закрепляют, применяя разрезные конусные втулки (рисунок 4.13, в) как непосредственно в шпинделях станков, так и при помощи переходных втулок, которые изготавливают из сталей 65Г и У8, закаленных до твердости 56 – 61HRC.

Патроны являются более универсальными приспособлениями, чем втулки. Они дают возможность быстро и надежно закрепить режущий инструмент.

Сверлильный трехкулачковый патрон (рисунок 4.13, б, в) состоит из корпуса 2, втулки 3, кулачков 6 и кольца 4. На верхней части кулачков нарезана резьба, которая соединена с резьбой на кольце 4, запрессованном во втулке 3.

Эту втулку при закреплении сверла вначале вращают вручную, а затем ключом 5, на конце которого имеется шестерня, зацепляющаяся с зубьями торца втулки 3.

Ключом поворачивают втулку, и тем самым, кулачки сближаются, центрируют и зажимают инструмент, а при обратном вращении рукоятки 5 происходит освобождение сверла. Для установки в шпиндель стайка у патронов имеет конический хвостовик 1.

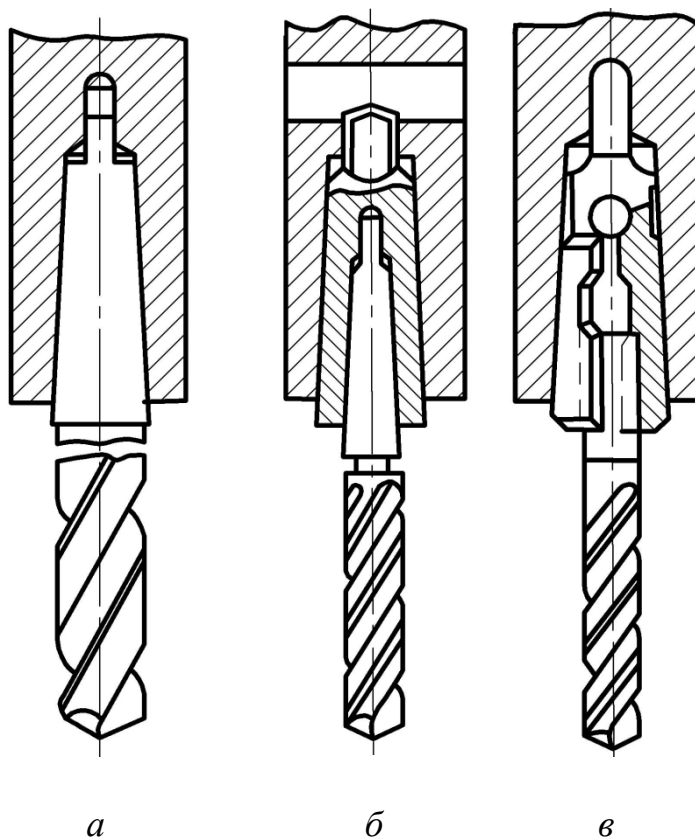


Рисунок 4.12 — Инструменты и втулки, устанавливаемые в шпиндели станков

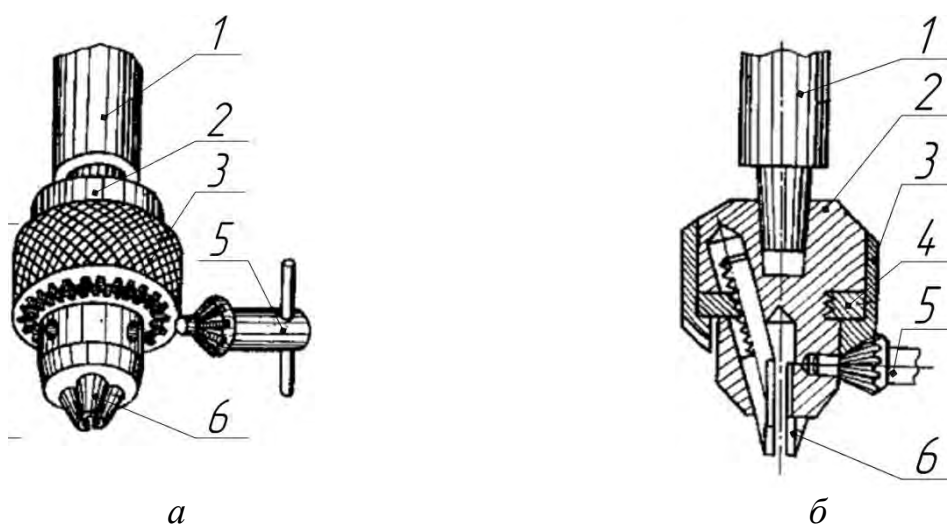


Рисунок 4.13 — Сверлильный трехкулачковый патрон: а — общий вид; б — разрез

Сверлильные патроны с ключом имеют ряд недостатков: необходимость применения ключей для закрепления инструмента, быстрый износ резьбы и кулачков, сравнительно малая степень точности центрирования инструмента, ослабление силы закрепления инструмента во время его работы, сложность изготовления.

Сверлильные трехкулачковые бесключевые патроны (рисунок 4.14) предназначены для закрепления сверл и других инструментов с диаметром хвостовика от 2 до 12 мм. Патроны дают возможность закреплять инструмент вручную без ключа, хорошо центрируют инструмент и надежно удерживают его при работе. Корпус 1 патрона имеет на наружной поверхности накатку. Между корпусом и втулкой 6 установлена обойма 3, в трех пазах ее под углом  $120^\circ$  расположены три кулачка 2. В Т-образные пазы головки винта 5 входят Т-образные головки кулачков. Винт соединен с втулкой 8 левой резьбой. При вращении корпуса 1 по часовой стрелке одновременно вращается обойма 3 с кулачками. Кулачки своими торцами передают вращение на винт 5, вывинчивая его из втулки 8. Благодаря этому происходит смещение кулачков в осевом направлении. Кулачки, перемещаясь по внутренней конической поверхности корпуса, сближаются и производят зажим инструмента. Во время работы винт 5 стремится вывинтиться под воздействием момента силы резания, увеличивает тем самым эту силу, а следовательно, и надежность закрепления инструмента. Для уменьшения силы трения при зажиме или разжиме инструмента между буртиками втулок 8 и 6 размещены шарики 4 (32 шарика диаметром 2,5 мм).

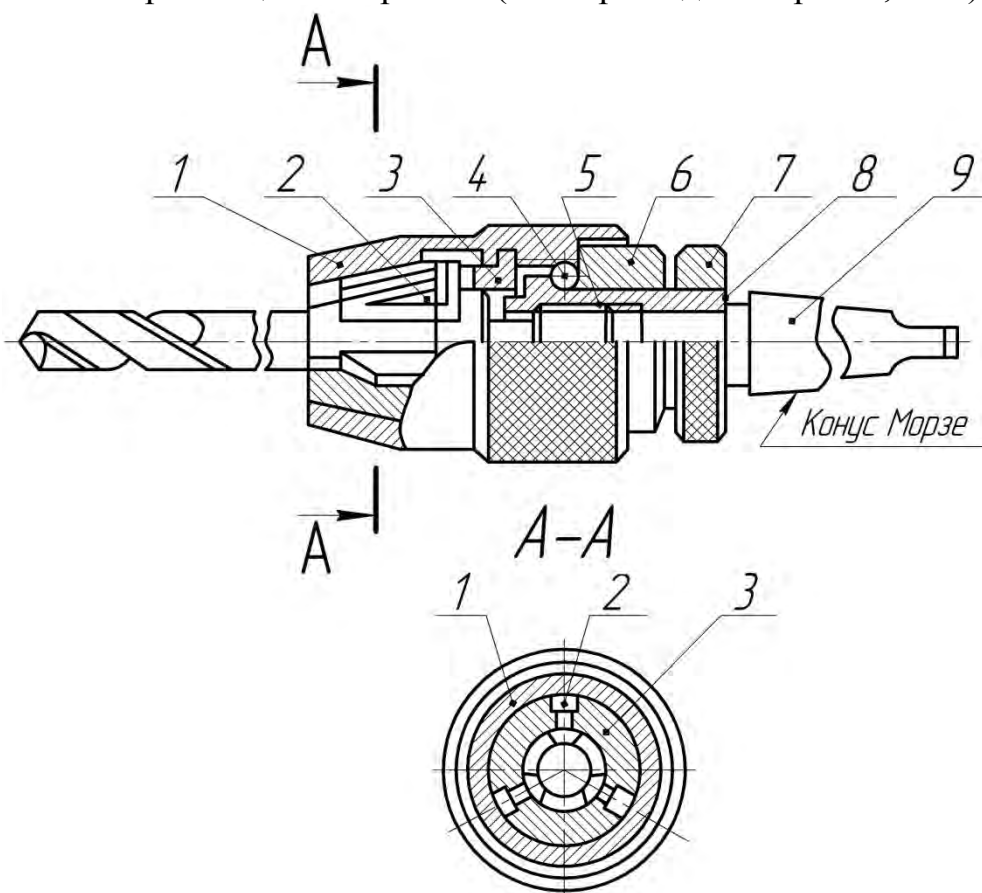


Рисунок 4.14 — Трехкулачковый бесключевой сверлильный патрон

Для смены инструмента корпус 1 вращают против часовой стрелки, при этом винт 5 ввинчивается во втулку 8 и Т-образными пазами головки действует на кулачки 2, освобождая инструмент. Кольцо 7, запрессованное на втулке 8, удерживает патрон при зажиме и разжиме инструмента. Патрон имеет хвостовик 9, который запрессован в отверстии втулки 8.

Цанговые патроны (рисунок 4.15, а) используют для закрепления инструментов малого диаметра с цилиндрическим хвостовиком.

Патрон состоит из корпуса 1 с хвостовиком, цанги 2 и гайки 3. Цанга расположена в отверстии корпуса и конусом сопрягается с внутренним конусом отверстия. На ее резьбовую часть навинчивается зажимная гайка 3. В цанге имеются три разреза, расположенные под углом  $120^\circ$  друг к другу. При завинчивании гайки цанга входит конической частью в коническое отверстие корпуса и сжимается, закрепляя инструмент. При вывинчивании гайки цанга, упруго деформируясь, разжимается и освобождает инструмент. Материал цанги – сталь 65Г или У8А; твердость 59–63 HRC.

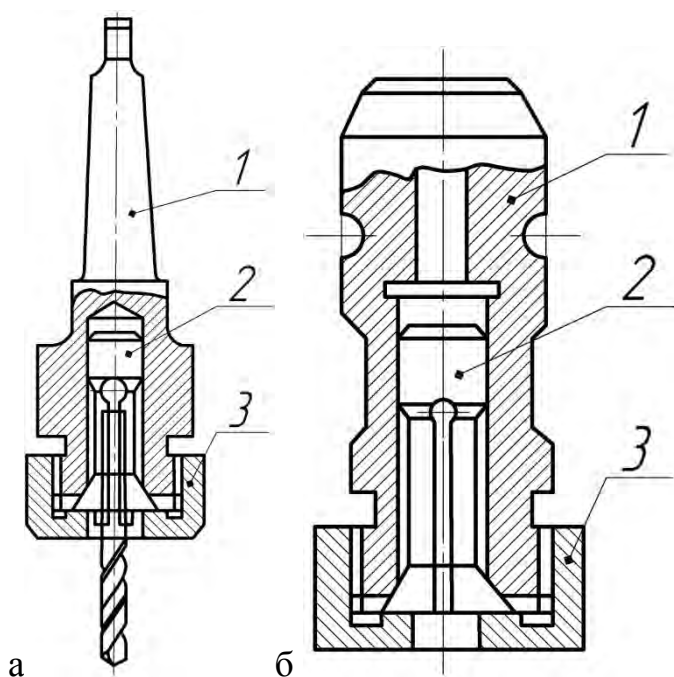


Рисунок 4.15 — Цанговые сверлильный патрон (а) и вставка (б)

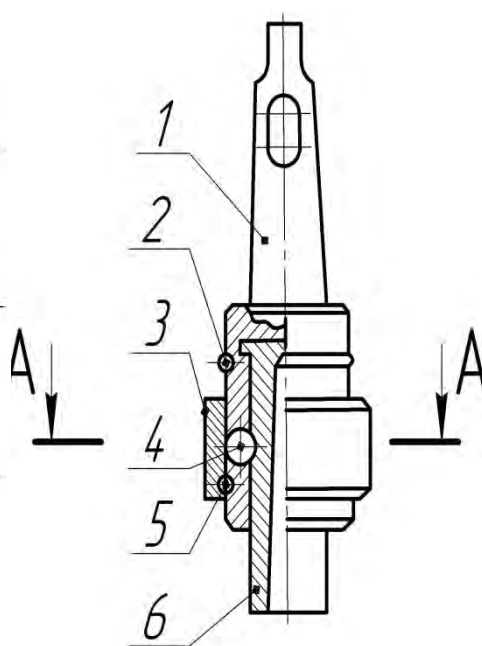


Рисунок 4.16 — Быстросменный патрон с ведущими шариками

Цанговые патроны надежно и достаточно точно закрепляют инструмент. Однако надо иметь в виду, что отклонение диаметра зажимаемого цилиндрического хвостовика от диаметра отверстия цанги не должно превышать  $\pm 0,1$  мм. При несоблюдении этого условия цанговый патрон работает плохо.

При обработке деталей, в которых необходимо последовательно выполнять сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и другие операции, приходится часто менять режущий инструмент. Для сокращения времени на смену инструмента применяют быстросменные патроны, дающие возможность быстро заменить инструмент, в ряде случаев без остановки вращения шпинделя. В настоящее время используются быстросменные патроны с ведущими шариками, ведущим штифтом и поводковые.

На рисунке 4.16 приведен быстросменный патрон с ведущими шариками, применяемый для легких работ. Его конструкция проста и допускает смену инструмента без остановки шпинделя станка. Корпус патрона закрепляют хвостовиком 1 в шпинделе станка. В цилиндрическом отверстии корпуса расположена сменная втулка 6 с конусом для инструмента. Вращательное движение от корпуса патрона втулке передают два шарика 4, находящиеся в поперечных гнездах корпуса. Для замены втулки 6 с режущим инструментом приостанавливают вращение обоймы 3, взяв ее за рифленую поверхность, и поднимают обойму вверх до упора в пружинное кольцо 2, заложенное в паз корпуса. Перемещение обоймы 3 вниз ограничено вторым пружинным кольцом 5.

Для крепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком диаметром от 3 до 16 мм в быстросменном патроне могут использоваться *цанговые вставки* (рисунок 4.15, б). Цанговая вставка состоит из втулки 1, цанги 2 и гайки 3. Закрепление инструмента осуществляется так же, как и в цанговом патроне.

Высокая точность обработки отверстий разверткой достигается при постоянной установке заготовки. Если сверление отверстия и последующее его развертывание выполняется с переустановкой обрабатываемой заготовки, то при этом оси обрабатываемого отверстия и развертки, как правило, не совпадают. При жестком креплении развертки несовпадение осей отверстия и инструмента приводит к снижению точности обработки и появлению брака. Чтобы избежать этого, для крепления разверток применяют самоустанавливающиеся патроны, которые обеспечивают возможность перемещения инструмента с целью достижения соосности.

Конструктивно различают три типа патронов: 1) *качающиеся*, дающие возможность развертке устанавливаться под некоторым углом к оси шпинделя; 2) *плавающие*, допускающие перемещение развертки в направлении, перпендикулярном к ее оси, и самоустановку в отверстии; 3) *качающиеся* и *плавающие*, позволяющие осуществлять в одинаковой степени угловое смещение развертки и смещение в направлении, перпендикулярном к оси шпинделя станка.

Качающиеся и плавающие патроны (рисунок 4.17) обеспечивают возможность углового и радиального смещения развертки относительно оси хвостовика. Между торцовыми поверхностями хвостовика 1 и корпуса 6 вмонтирован упорный шарикоподшипник 3, воспринимающий осевую силу резания. Хвостовик передает крутящий момент корпусу поводком 5, заканчивающимся двумя скругленными шестигранными выступами, грани которых, будучи сдвинутыми друг относительно друга на  $30^\circ$ , входят в шестигранные углубления хвостовика и корпуса. Детали патрона скреплены гайкой 4, навинченной на корпус, и пруж-

жиной 2. Упорный шарикоподшипник обеспечивает возможность смещения втулки с инструментом перпендикулярно к ее оси, а торцовые поверхности головок поводка — наклон относительно оси. Этим компенсируется несовпадение оси шпинделя станка и оси обрабатываемого отверстия.

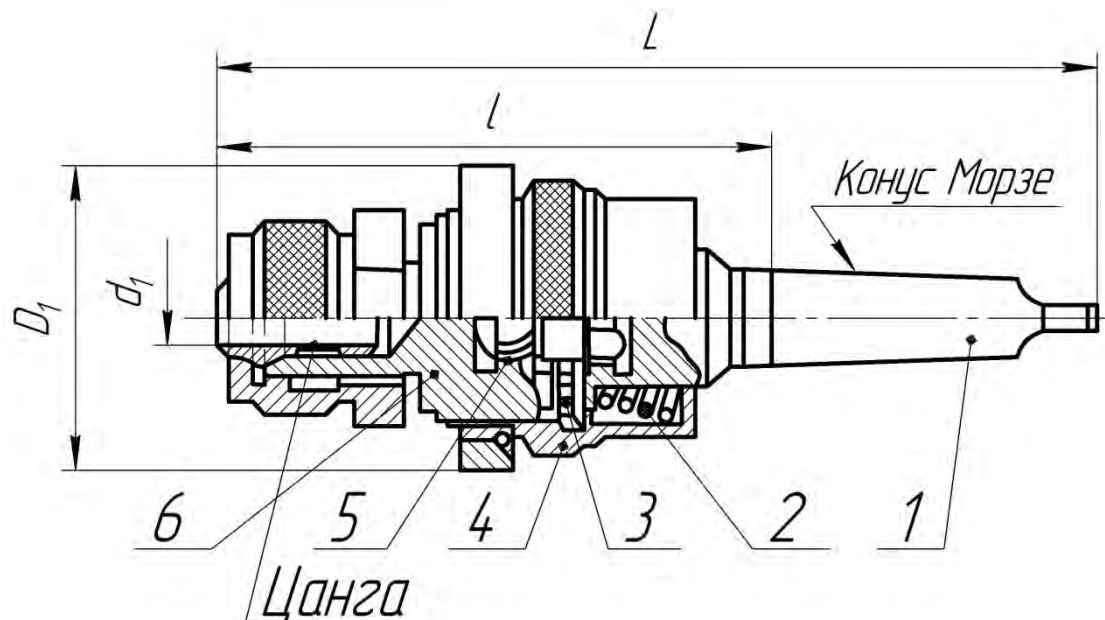


Рисунок 4.17 — Качающийся и плавающий патрон для разверток

Различают два способа нарезания резьбы — самозатягиванием и с принудительной подачей метчика. При самозатягивании нет принудительной подачи, при которой метчик перемещается в направлении подачи под действием сил самозатягивания. Этот способ применяют при работе на небольших станках, у которых при отключении привода подачи шпиндель легко перемещается. Крепление метчика выполняют жестким. На крупных станках при самозатягивании возникают большие силы сопротивления движению, поэтому прибегают к принудительной подаче метчика. При нарезании резьбы с принудительной подачей возникает несовпадение подачи шпинделя и шага нарезаемой резьбы. Поэтому обязательным является применение компенсирующих патронов. Конструкция этих патронов обеспечивает метчику при нарезании резьбы некоторую независимость осевого перемещения.

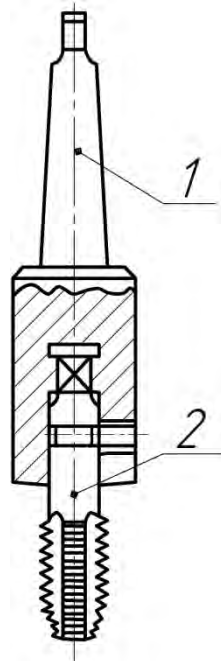


Рисунок 4.18 — Жесткое крепление метчика

Простейший патрон 1 для жесткой установки метчика 2 показан на рисунке 4.18. Отверстие в патроне выполняют по диаметру хвостовика метчика. Жесткое крепление метчиков в ряде случаев целесообразно выполнять в быстросменных патронах с переходными втулками.

#### 4.4. Схемы установки и обработки и приспособления для их реализации

Обрабатываемая заготовка может базироваться и закрепляться непосредственно на столе станка, в универсальном, специализированном (переналаживаемом) или специальном приспособлении. В некоторых случаях заготовку (или приспособление) не нужно закреплять на столе. При этом она (оно) удерживается рукой станочника и силами трения от действия осевой силы резания.

В качестве универсальных приспособлений для установки заготовок могут использоваться трехлачковые патроны (рисунок 2.21), упоры и прихваты (рисунок 3.15), тиски (рисунок 3.17), призмы и зажимы (рисунок 3.18), поворотные столы (рисунок 3.19).

Совмещенные схемы установки и осевой обработки заготовок приведены на рисунке 4.19. Сверлением (рисунок 4.19, 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 (рисунок 4.19, 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 омывается, охлаждается и смазывается СОЖ, чем достигается улучшение условий резания и повышение стойкости инструмента. Вибросверление можно осуществлять на виброустановке ВУ-6, созданной автором на базе модернизации вертикально-сверлильного станка мод 2Н135

Рассверливание (рисунок 4.19, *в*) выполняется с целью увеличения диаметра отверстия. Диаметр отверстия под рассверливание выбирается так, чтобы в работе не участвовала поперечная режущая кромка.

Зенкерование (рисунок 4.19, *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.



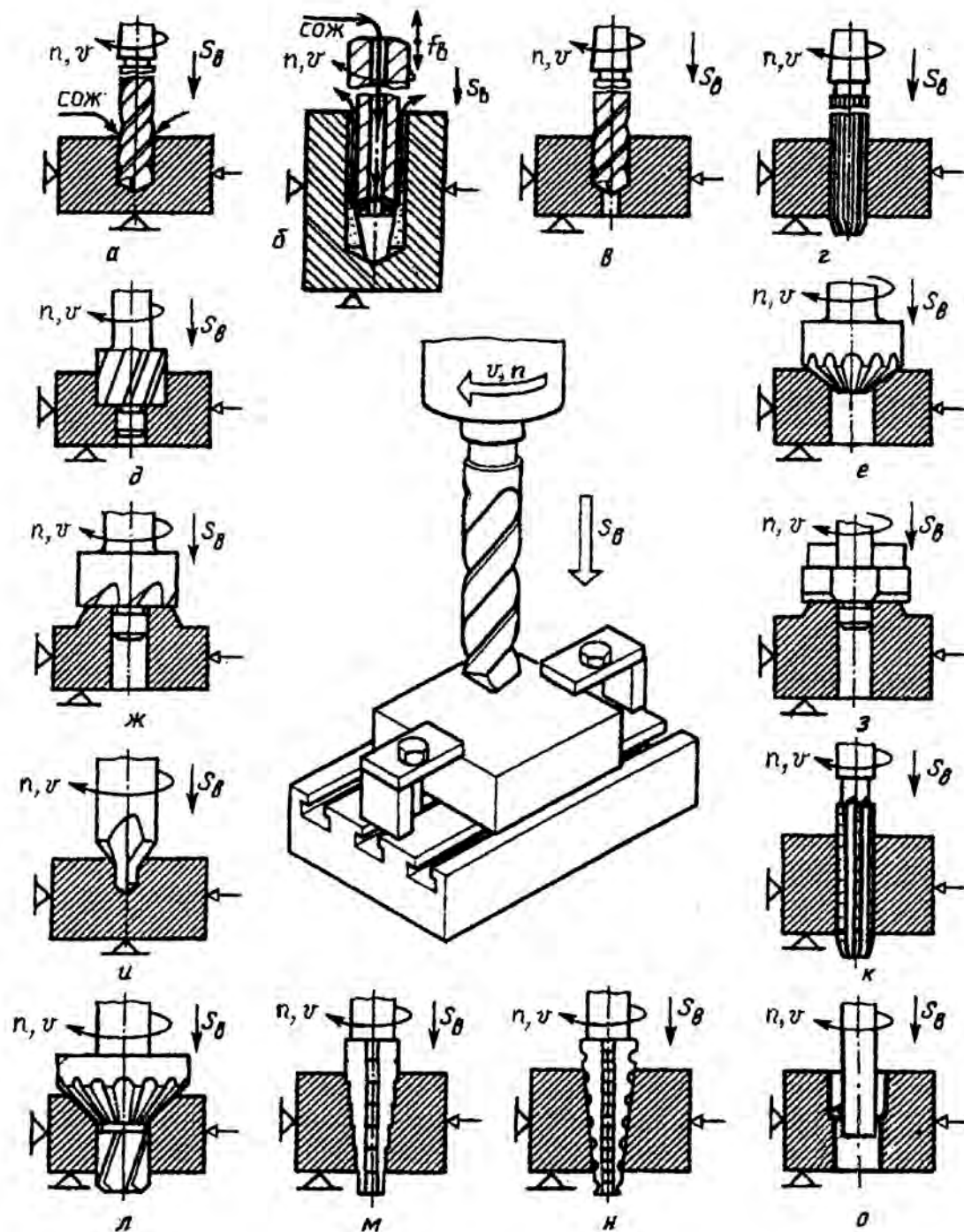


Рисунок 4.19 – Схемы установки и осевой обработки заготовок:  $n$  – частота вращения шпинделя;  $v$  – скорость резания;  $S_в = S_о$  – подача вертикальная - осевая;  $f_в$  – частота осевой вибрации инструмента при вибросверлении или другой осевой виброобработке

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 (рисунок 4.19, м), затем конической разверткой со струж-

коразделительными канавками (рисунок 4.19, *н*) и окончательно конической разверткой с гладкими режущими кромками. При требуемой шероховатости отверстия детали  $Ra = 5$  мкм заготовка предварительно сверлится с припуском на размер  $z_n = 0,3—0,5$  мм. При  $Ra = 2,5$  мкм заготовку предварительно зенкеруют с припуском на размер  $z_n = 0,25—0,4$  мм. При  $Ra = 1,25$  мкм заготовку подвергают предварительно черновому развертыванию с припуском на размер  $z_n = 0,15—0,25$  мм.

Зенкерованием обрабатываются цилиндрические (рис. 4.19, *д*) и конические углубления (рисунок 4.19, *е*) под головки винтов. Обработка ведется зенкерами-зенковками, которых могут иметь (рисунок 4.19, *д*) направляющую часть, обеспечивающую соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рисунок 4.19, *ж*, *з*) обрабатываются торцовые поверхности, являющиеся опорными плоскостями головок винтов, шайб и гаек. Перпендикулярность торца к основному отверстию достигается наличием направляющей части у зенкера-цековки (рисунок 4.19, *ж*) и у пластинчатого резца (рисунок 4.19, *з*). Нарезание резьбы в отверстиях (рисунок 4.19, *к*) обеспечивается метчиками. При этом подача обычно обеспечивается самозатягиванием и должна быть равна шагу резьбы.

С помощью комбинированного инструмента можно получать сложно-профильные поверхности, например цилиндр плюс конус (рисунок 4.19, *и*, *л*). При этом параметры режима обработки  $n$ ,  $v$ ,  $tiS_g$  принимаются по лимитирующему элементу (например, максимальному диаметру) комбинированного инструмента (центровочного сверла, комбинированного зенкера и т.п.).

Растачивание обычно осуществляется на расточных станках с помощью однорезцовых патронов, оправок и борштанг. Но этот вид обработки можно осуществить и на сверлильных станках (рисунок 4.19, *о*) путем установки боштанги (оправки) с резцом-летунком в шпиндель сверлильной бабки (головки). Растачивание положительно отличается от зенкерования тем, что обеспечивает практически полное исправление формы отверстия, полученной на предшествующей операции.

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, что достигается за счет кинематического дробления стружки и ее вымывания потоком СОЖ из зон резания и транспортирования из обрабатываемого отверстия. Такая стружка не царапает поверхность, не затормаживается в каналах, образованными прямыми канавками вибросверла с внутренним подводом СОЖ и обработанной поверхностью, не оказывает отрицательного влияния на процесс резания.

Для сверления в цельном металле необходимо совместить ось сверла с осью будущего отверстия. Это можно сделать по разметке или с помощью направляющего элемента - кондукторной втулки. Приспособление с направляю-

щими втулками называют кондуктором. Применение кондукторных втулок способствует повышению качества получаемых отверстий и производительности труда. Кондукторные втулки бывают *постоянные* (рисунок 4.20, а), *сменные* (рисунок 4.20, б), *быстросменные* (рисунок 4.20, в).

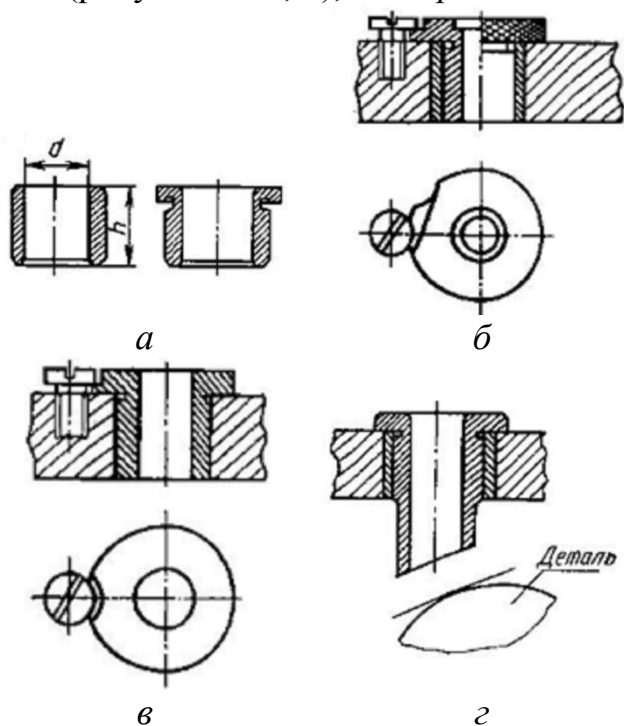


Рисунок 4.20 — Типы кондукторных втулок

диаметр отверстия.

В случае, если срок эксплуатации кондуктора превышает период работы втулок, последние делают сменными. При обработке отверстий более чем за один переход применяются быстросменные втулки. Сменная кондукторная втулка устанавливается в приспособлении через промежуточную втулку и предохраняется от поворота с помощью быстродействующего замка. Комплект быстросменных втулок обеспечивает выполнение требуемого количества переходов. Наиболее распространены разновидности стандартизованных втулок, но используются также и специальные втулки, рассчитанные на особые условия работы. На рисунке 4.20, г показана втулка со скошенной нижней торцовой частью. Она используется для сверления заготовок, имеющих наклонные, цилиндрические и сферические поверхности. Расстояние от нижнего торца кондукторных втулок в приспособлении до обрабатываемой заготовки принимается равным 0,35–1,0 от диаметра отверстия втулки. Большее расстояние берется при обработке вязких материалов, меньшее — при обработке хрупких.

Постоянные кондукторные втулки без буртика применяются для направления инструмента только конкретного размера или установки сменных втулок. Назначение постоянных кондукторных втулок с буртиком то же, что и постоянных без буртика. Буртик служит опорной поверхностью для втулки, предохраняя ее от провала при соприкосновении с инструментом во время работы. Постоянные втулки запрессовываются в плиту кондуктора и удаляются только в случае, если их необходимо заменить в результате износа или повреждения.

Высота втулки  $h$  принимается равной  $(1-2)d$ ; при малых диаметрах она может достигать  $(4-6)d$ , где  $d$  —

Скальчатыми кондукторами называют приспособления, в которых стандартизованы корпус, подъемная плита, механизм подъема и замковое устройство.

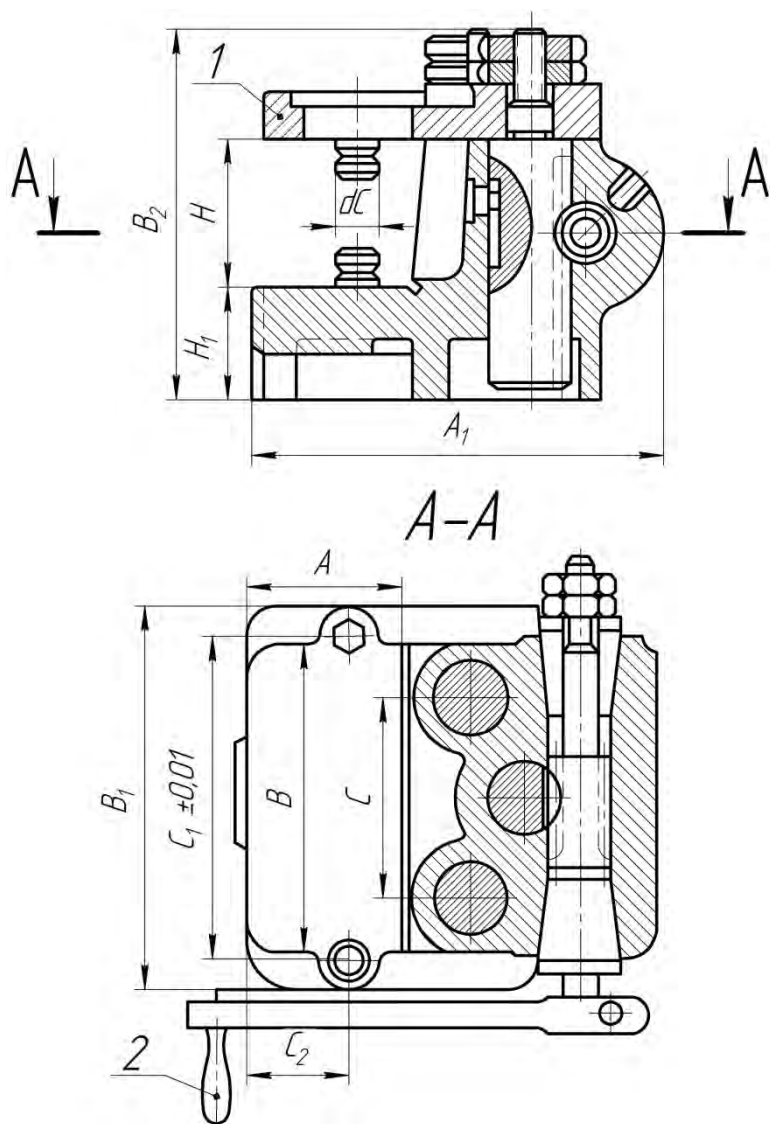


Рисунок 4.21 — Кондуктор скальчатый двухколонный с механическим зажимом

Установочную часть изготавливают в зависимости от формы и размеров обрабатываемой заготовки.

Скальчатые кондукторы — это переналаживаемые приспособления. Переналадку кондукторов производят за счет установки сменных установочных компонентов (наладок) и кондукторной плиты.

Кондукторная плита этих приспособлений обычно укрепляется на двух колонках (скалках) и с помощью подъемного механизма вместе с ними поднимается настолько, чтобы не мешать установке обрабатываемой детали, а затем опускается для ее закрепления.

При обработке заготовок на сверлильных станках наиболее, широко применяют универсально-наладочные скальчатые кондукторы — консольные (рисунок 4.21) и порталные (рисунок 4.22) с руч-

ным конусным и с пневматическим зажимом.

В таких кондукторах применяют кондукторные плиты с отверстиями под цилиндрические и срезанные установочные пальцы, посредством которых базируются и закрепляются сменные наладки и кондукторные плиты. Сменные установочные наладки базируются и закрепляются на установочной поверхности кондуктора.

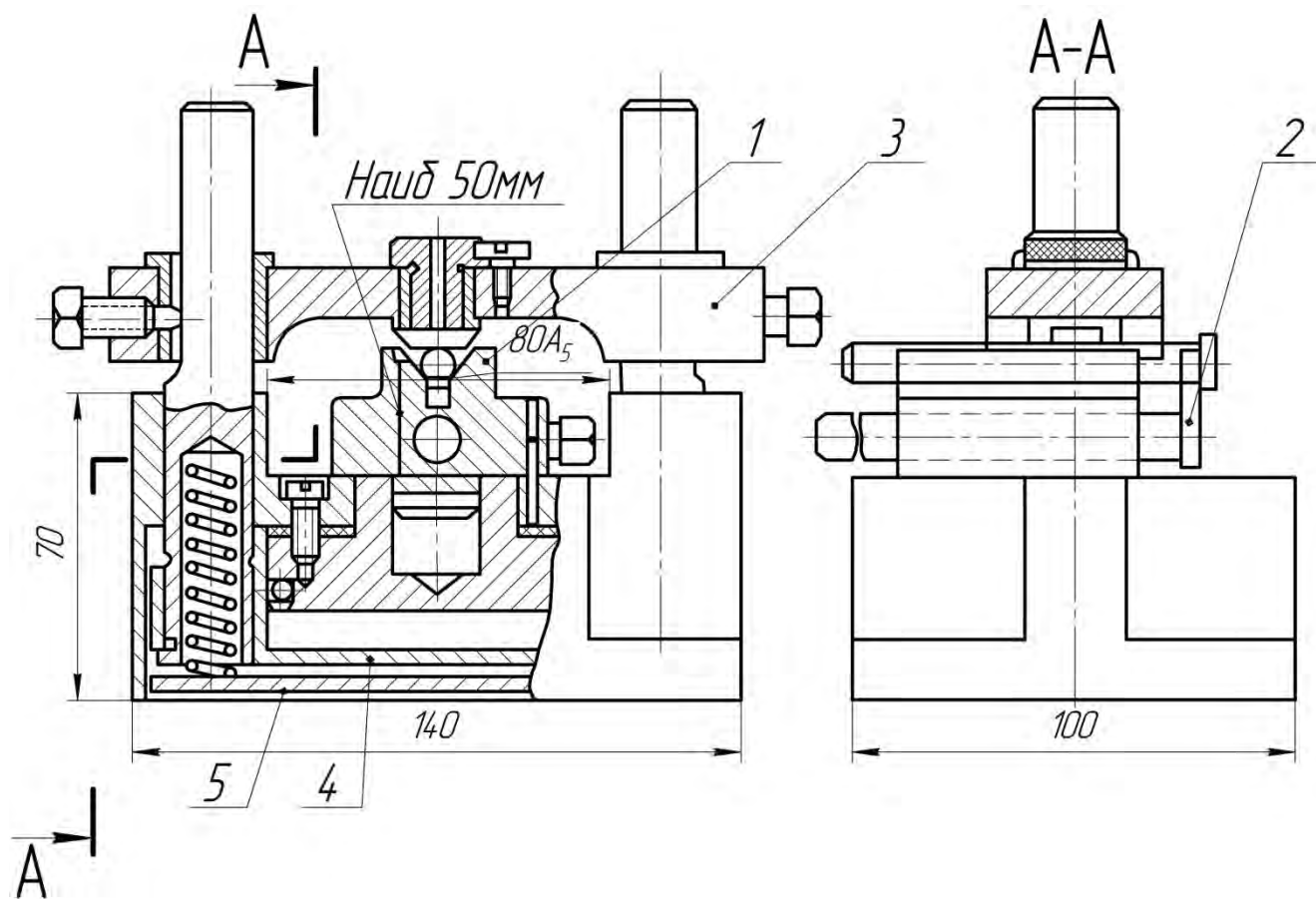


Рисунок 4.22 — Кондуктор с пневматическим зажимом для сверления отверстий в цилиндрических заготовках

Заготовка в кондукторе с пневматическим зажимом для сверления отверстий в цилиндрических заготовках (рисунок 4.22) устанавливается на призме 1. Для настройки на заданное расстояние от установочного торца до центра сверления служит переставной упор 2. Зажим осуществляется опусканием кондукторной плиты 3, связанной через направляющие колонки с подвижным пневмоцилиндром 4. Для возврата плиты в исходное положение служат пружины, опирающиеся опорную пластину 5.

В последние годы широко используются переналаживаемые круглые накладные кондукторы (ПКНК), регламентируемые ГОСТ31.111.42-83 и каталогом к.31.112.41-89. Они входят в состав комплекта универсально-сборных переналаживаемых приспособлений (УСПП). Универсально-сборные ПКНК состоят из базовых деталей – 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. Пример типовой сборки кондуктора для сверления шести отверстий за пределами диска представлен на рис. 4.23, а. На диске 1 с помощью опор 11, пальцев 6, ползунов 3 и болтов 5 установлены и зафиксированы в требуемом положении планки 4, в отверстиях которых находятся быстросъемные кондукторные втулки 2, удерживаемые от перемещения винтами 10. Диск 1 своим отверстием размещен на са-

моцентрирующей шариками головке 8, посредством которой сбазирован по отверстию заготовки 9.

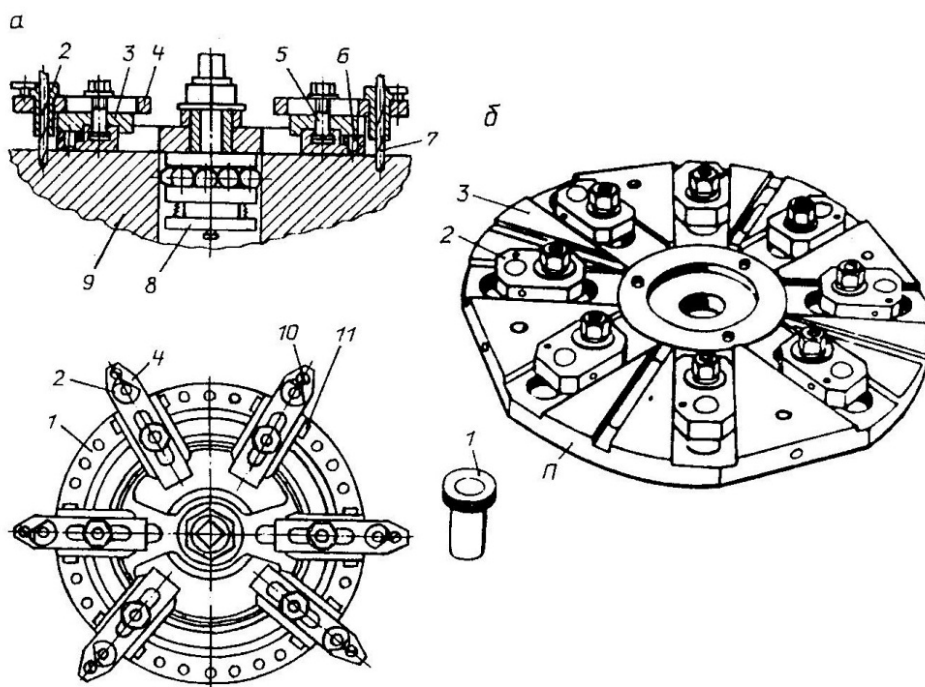


Рисунок 4.23 – Накладные переналаживаемые кондукторы, собранные из элементов УСПП

Нижней плоскостью диска 1 кондуктор опирается на торцовую поверхность заготовки и обеспечивает требуемое положение отверстий в заготовке при сверлении их через кондукторные втулки 2 сверлом 7. Кондукторы для сверления отверстий в зоне диска 3 (рис. 4.23, б) через кондукторные втулки 1, размещенные в кондукторных планках-ползунах 2, устанавливаются в цилиндрических выточках заготовок либо наружной цилиндрической поверхностью II самих дисков, как показано на рисунке, либо посредством головок с самоцентрирующимися элементами (шарами, кулачками). С помощью описанных накладных кондукторов можно высокопроизводительно обсверливать фланцы и нижние плоскости выточек корпусных заготовок.

#### 4.5. Методика назначения параметров режимов резания способностей осевой обработки и контроль качества обработанных поверхностей

Последовательность обработки цилиндрических отверстий и используемый при этом набор инструментов в зависимости от диаметра отверстия  $D_i$  и качества его точности приведена в таблицах 4.3, 4.4 и 4.5.

Таблица 4.3 — Набор инструментов и их диаметры, мм для обработки цилиндрических отверстий

Диаметр отверстия <i>D</i> , мм	Квалитеты точности							
	6...7			8...9		10...11		12...13
	Св.	Рзп.	Рз.	Св.	Рз.	Св.	Зн.	Св.
3	2,9	2,97	3Н6-7	2,9	3Н8-9	2,9	3	3
4	3,9	3,96	4 Н6-7	3,9	4Н8-9	3,9	4	4
5	4,8	4,96	5 Н6-7	4,8	5Н8-9	4,8	5	5
6	5,8	5,96	6 Н6-7	5,8	6Н8-9	5,8	6	6
8	7,8	7,95	8Н6-7	7,8	8Н8-9	7,8	8	8
10	9,7	9,95	10Н6-7	9,7	10Н8-9	9,7	10	10

Обозначения: Св.— сверло, Зн. – зенкер, Рзп. – предварительная развертка, Рз. – развертка.

Таблица 4.4 — Набор инструментов и их диаметры, мм для обработки цилиндрических отверстий

<i>D</i> , мм	Квалитет точности									
	6...7				8...9			10...11		>12
	Св.	Зн.	Рзп.	Рз.	Св.	Зн.	Рз.	Св.	Зн.	Св.
12	10,7	11,82	11,94	12Н6	10,7	11,82	12Н8	10,7	12Н10	12
15	13,7	14,82	14,94	15Н6	13,7	14,82	15Н8	13,7	15Н10	15
16	14,25	15,82	15,94	16Н6	14,3	15,82	16Н8	14,25	16Н10	16
20	17,5	19,75	19,93	20Н6	17,5	19,75	20Н8	17,5	20Н10	20
22	19,5	21,75	21,93	22Н6	19,5	21,75	22Н8	19,5	22Н10	22
24	21,5	23,75	23,93	24Н6	21,5	23,75	24Н8	21,5	24Н10	24
25	22,5	24,75	24,93	25Н6	22,5	24,75	25Н8	22,5	25Н10	25
28	25,5	27,75	27,93	28Н6	25,5	27,75	28Н8	25,5	28Н10	28

Обозначения: Св.— сверло, Зн. – зенкер, Рзп. – предварительная развертка  
Рз. – развертка.

Таблица 4.5 — Набор инструмента и их диаметры, мм для обработки цилиндрических отверстий

<i>D</i> , мм	Квалитет точности 6...7								
	В сплошном материале					В литой или штампованной заготовке			
	Свп.	Св.	Зн.	Рзп.	Рз.	Знп.	Зн.	Рзп.	Рз.
30		27,5	29,75	29,93	30 Н6	28	29,75	29,93	30 Н6
32		29	31,71	31,92	32 Н6	30	31,71	31,92	32 Н6
35		32	34,71	34,92	35 Н6	32	34,71	34,92	35 Н6
36		33	35,71	35,92	36 Н6	34	35,71	35,92	36 Н6
40	20	37	39,71	39,92	40 Н6	38	39,71	39,92	40 Н6
42		39	41,71	41,92	42 Н6	40	41,71	41,92	42 Н6
45		42	44,71	44,92	45 Н6	42	44,71	44,92	45 Н6
48		45	47,71	47,92	48 Н6	46	47,71	47,92	48 Н6
50		46	49,71	49,92	50 Н6	48	49,71	49,92	50 Н6

Обозначения: Свп. – сверло предварительное; Св.— сверло; Зн. – зенкер;  
Рзп. – предварительная развертка; Рз. – развертка.

Параметры режима сверления отверстий можно определить из таблиц 4.6, 4.7. Значения подач при сверлении выбираются в зависимости от диаметра сверла, обрабатываемого материала, длины отверстия, вида сверления (сверление или рассверливание) и группы подач. Всего различают три группы подач: I — при сверлении отверстий 14–12 квалитетов точности в жестких заготовках; II — при сверлении отверстий 14–12 квалитетов точности в заготовках средней жесткости; III — при сверлении точных отверстий под последующую обработку разверткой, или при сверлении в заготовках малой жесткости или с неустойчивой опорной поверхностью, или при сверлении отверстий, оси которых не перпендикулярны к входной плоскости, или при сверлении под нарезание резьбы метчиком.

Таблица 4.6 — Подачи  $S_o$  при сверлении стали сверлами из P6M5, мм/об

$D, \text{ мм}$	I	II			III
4	0,08...0,10	0,06...0,08			0,04...0,05
6	0,14...0,18	0,11...0,13			0,07...0,09
8	0,18...0,22	0,13...0,17			0,09...0,11
10	0,22...0,28	0,16...0,20			0,11...0,13
13	0,25...0,31	0,19...0,23			0,13...0,15
16	0,31...0,37	0,22...0,27			0,15...0,19
20	0,35...0,43	0,26...0,32			0,18...0,22
25	0,39...0,47	0,29...0,35			0,20...0,24
30	0,45...0,55	0,33...0,41			0,22...0,28
> 30	0,60...0,70	0,45...0,55			0,30...0,35
Глубина сверления		3D	5D	7D	10D
$k_s$		1,0	0,9	0,8	0,7

Таблица 4.7 — Скорость резания при сверлении стали сверлами из P6M5, мм/об

Диаметр сверла $d, \text{ мм}$	Подача $S \text{ мм / мин}$								
	0,1	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88
До 4,6	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5
До 9,6		32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11
До 20			32	27,5	24	20,5	17,7	15	13
До 30				32	27,5	24	20,5	17,7	15
До 60					32	27,5	24	20,5	17,7
Глубина свел.	$3d$			$5d$			$7d$		$10d$
$K_L$	1,0			0,9			0,8		0,75

Показатели режима зенкерования можно определить из таблиц 4.8...4.10. Подачи при зенкерования выбираются из таблицы 4.8 в зависимости от материала заготовки и требований к качеству. Группа I применяется для отверстий до 12 квалитета точности или при зенкерования под последующую обработку зенкером или разверткой. Группа подач II применяется для отверстий с повышенными требованиями к шероховатости, или при зенкерования отверстий по 8...11-му квалитетам точности, или под нарезание резьбы, или при зенкерования под последующую обработку одной разверткой. В таблице 4.8 приведены



подачи для обработки сквозных отверстий. При зенкерования (цековании) глухих (полуоткрытых) отверстий рекомендуются подачи 0,3...0,6 мм/об. Скорость резания при зенкерования в зависимости от подачи и обрабатываемого материала выбирается из таблиц 4.9 и 4.10.

Показатели режима развертывания определяются из таблиц 4.11, 4.13. Подачи при развертывании стали и чугуна определяются из таблицы 4.11. В зависимости от условий и требований применяются три группы подач: I — при предварительном развертывании под последующий проход чистой разверткой, II — при чистовом развертывании за один проход по 8 – 11-му квалитетам точности или с шероховатостью  $Ra > 2,5$  мкм, III — при чистовом проходе после предварительного развертывания отверстий по 7-му квалитету точности или с шероховатостью поверхности  $Ra < 2,5$  мкм. В таблице приведены подачи для обработки сквозных отверстий. При развертывании глухих (полуоткрытых) отверстий рекомендуются подачи в пределах 0,2 – 0,5 мм/об.

Таблица 4.8 — Подачи  $S_o$  при зенкерования стали инструментом из стали P6M5, мм/об

Диаметр зенкера d, мм	Сталь	
	I	II
15	0,5...0,6	0,4...0,45
20	0,6...0,7	0,45...0,5
25	0,7...0,9	0,5...0,6
30	0,8...1,0	0,6...0,7
35	0,9...1,1	0,6...0,7
40	0,9...1,2	0,7...0,8
50	1,0...1,3	0,8...0,9
60	1,1...1,3	0,85...0,9
80	1,2...1,5	0,9...1,1

Таблица 4.9 — Скорость резания при зенкерования стали инструментом из стали P6M5, м/мин

D, мм	t, мм	Подача $S_o$ , мм / мин							
		0,3	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,4
15-35	0,5-1,0	29,5	25,5	22	19	16,4	14,1	12,2	10,5
	1,1-2,0	26	22,5	19,3	16,7	14,4	12,4	10,7	9,3
	>2	23,5	20	17,3	15	12,9	11,1	9,6	8,3
36-80	0,5-1,0	27	23	19,9	17,2	14,8	12,8	11	9,5
	1,1-2,0	23,5	20,5	17,5	15,1	13	11,2	9,7	7,2
	>2	21	18	15,6	13,4	11,6	10	8,6	6,4

Таблица 4.10 — Подачи  $S_o$  при развертывании стали инструментом из стали P6M5, мм/об

D, мм	Сталь		
	I	II	III
До 10	0,8	0,7	0,5
До 15	0,9	0,8	0,6

До 20	1,0	0,8	0,7
До 25	1,1	0,9	0,8
До 30	1,2	1,0	0,8
До 35	1,3	1,0	0,9
До 40	1,4	1,2	1,0
До 50	1,5	1,4	1,2
До 60	1,7	1,5	1,4
До 80	2,0	1,7	1,5

Таблица 4.11 — Скорость резания при предварительном развертывании стали инструментом из стали Р6М5, м/мин

D, мм	Подача S мм/об до									
	0,5	0,63	0,80	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0
< 20	14,3	13,0	10,6	9,2	7,9	6,8	5,9	5,1	4,4	3,8
> 20	13,0	10,6	9,2	7,9	6,8	5,9	5,1	4,4	3,8	3,3

Таблица 4.12 — Скорость резания при чистовом развертывании стали инструментом из Р6М5, м/мин

Ra, мкм	Скорость резания, м/мин
0,63 ... 1,25	2 ... 3
1,25 ... 2,5	4 ... 5

Таблица 4.13 — Скорость резания при развертывании чугуна (7–9-ый класс точности и Ra=0,63–1,25 мкм) инструментом из Р6М5, м/мин

D, мм	Подача S, мм/об до									
	0,62	0,79	1,0	1,3	1,6	2,0	2,6	3,3	4,1	
< 20	10,4	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1	
> 20	9,3	8,2	7,3	6,5	5,8	5,1	4,6	4,1	3,6	

Таблица 4.14 — Поддачи при развертывании конических отверстий в деталях из стали инструментом из стали Р6М5, мм/об

Материал	Обработка	Диаметр предварительно просверленного отверстия, до					
		10	15	20	25	30	40
Сталь	Предв.	0,1	0,15	0,20	0,30	0,40	0,55
	Чист.	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22

Таблица 4.15 — Скорости резания при развертывании конических отверстий инструментом из стали Р6М5, мм/об

Обр. материал	Характер обработки	Скорость, м/мин
Сталь	Предварительная	6,0
	Чистовая	4,0

Твердость НВ	143...229	170...255	197...269
Поправочный коэф.	1,0	0,89	0,79

Найденные по изложенной выше методике и таблицам параметры режима обработки подачу  $S_0$  и скорость врезания необходимо откорректировать имеющимся на выбранном станке рядом подач и частот вращения шпинделя (табли-

цы 4.1 и 4.2) и принять меньшие их значения по станку. Для этого по формуле  $n = 1000v / \pi d$  (здесь  $d$  – диаметр инструмента, мм;  $v$  – найденная скорость обработки, м/мин) определяется частота вращения инструмента,  $\text{мин}^{-1}$ , которая и сверяется с частотами на станке. При этом принимается ближайшее меньшее значение частоты  $n'$ , по которому рассчитывается окончательное значение скорости  $v'$  обработки по формуле  $v' = \pi D n' / 1000$ , м/мин. Откорректированные значения и их определение отражаются в отчете.

Контроль размеров отверстий в производственных условиях в зависимости от требуемой точности можно осуществлять с помощью штангенциркулей, калибров, микрометрических и индикаторных нутромеров. Штангенциркули (цена деления нониуса 0,1 ... 0,05) целесообразно использовать при измерении размеров после сверления и зенкерования.

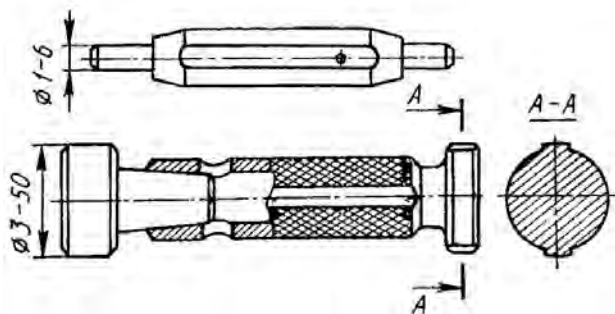


Рисунок 4.24 — Пробки для контроля отверстий

проходной — не должен входить в отверстие более чем на длину, равную сумме размеров фасок калибра и отверстия.

Микрометрические нутромеры (рисунок 4.25) используются при измерении отверстий с диаметром, большим 50 мм. Точность измерения 0,01 мм. В комплект этого нутромера входят сменные удлинители, увеличивающие пределы измерения.

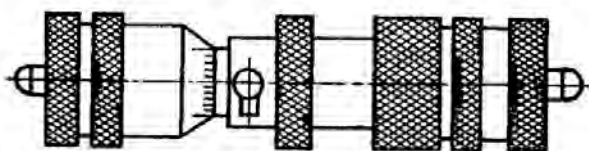


Рисунок 4.25 — Микрометрический нутромер

Индикаторные нутромеры (рисунок 4.26) выпускаются для контроля раз-

Калибры для проверки диаметра цилиндрического отверстия после зенкерования и развертывания показаны на рисунке 4.24. Проходной калибр должен свободно входить в отверстие под действием силы тяжести, а не-

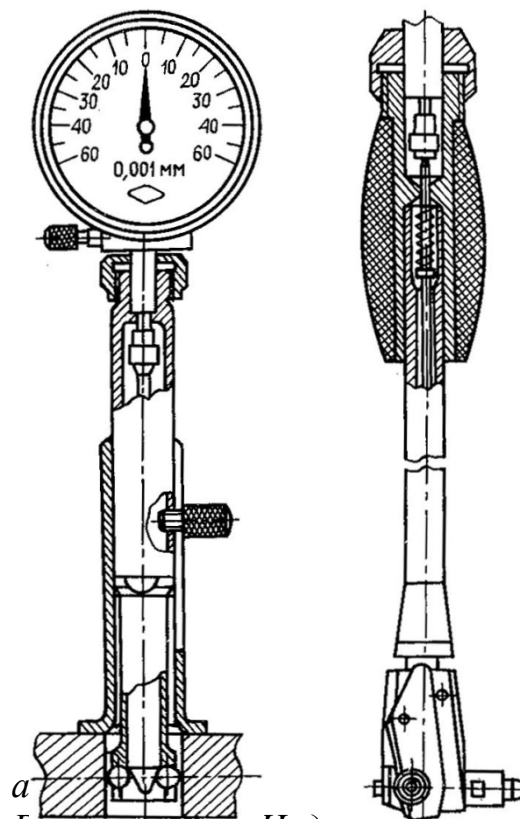
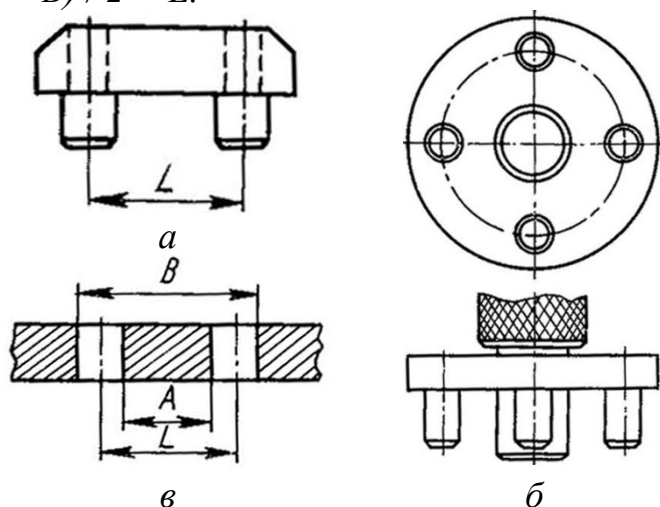


Рисунок 4.26 — Индикаторные нутромеры для измерения отверстий малого (а) и среднего (б) диаметров

меров от 3 до 1000 мм. Точность измерения в зависимости от используемого индикатора может быть 0,001, 0,002 или 0,01 мм. Индикаторные нутромеры требуют предварительной настройки по аттестованному кольцу. Для определения отклонения диаметра нутромер покачивают в плоскости осевого сечения отверстия: наибольшее показание индикатора соответствует отклонению. Индикаторным нутромером можно проверить конусообразность и отклонение от цилиндричности. Для этого измерения ведут в нескольких сечениях вдоль и соответственно поперек оси отверстия.

Расстояние  $L$  между осями параллельных отверстий можно измерить калибром 2-х отверстий (рисунок 4.27, а), калибром по межцентровым расстояниям 4-х отверстий (рисунок 4.27, б), штангенциркулем 2-х отверстий по замерам  $(A + B) / 2 = L$ .



Шероховатость можно проверить набором стальных образцов шероховатости при точении (рисунок 1.1, б) или сверлении, зенкерования и развертывания, а также более точными средствами (микроскопом, профилографом-профилометром и др.).

Рисунок 4.27 — Калибры для контроля расстояний между осями отверстий

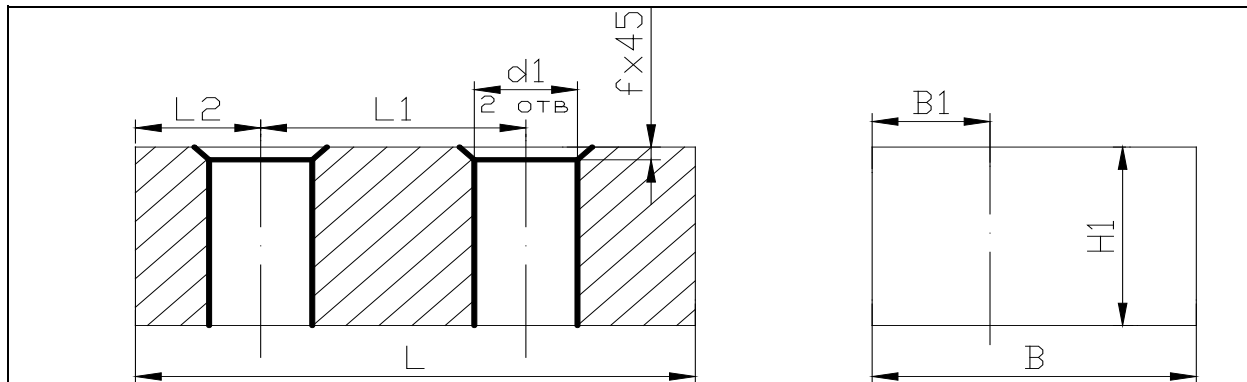
#### 4.7 Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначены сверлильные станки?
2. В чем отличие радиально-сверлильных станков от вертикально-сверлильных?
3. Назовите главные компоненты вертикально- и радиально-сверлильного станков.
4. Какие компоненты сверлильных станков совершают главные движения, движения подачи и установочные движения?
5. Из каких конструктивных элементов состоит сверло?
6. Какими способами достигается повышение производительности и точности при осевой обработке?
7. Для чего используют спиральные сверла с канавками и выступами на стружечной канавке?
8. Каково назначение и отличие от сверла зенкера зенкера?
9. Какие поверхности обрабатываются зенкерами?

10. Для чего используются зенковки и каково их отличие от зенкера?
11. Для чего применяются развертки и каково их отличие от сверл и зенкоров?
12. Как влияет длина рабочей части развертки на направление развертки в отверстии и шероховатость обработанной поверхности?
13. Для чего предназначены конические развертки?
14. В каких целях применяются комбинированные инструменты при обработке на сверлильных станках?
15. Назовите типы вспомогательных инструментов (приспособлений для установки инструментов), применяемых при обработке на сверлильных станках.
16. Для чего при обработке на сверлильных станках используют переходные конические втулки?
17. Для чего при обработке на сверлильных станках используют разрезные конусные втулки?
18. Для чего при обработке на сверлильных станках используются разрезные втулки с переходными оправками?
19. Для чего используются сверлильные трехкулачковые патроны и как закрепляются в них инструменты?
20. Каким образом происходит закрепление инструмента в трехкулачковые бесключевые патроны?
21. Как работают цанговые патроны?
9. Для чего при обработке на сверлильных станках используются быстросменные патроны?
10. Для чего при обработке на сверлильных станках применяют самоустанавливающиеся патроны?
- 11.
12. В каких случаях применяют нарезание резьбы самозатягиванием?
13. Как устанавливается и закрепляется обрабатываемая заготовка при обработке на сверлильных станках?
14. Как при обработке на сверлильных станках происходит совмещение оси сверла (или другого инструмента) с осью будущего отверстия?
15. Какие типы кондукторных втулок вы знаете?
16. Для чего при обработке на сверлильных станках применяют постоянные кондукторные втулки без буртика?
17. В каких случаях при обработке на сверлильных станках используют сменные кондукторные втулки?
18. Дайте определение понятию «скальчатый кондуктор»?
19. Каковы преимущества и эффективность применения накладных кондукторов из элементов УСПП?
20. От чего зависят подача и скорость резания при сверлении и рассверливании?
21. От чего зависят подача и скорость резания при зенкерении?
22. От чего зависят подача и скорость резания при развертывании?

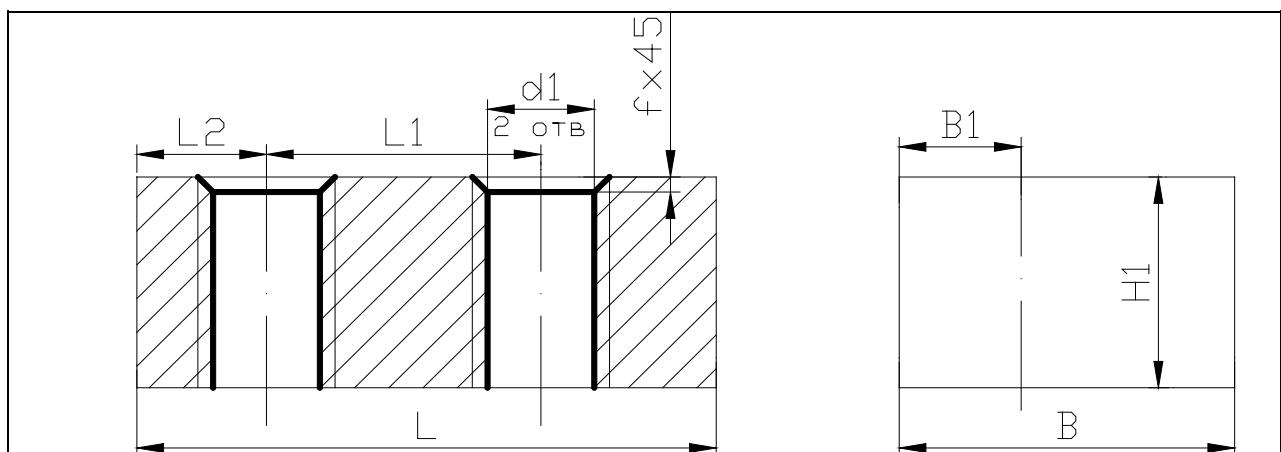
23. С помощью каких мерительных инструментов осуществляется контроль размеров отверстий при обработке на сверлильных станках?
24. В каких случаях используются индикаторные нутромеры?
25. Как контролируется шероховатость поверхностей при осевой обработке?

#### 4.7. Задания по проектированию операций обработки на сверлильных станках



Материал Сталь 45

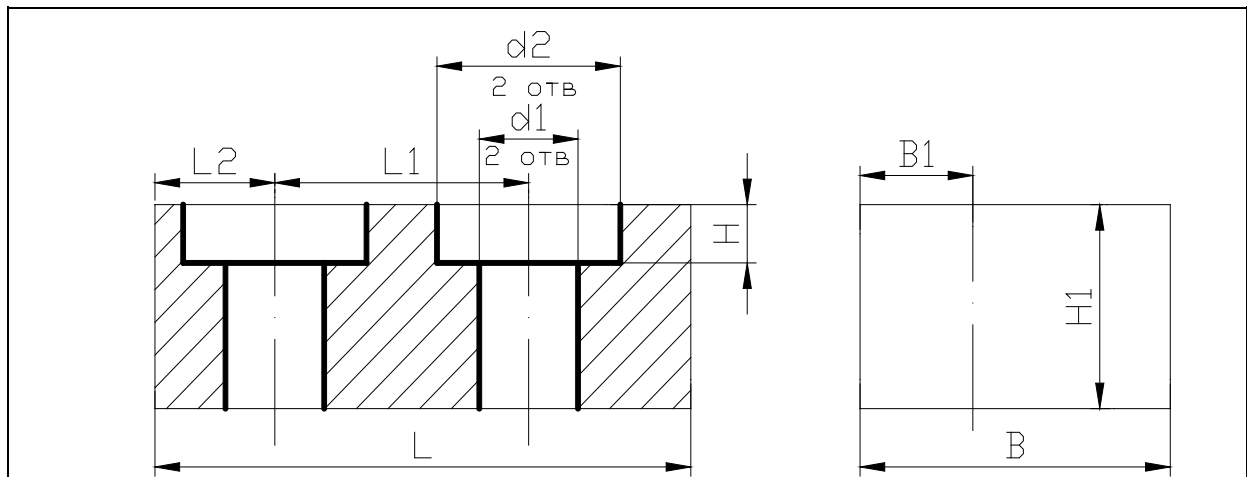
№	H1	B	L	B1	L2	L1	f	d1
1	40	60	240	30	40	40	1	10H7
2	60	85	280	20	60	60	1,5	10H12
3	60	90	300	40	70	70	2	30H6
4	80	120	350	60	80	80	1,5	12H12



Материал Сталь 45

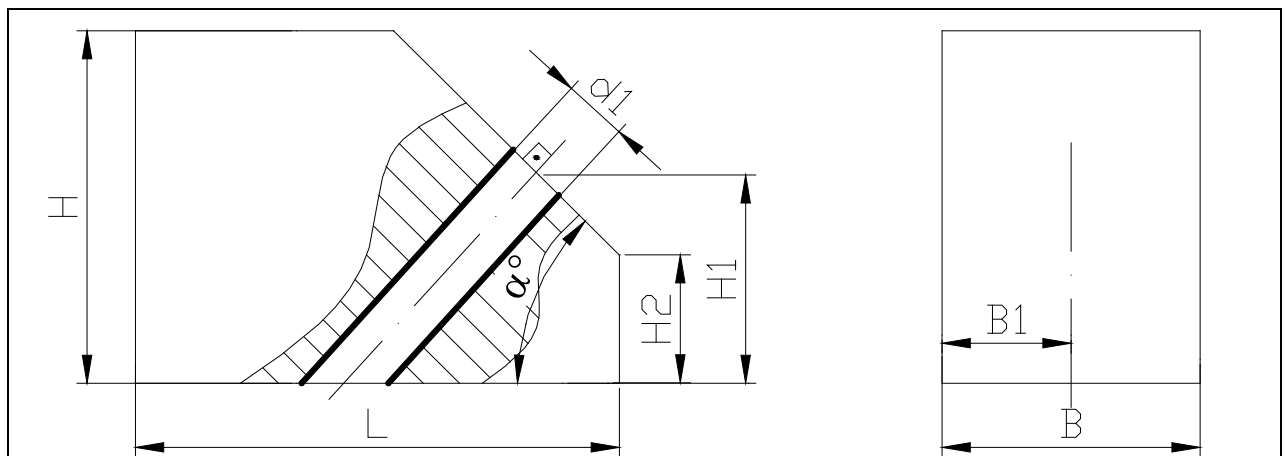
№	H1	B	L	B1	L2	L1	f	d1
5	40	60	240	30	40	40	1	M10H7
6	20	85	280	20	60	60	1,5	M10H7

7	60	90	300	40	70	70	2	M30H6
8	80	120	350	60	80	80	1,5	M24H7



Материал Сталь 45

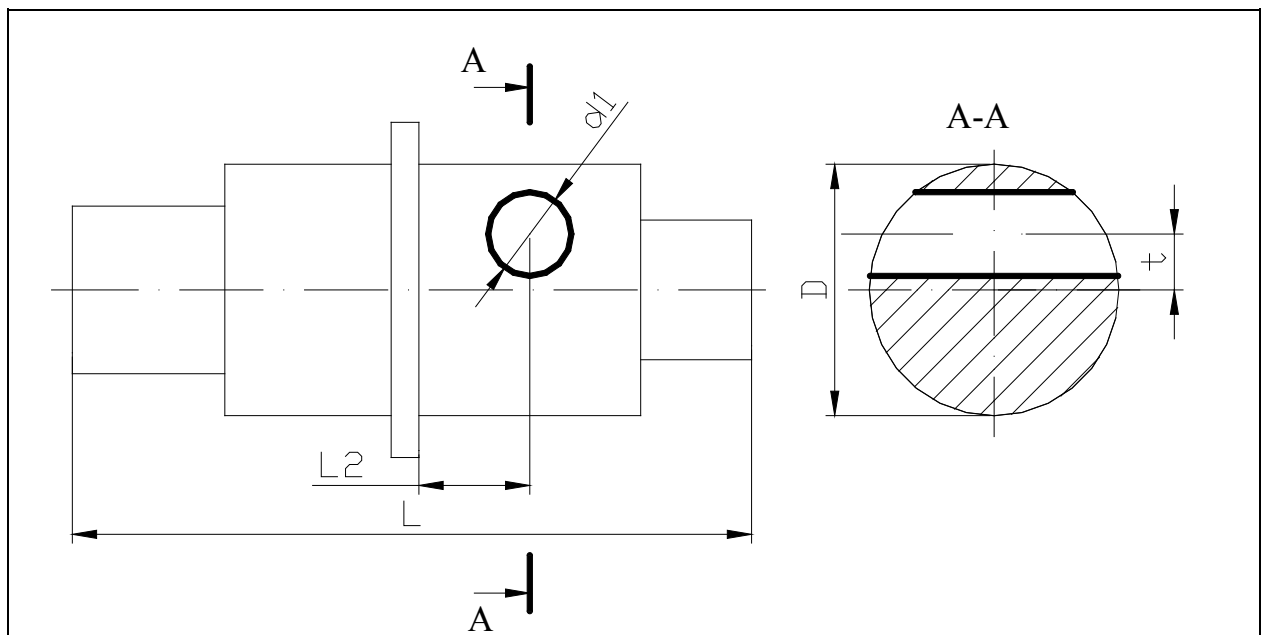
№	H1	B	L	B1	L2	L1	H	d2	d1
9	40	60	240	30	40	40	10	16H12	10H7
10	20	85	280	20	60	60	10	20H12	10H8
11	60	90	300	40	70	70	20	38H12	30H6
12	70	120	350	60	80	80	20	26H12	20H12



Материал Сталь 45

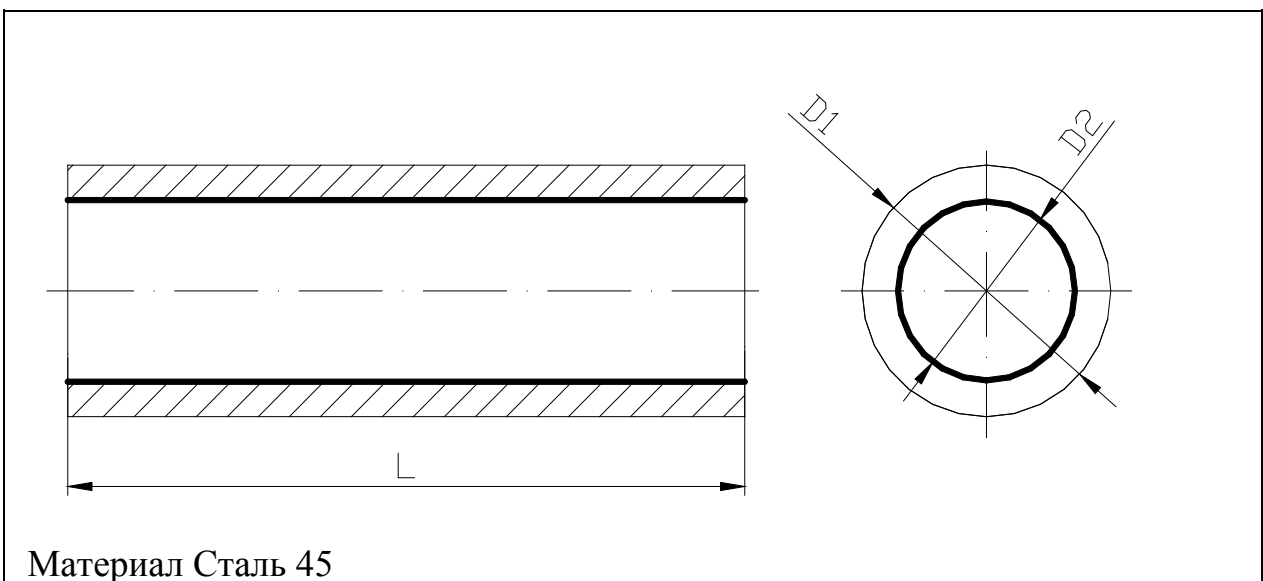
№	L	H	H2	H1	B	B1	d1	α
13	200	100	60	80	60	30	20H7	50

14	250	150	70	90	85	50	24H8	45
15	300	120	60	100	50	20	30H6	40
16	350	160	70	95	75	30	12H12	45



Материал Сталь 45

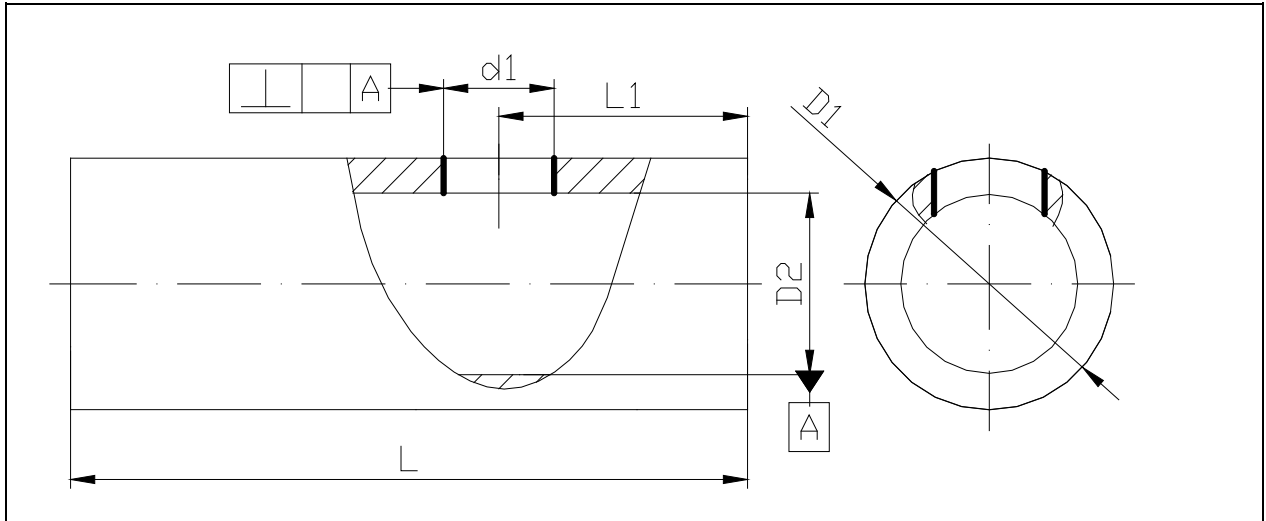
№	L	L2	t	D	d1
17	260	10	20	25	10H7
18	300	12	25	30	12H8
19	400	30	30	45	30H6
20	500	10	40	60	2H12



Материал Сталь 45

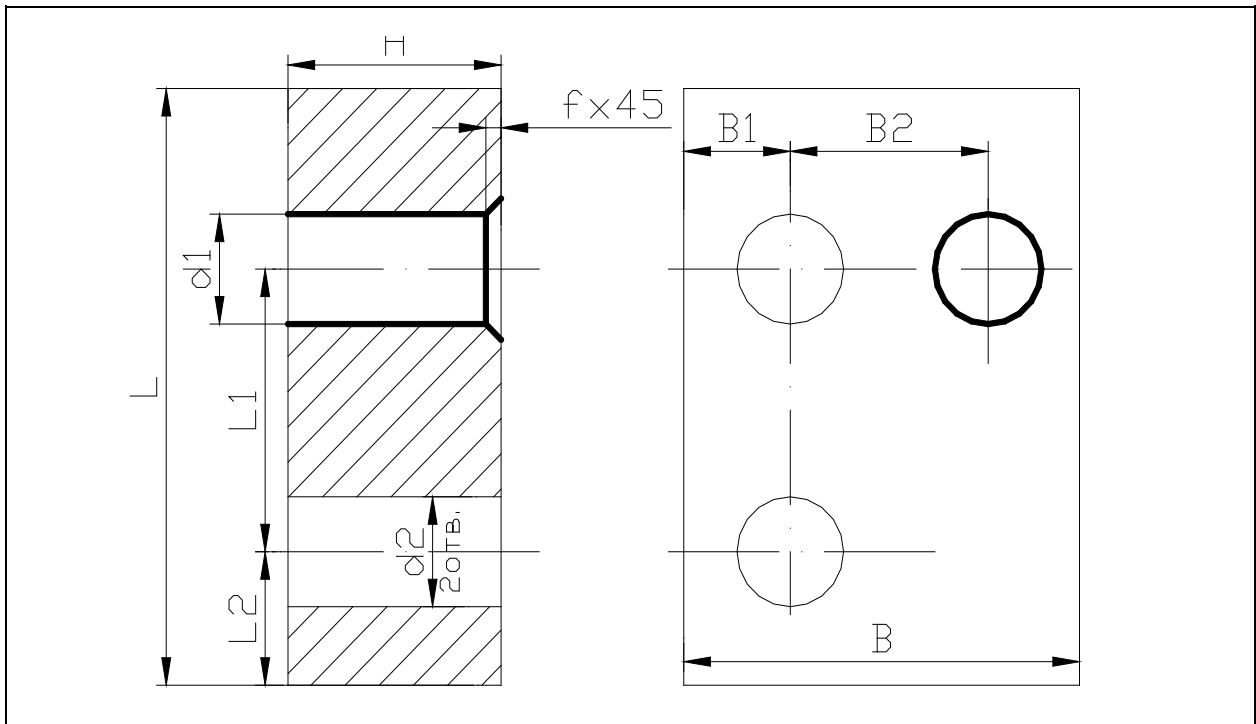


№	L	D1	D2
21	60	65	20H7
22	100	30	12H8
23	150	80	40H6
24	30	20	16H12



Материал Сталь 45

№	L	L1	D1	D2	d1
25	60	30	65	20H7	20H7
26	100	60	30	12H8	12H8
27	150	70	80	40H6	40H6
28	30	10	20	16H12	16H9



Материал Сталь 45									
№	H	B	L	B1	B2	L2	L1	d2	d1
29	40	400	240	90	90	90	90	16H12	10H7
30	20	300	280	100	60	60	60	20H12	10H8
31	60	500	300	140	80	80	80	38H12	30H6
32	70	300	350	160	80	80	80	26H12	20H10

## 5. Обработка на шлифовальных станках

### 5.1. Исходные сведения

**Цель работы:** изучение особенностей абразивной обработки шлифованием, устройства шлифовальных станков и оснастки, их выбор, отражение схем установки и обработки, назначение параметров режима обработки заготовки по индивидуальному заданию №...

**Оборудование и материалы:** кругло-, внутри- и плоскошлифовальный станки, шлифовальные круги и головки, приспособления, стальные заготовки, штангенциркуль.

**Порядок выполнения работы:** 1. Подробное ознакомление с заготовкой и обработкой по заданию, выбор станка, инструмента, приспособления для установки заданной заготовки. 2. Изучение и описание сущности и процессов шлифования с выбором способа обработки заданной заготовки. 3. Изучение выбранного станка и описание его возможностей, движений и технической характеристики (со схемой станка). 4. Изучение и описание инструмента и приспособления для обработки заготовки по заданию. 5. Разработка и изображение совмещенной схемы установки и обработки предложенной заготовки с определением параметров режима резания. 6. Формулирование технических выводов по работе с перечислением положительных сторон и сложности обработки шлифованием и средств ее технологического оснащения. 7). Составление отчета по приведенному ниже плану.

#### План отчета

1. Сущность и способы обработки шлифованием.
2. Устройство, возможности и техническая характеристика выбранного шлифовального станка.
3. Описание выбранных для использования инструмента и приспособления.
4. Совмещенная схема установки и обработки, параметры режима резания и контроль качества обработки заготовки по заданию.
5. Выводы.

### 5.2. Сущность, виды шлифования и характеристика инструмента

Шлифованием обрабатывают поверхности всех классов. Некоторые виды (способы) шлифования показаны на рисунке 5.1. Обычно шлифование применяется для повышения точности размеров и формы поверхностей, формообра-

зование 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, а потом шлифуются.

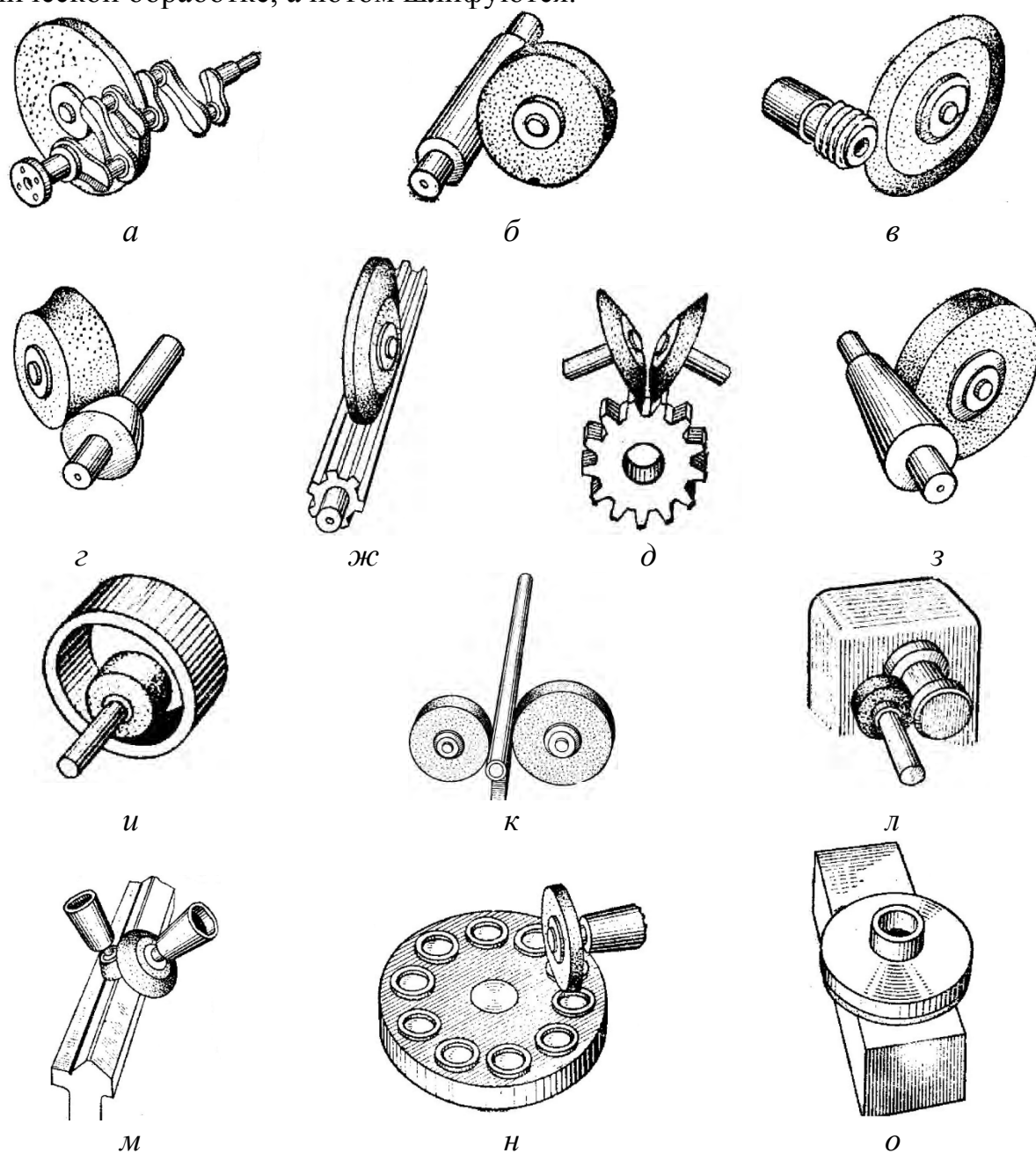


Рисунок 5.1. — Некоторые способы шлифования

Для обработки наружных поверхностей вращения применяются различные способы круглого шлифования (рисунок 5.1, а, б, в, г, з, л) на круглошлифовальных станках. Заготовка при этом устанавливается в центрах, на оправке или в патроне станка. Для обработки внутренних поверхностей вращения применяются различные способы внутреннего шлифования (рисунок 5.1, и) на внутришлифовальных станках. 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.

Разновидностью круглого шлифования, характеризующейся высокой производительностью, является круглое бесцентровое шлифование (рисунок 5.1, *к*). Особенностью данного способа является ориентация заготовки. В данном случае заготовка ориентируется в зоне шлифования той же поверхностью, которая обрабатывается. При бесцентровом шлифовании заготовка шлифуемой поверхностью опирается 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 чугуном. Кроме цилиндрических поверхностей, врезным бесцентровым шлифованием обрабатывают также ступенчатые, конические и фасонные поверхности.

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

Относительно неширокие плоскости и пазы обрабатываются плоским шлифованием на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом периферией или торцом круга (рисунок 5.1, *м, н, о*). 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 применяются плоскошлифовальные станки с круговой (вместо продольной) подачей (рисунок 1, *н*). 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 проводится на шлицешлифовальном станке либо одним профилированным кругом за один переход (рисунок 5.1, *д*), либо за несколько переходов, когда боковые стороны и дно шлицев шлифуются отдельно. В первом случае обеспечивается относительная простота наладки, высокая точность относительного расположения шлицев и высокая стойкость круга. Однако, различные условия шлифования дна и боковых сторон шлицев ограничивают производительность процесса шлифования.

Шлифование точных резьбовых поверхностей осуществляется на резьбошлифовальных станках шлифовальным кругом, профилированным согласно форме впадины между витками резьбы (рисунок 5.1, *в*). Если шаг резьбы меньше двух миллиметров, то она предварительно не прорезается и шлифование проводится «по целому».

Шлифование зубчатых поверхностей обеспечивает их высокую точность по всем показателям. Оно осуществляется 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 рисунке 5.1, ж.



Инструментом для шлифования являются *шлифовальные круги* (ГОСТ 2424-83) и *головки* (ГОСТ 2447-82) различных форм (таблица 5.1).

Таблица 5.1. — Формы шлифовальных кругов и головок

Формы шлифовальных кругов и головок	Наименования шлифовальных кругов и головок	Условные обозначения	Формы шлифовальных кругов и головок	Наименования шлифовальных кругов и головок	Условные обозначения
1	2	3	4	5	6
	Круг плоский прямого профиля	ПП		Круг плоский с выточкой	ПВ
	Круг плоский с двусторонним коническим профилем	2П		Круг - чашка цилиндрическая	ЧЦ
	Круг плоский с односторонним коническим профилем	ИП		Круг - чашка коническая	ЧК

Окончание таблицы 4.1.

1	2	3	4	5	6
	Круг плоский с конической выточкой	ПВК		Круг - тарелка	Т, 1Т

	Головка для внутреннего шлифования цилиндрическая	AW		Головка алмазная цилиндрическая	AW
---	---	----	--	---------------------------------	----

Кроме формы характеристику шлифовальных кругов и головок определяют показатели, оценивающие состав, свойства, размеры и уравновешенность инструмента. Шлифовальные круги и головки изготавливаются из абразивных зерен, сцементированных связкой.

*Абразивные зерна* шлифовальных кругов чаще всего изготавливаются из *электрокорунда*. В зависимости от содержания примесей и технологии производства электрокорунд делится на следующие виды: *нормальный* (12А...16А), *белый* (22А...25А), *хромистый* (32А...34А), *титанистый* (37А) и *монокорунд* (43А...45А). Электрокорунд нормальный и белый применяется для обработки конструкционных (углеродистых и легированных) сталей. Для шлифования этих сталей на интенсивных режимах лучше применять хромистый электрокорунд. Для обработки инструментальных, жаропрочных и других труднообрабатываемых сталей применяется монокорунд.

Для обработки чугуна, цветных металлов и сплавов, титановых сплавов обычно применяют абразивные зерна из *карбида кремния черного* (53С...55С) и *зеленого* (63С...64С).

В последнее время для шлифования труднообрабатываемых закаленных сталей, титановых сплавов и инструментальных сталей применяются шлифовальные круги с абразивными зернами из *кубического нитрида бора-КНБ* (эльбор, кубонит). Для обработки твердых металлокерамических сплавов начали широко применять круги с абразивными зернами из *природных* и *искусственных алмазов*. Синтетические алмазные зерна выпускаются четырех марок, которые отличаются между собой в основном прочностью: АСО — обычной прочности, АСП — повышенной, АСВ — высокой и АСК — кристаллической прочности. А зерна эльбора выпускаются двух марок: ЛП — повышенной и ЛО — обычной прочности.

Самой распространенной *связкой* является *керамическая*. Она огнеупорна, водостойка, обладает химической стойкостью, жесткостью и относительно высокой прочностью при испытании на разрыв. Инструменты на керамической связке имеют высокую пористость, относительно хорошо отводят тепло, сохраняют профиль рабочей кромки, но чувствительны к ударам и изгибающим нагрузкам. Наиболее часто для инструментов из нормального и белого электрокорунда применяются плавящиеся связки на основе борного стекла марки К4 и К5. Для кругов из карбида кремния используют связки марок К3 и К10. В последнее время для скоростных кругов (скорость шлифования более 80 м/с) начинают применять связку марки К43 на основе литийсодержащего борного стекла с добавкой фтористых соединений.

*Бакелитовая связка* (марок В1...В3) применяется для шлифовальных кругов, работающих со значительной (переменной) нагрузкой при удалении больших слоев металла. Основой этой связки является бакелит в виде порошка или жидкости. Бакелитовая связка обладает высокой прочностью и упругостью. Эти свойства однако, существенно снижаются под действием щелочесодержащих смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Кроме того эта связка не выдерживает высоких температур (выше 250° С).

Для чистового фасонного шлифования, прорезания пазов и отрезания применяются круги на *вулканитовой связке* (марки В1...В3). Наполнители, также как и в инструментах на бакелитовой связке, вводятся в вулканитовую связку для повышения прочности и эксплуатационных свойств шлифовальных кругов. При оптимальном количестве наполнителя (10...20 %) прочность связки возрастает в 10...15 раз.

Для эльборовых и алмазных кругов применяются *органические, керамические* и *металлические* связки. Для органических связок связующим веществом служат фенолоформальдегидные смолы и комбинации на их основе. Наполнителями в этих связках служат минеральные вещества: карбид бора (В1), белый электрокорунд (В3), карбид кремния (В4), а также железный порошок (В2). Из керамических наиболее часто применяются связки К1 и К5. Круги на этих связках применяются для обработки твердосплавных пластинок одновременно со стальной державкой инструмента.

Характеристиками строения круга является *зернистость* и *структура*. *Номер зернистости* характеризует размерный параметр абразивных зерен (в сотых долях миллиметра для шлифзерна и шлифпорошка, и в мкм – для микропорошка). Для размерного шлифования чаще всего применяются шлифовальные круги с номерами зернистости 40...16 (0,40...0,16 мм).

Структура шлифовального круга характеризует соотношение объемов, которые занимают в нем абразивные зерна, связка и поры. В любом абразивном инструменте на керамической или бакелитовой связке имеет место соотношение

$$V_z + V_c + V_n = 100\%,$$

где  $V_z$  – относительный объем зерна,  $V_c$  – связки и  $V_n$  – пор (содержание пор в абразивных инструментах на вулканитовой и металлических связках очень мало).

Регулируемая пористость необходима шлифовальному кругу, так как чем больше относительный объем пор и чем крупнее сами поры, тем эффективнее идет процесс шлифования (особенно труднообрабатываемых материалов). В то же время инструмент с высоким содержанием пор менее прочен и больше изнашивается, чем инструмент более плотный, монолитный. Следует различать пористые круги с естественными порами (рисунок 5.2, а, б) и круги, поры которых получены благодаря применению выгорающих наполнителей. Последние называются высокопористыми (рисунок 6.2, в) и могут иметь  $V_n = 75\%$ .

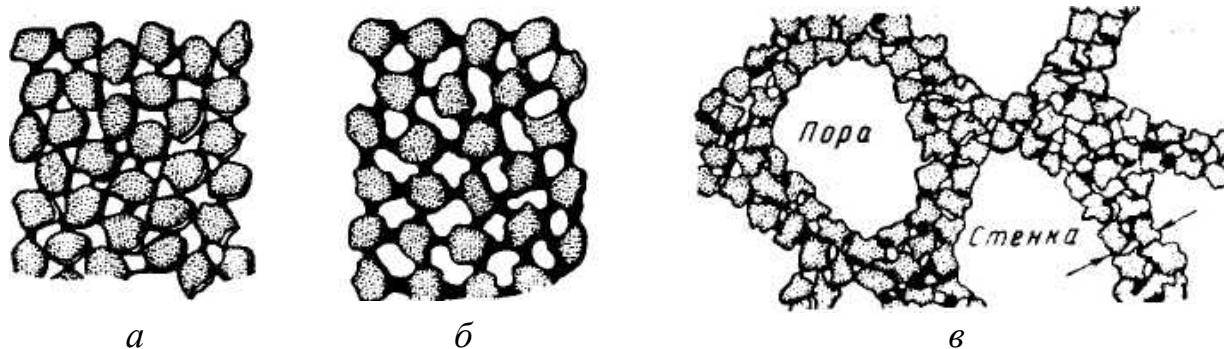


Рисунок 5.2. — Структура шлифовального круга: а — закрытая, б — открытая, в — высокопористая

Номер структуры связывается с относительным объемом зерен ( $v_3$ ). Структуре № 1 соответствует  $v_3 = 60\%$ . С повышением номера структуры на единицу  $v_3$  уменьшается на 2%. И так до структуры № 12 где  $v_3 = 38\%$ . Чаще всего круги на керамической связке изготавливают с номерами структур от 4 до 9, причем по мере уменьшения размера зерен номер структуры повышается. Для чистовой обработки необходимы круги с меньшим номером структуры, чем для предварительной. Для профильного шлифования также следует выбирать круги с меньшим номером структуры.

Структура алмазных и эльборовых шлифовальных кругов характеризуется концентрацией абразивного материала. 100% концентрацией алмазных зерен считают содержание 4,39 карата в одном кубическом сантиметре алмазного слоя. За 100% концентрацию алмаза или эльбора принимают такое содержание абразивного зерна, которое составляет примерно 25% объема рабочего слоя инструмента, независимо от типа связки. Шлифовальные круги выпускают с концентрацией от 25 до 150%. По специальным заказам можно изготовить круги с концентрацией 175 и 200%.

Твердость шлифовального круга характеризует прочность, с которой связка удерживает абразивные зерна, выходящие на рабочую поверхность круга и подвергающиеся ударным нагрузкам в процессе шлифования. Для абразивных инструментов установлена условная шкала твердости, приведенная в таблице 2. Цифры 1, 2 и 3 справа от буквенного обозначения характеризуют твердость в порядке ее возрастания.

Таблица 5.2 — Твердость шлифовальных кругов и головок

Название характеристики шлифовального инструмента	Условное обозначение характеристики	Степени твердости шлифовального инструмента со связками	
		керамической или бакелитовой	вулканитовой
Мягкий	М	М1, М2, М3	—
Среднемягкий	СМ	СМ1, СМ2	—
Средний	С	С1, С2	С
Среднетвердый	СТ	СТ1, СТ2, СТ3	СТ



Твердый	Т	Т1, Т2	Т
Весьма твердый	ВТ	ВТ1, ВТ2	–

Для оценки твердости абразивного инструмента без его разрушения применяют акустические методы контроля, при которых определяют скорость распространения звука в среде инструмента. Твердость оценивается значением звукового индекса, равным 0,01 скорости звука. Шкала звуковых индексов от 19 до 75 охватывает весь диапазон твердостей, указанный в таблице 5.2.

Шлифовальные круги изготавливают трех классов точности – АА, А и Б. Для кругов класса точности АА используют шлифовальный материал с индексами зернистости В и П, для класса точности А – только В, П и Н, а для класса Б можно использовать шлифовальный материал с любым содержанием основной фракции. Кроме того размеры посадочного отверстия, наружной поверхности и высоты круга у класса АА выполняются точнее, чем у класса А, а у последнего точнее, чем у класса Б.

Шлифовальные круги различают также по классам уравновешенности. Установлено четыре класса неуравновешенности, обозначаемых цифрами 1, 2, 3 и 4. Классу 1 соответствует минимальная, а классу 4 – максимальная неуравновешенность. Допускаемая неуравновешенность для всех классов увеличивается при увеличении массы круга. Для уменьшения неуравновешенности, что имеет большое значение при чистовом и тонком шлифовании, а также при высоких (50...80 м/с) скоростях шлифования, проводят периодическую балансировку круга (вне станка и на станке).

При шлифовании вследствие изнашивания изменяется микро- и макрогеометрия рабочей поверхности шлифовального круга, а, следовательно, и его эксплуатационные (режущие) свойства. Для их восстановления шлифовальный круг периодически подвергается правке. Особенно велика роль правки при врезном шлифовании, когда погрешности профиля круга копируются обработанной поверхностью.

Для отвода из зоны резания выделяющегося тепла, уменьшения трения и удаления отходов шлифования применяют охлаждение различными СОЖ, которые по составу и свойствам делятся на эмульсии и масла. Наиболее часто при шлифовании используют эмульсии, в которых в воде во взвешенном состоянии находятся микроскопические частицы другой жидкости – эмульсола с содержанием в нем определенного количества специальных присадок, обеспечивающих, например, смазочный эффект. СОЖ обычно подается поливом, снижает силы трения в зоне обработки, смывает абразивно-металлическую пыль, способствует улучшению качества шлифуемой поверхности и улучшению атмосферы производственного помещения.

### **3. Круглое наружное шлифование, оборудование и приспособления**

Круглое наружное шлифование осуществляется 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 шли-

фовальной и шпиндельной (передней) бабками, предназначены для продольного и врезного шлифования.

Круглошлифовальный центральный станок показан на рисунке 5.3.

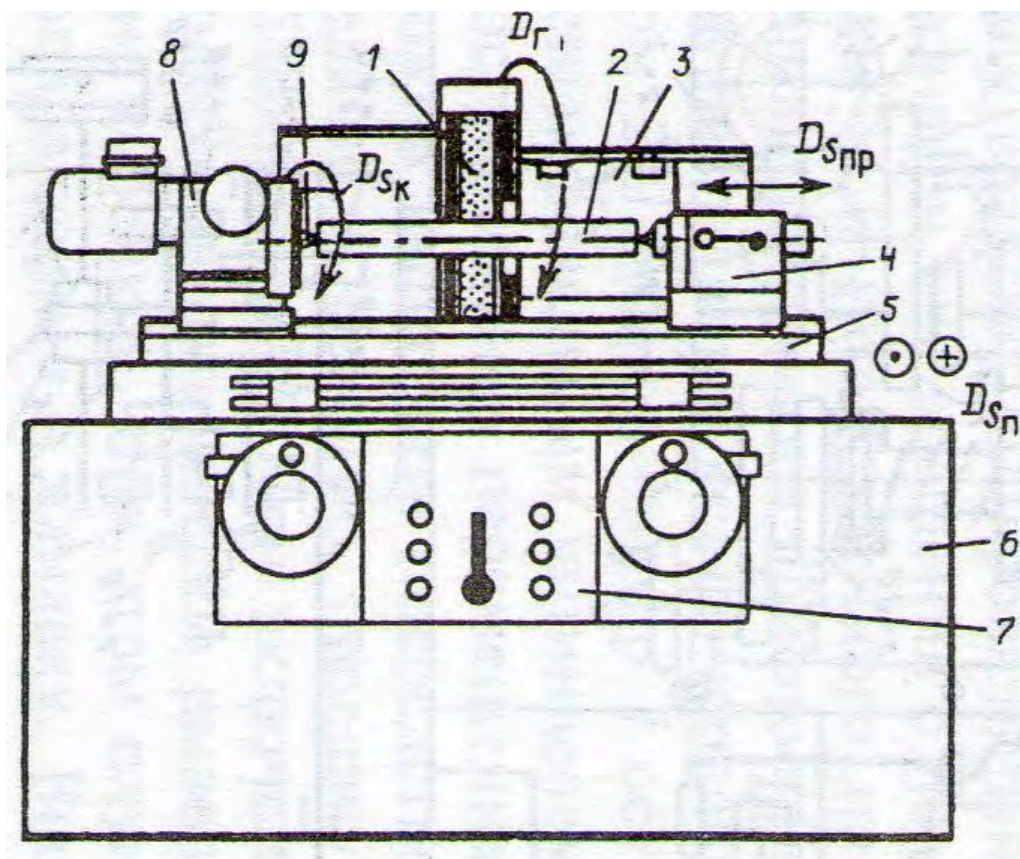


Рисунок 5.3 — Схема круглошлифовального станка.

Шлифовальный круг 1 устанавливается на шпинделе шлифовальной бабки 3 и получает от нее главное движение (движение резания, привод – асинхронный электродвигатель)  $D_r$ . Заготовка 2 устанавливается в центрах 9 передней 8 и задней 4 бабок и получает от первой через поводковое устройство движение круговой подачи (вращение заготовки, привод – электродвигатель постоянного тока)  $D_{ск}$ . Движения продольной  $D_{спр}$  и поперечной (радиальной)  $D_{сп}$  ( $D_{sp}$ ) подач обеспечиваются соответственно столом 5 (гидравлический привод), установленным на станине 6, и шлифовальной бабкой 3 (электрический и гидравлический приводы). Управление станком осуществляется маховичками и кнопками, расположенными на панели 7. Бак для СОЖ с насосом, гидравлическая (насосная) станция и электрошкаф располагаются обычно слева и сзади станка

**Техническая характеристика круглошлифовального станка-полуавтомата мод. 3М151:**

Заготовка:

наибольший диаметр	200 мм
наибольшая длина.....	700 мм

Высота центров над столом.....	125 мм
--------------------------------	--------

Шлифовальный круг:	
наибольший диаметр,.....	600 мм
наибольшая высота.....	100 мм
Высота центров над столом, мм.....	125
Наибольшее продольное перемещение стола.....	705
Углы поворота стола:	
по часовой стрелке,.....	3°
против часовой стрелки.....	10°
Пределы продольной подачи стола (бесступенчатое регулирование), м/мин.....	0,05-5
Пределы частот шпинделя заготовки (бесступенчатое регулирование круговой подачи), мин <sup>-1</sup> .....	50-500
Конусы Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки.....	4
Перемещение шлифовальной бабки, мм:	
наибольшее.....	185
на одно деление лимба.....	0,005
за один оборот толчковой рукоятки .....	0,001
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, мин <sup>-1</sup> .....	1590
Пределы поперечной (врезной) подачи шлифовальной бабки, мм/мин.....	0,1-4
Мощность электропривода главного движения, кВт.....	10

Работа станка-полуавтомата осуществляется таким образом. По направляющим станины 6(рисунок 5.3) с помощью гидравлического привода перемещается стол в продольном направлении. Верхняя часть стола поворотная. Точность поворота стола контролируют индикаторным приспособлением. Шлифуемая заготовка устанавливается в неподвижных центрах передней 8 и задней 4 бабок и приводится во вращение хомутиком (поводком), укрепленным на заготовке, и пальцем планшайбы передней бабки станка. Кроме этого гидропривод осуществляет поперечные перемещения шлифовальной бабки, которые используют для быстрого ее подвода и отвода, предварительной и чистовой подач. Отвод пиноли задней бабки осуществляется при отведенной шлифовальной бабке.

Станок снабжен балансировочным механизмом, укрепленным на фланце шлифовального круга, балансировка которого осуществляется во время его вращения. Очистка СОЖ от металлической стружки и абразивной пыли осуществляется магнитным сепаратором и отстаиванием в баке.

На круглошлифовальных станках заготовки валов устанавливаются в центрах (рисунок 5.4). Упорные центры имеют конические хвостовики, которые легко входят в конические отверстия передней и задней бабок и также легко вынимаются из них. Рабочий конец центра шлифуют на конус с углом при вер-

шине  $60^\circ$ . Размеры применяемых упорных центров стандартизованы и их различают по номерам.

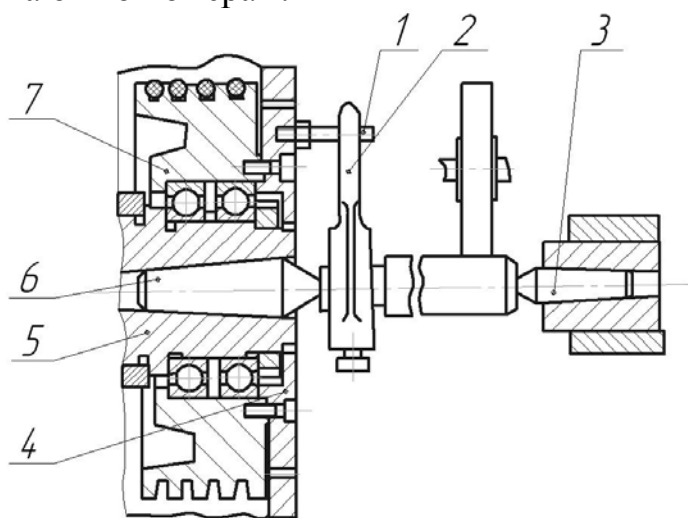


Рисунок 5.4 — Схема установки заготовки в центрах: 1 — поводковый палец; 2 — хомутик (поводок); 3 — задний упорный центр; 4 — поводковая планшайба; 5 — шпиндель передней бабки станка; 6 — передний упорный центр; 7 — шкив

Для установки заготовки вала между упорными центрами на ее торцах делают центровые отверстия. На рисунке 5.5 показаны три вида центровых отверстий. Точность центрирования заготовки влияет на точность ее обработки. Применение центровых отверстий с выпуклой образующей снижает погрешности установки и повышает точность обработки.

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

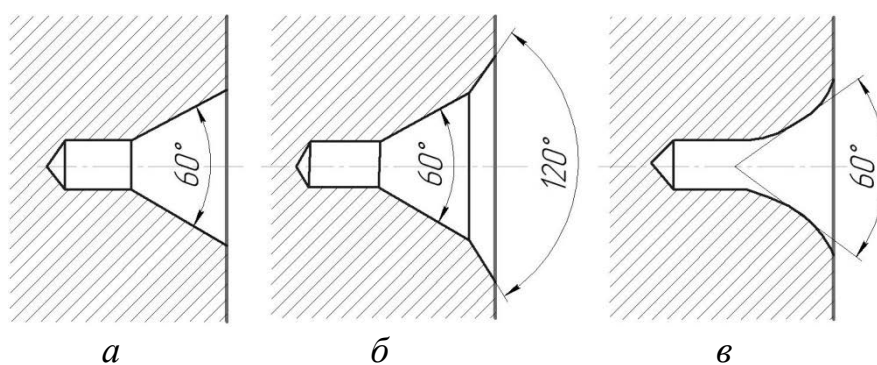


Рисунок 5.5 — Виды центровых отверстий: а — без предохранительного конуса; б — с предохранительным конусом; в — с дугобразной образующей

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

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

Для свободного выхода шлифовального круга с заготовки, диаметр которой меньше диаметра центра, одна сторона центра, обращенная к кругу, срезается. На рисунке 5.6 показаны различные схемы круглого наружного врезного шлифования цилиндрических поверхностей в центрах. Шлифование полуоткрытых наружных цилиндрических поверхностей осуществляется по схеме (рис. 5.6, а), а когда необходимо обеспечить перпендикулярность ограничивающего торца, применяется совместное шлифование цилиндра и торца (рисунки б, б и в). Наиболее эффективной является схема, показанная на рисунке 5.6, в. В этом случае при правке меньше расходуется шлифовальный круг.

Если длина шлифуемой поверхности больше ширины шлифовального круга, то применяется шлифование с продольной подачей, схема которого показана на рисунке 5.6, г. 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) удаляется шлифованием с продольной подачей. Фасонные поверхности вращения чаще всего шлифуются врезным шлифованием с помощью профилированного шлифовального круга.

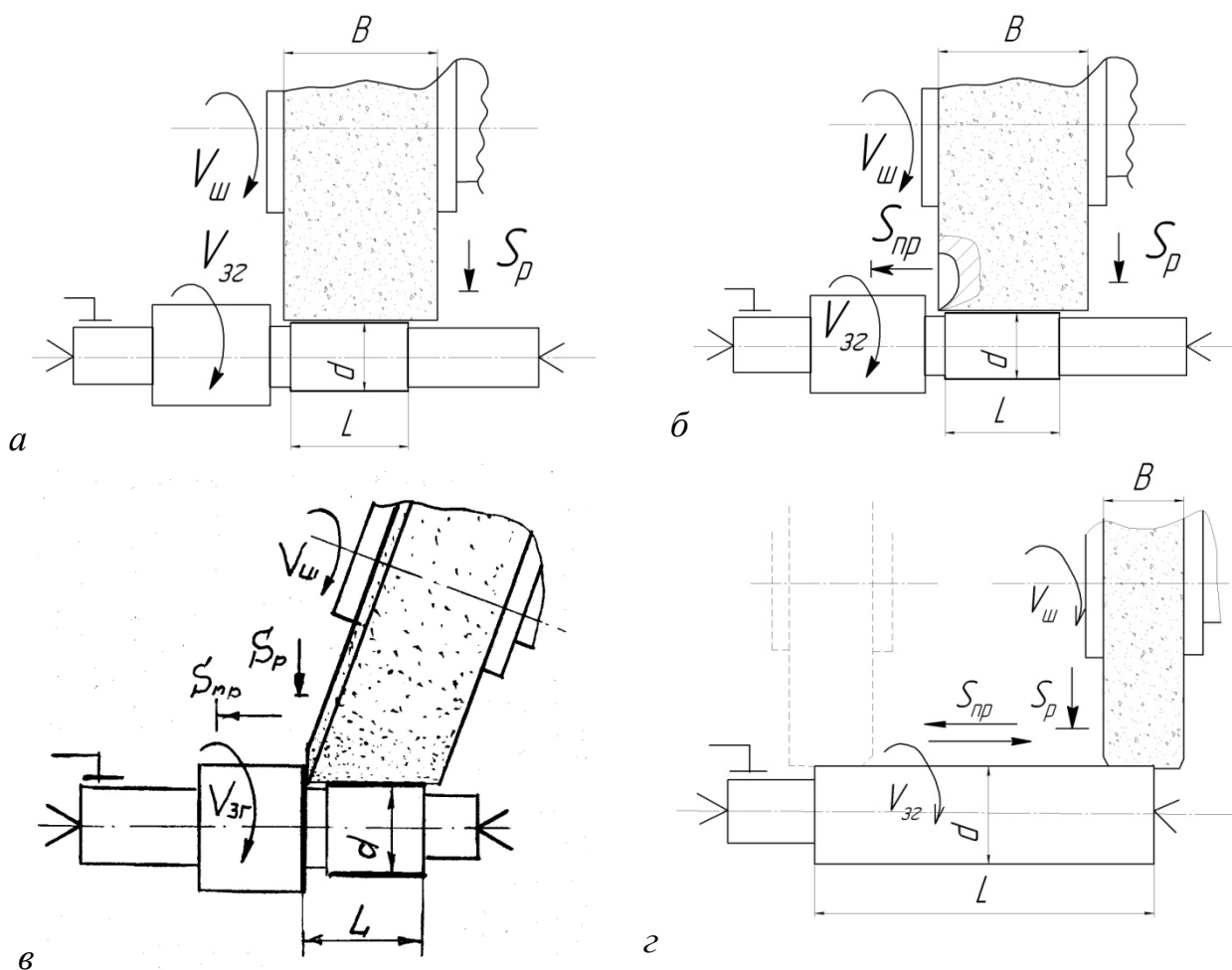


Рисунок 5.6 – Совмещенные схемы круглого шлифования: а – наружного врезного, б, в – врезного с подшлифовкой торца, г – с продольной подачей.

Способы шлифования наружных конических поверхностей показаны на рисунке 5.7. Для шлифования длинных поверхностей с относительно небольшой конусностью на заданный угол поворачивается поворотная часть стола (рисунок 5.7, а). Для шлифования коротких конусов поворачивается передняя бабка (рисунок 5.7, б). Внешние конические поверхности могут шлифоваться путем поворота и продольной подачи шлифовальной бабки (рисунок 5.7, в). Вращение заготовке передается хомутиком (рисунок 4).

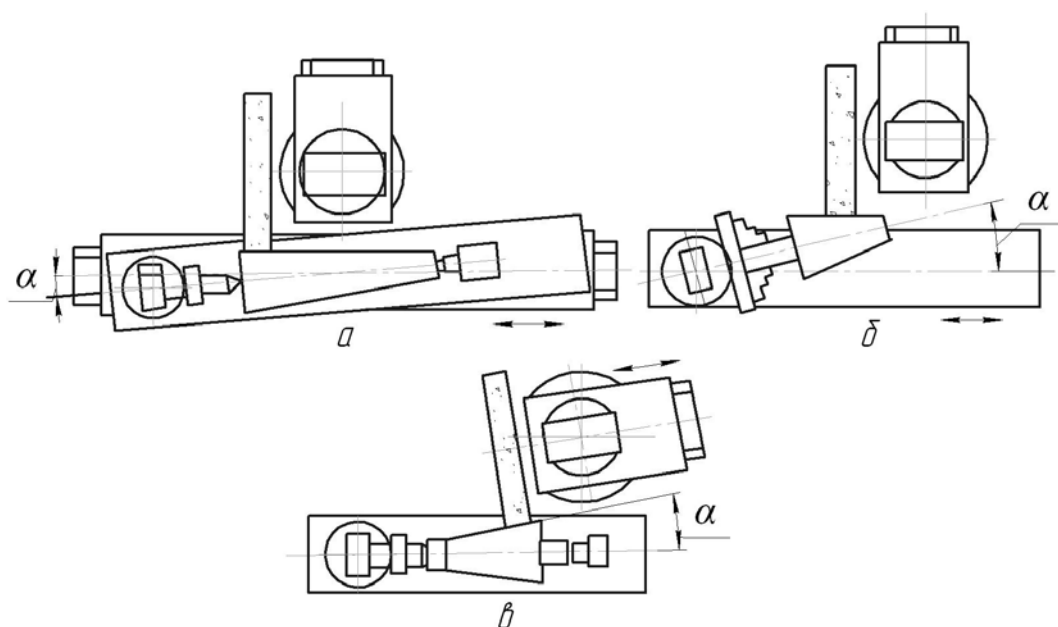


Рисунок 5.7 — Способы шлифования наружных конических поверхностей

Заготовки с точным отверстием и небольшой высоты шлифуют на длинных центровых оправках с небольшой конусностью (рисунок 5.8, а). Диаметр оправки с заходного конца на 0,01 мм меньше номинального диаметра отверстия шлифуемой заготовки, диаметр другого конца оправки превышает диаметр отверстия заготовки на 0,015 мм. Конусность оправки должна быть не больше 0,015 мм на 100 мм длины.

Разжимные оправки (рисунок 5.8, б) используются для шлифования заготовок с более широким допуском по внутреннему диаметру. При этом шлифуемая заготовка устанавливается на разжимной втулке 2, имеющей 3... 6 осевых разрезов с каждого торца. При закручивании гайки 3 внутренняя конусная поверхность втулки перемещается по наружному конусу 1 оправки, вследствие чего происходит зажим обрабатываемой заготовки.

При наружном шлифовании тонкостенных (нежестких) заготовок типа втулок и цилиндров используется их установка на оправки с гофрированными втулками (рисунок 2.33). В свободном не зажатом состоянии наружный диаметр гофр втулки 1 минимальный и позволяет заготовке в виде втулки свобод-

но устанавливаться по отверстию на оправку. При вращении гайки 2 под воздействием осевой сжимающей силы втулка сжимается и тонкостенные гофры выпучиваются как по внешней цилиндрической поверхности, так и по внутренней, надежно центрируя и зажимая заготовку.

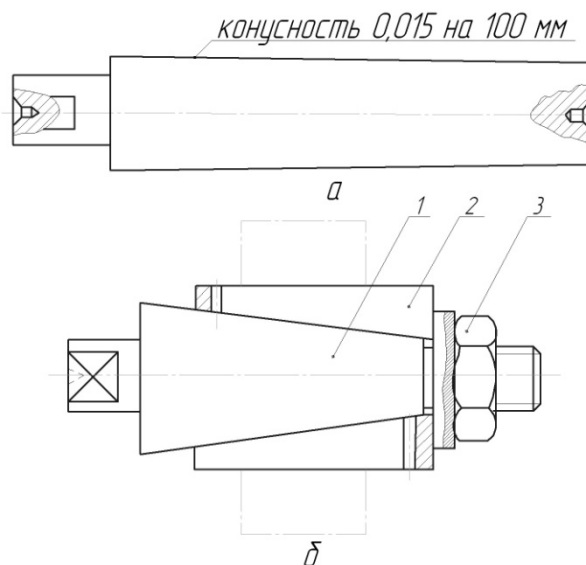


Рисунок 5.8 – Оправки для установки заготовок по отверстиям: а - коническая; б – с разжимной разрезной втулкой

Если у шлифуемой заготовки нет посадочного отверстия, которое можно использовать в качестве технологической базы, то ее устанавливают в трехкулачковом патроне. Патрон крепится вместо поводковой планшайбы 4 на шпинделе передней бабки (рисунок 5.4).

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.

Показатели других моделей круглошлифовальных станков приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 — Показатели круглошлифовальных станков различных моделей

Показатели	Модели станков					
	3М150	3М153	3М153А	3Т153Е	3У120А	3М151Ф2
$L_z$ , мм	360	500	500	500	500	700
$d_T$ , мм	100	140	140	140	200	200
$d_{max}$ , мм	45	50	50	50	60	180
$D_{кр}$ , мм	400	500	500	500	350	400
$H_{кр}$ , мм	40	63	50	63	40	40
$n_{кр}$ , об/мин	2350	1900	1910	1900	1910	2340
	1670		1340			2000

$S_{пр}$ , мм/мин	20–4000	20–5000	20–5000	20–5000	20–5000	30–5000
$n_{заг}$ , об/мин	100–1000	50–1000	50–1000	63–700	50–1000	55–900
$S_{п}$ , мм/мин	0,05–5	0,05–5	0,03–3	0,1–10	–	0,025–15
$S_{п.д}$ , мкм/ход	1–100	2–150	1–150	–	1–150	0,5–150
$j$ , Н/мм	2900	3650	3650	3950	4350	4350
Обозначения: $L_r$ – максимальная длина устанавливаемой заготовки; $d_r$ – максимальный диаметр устанавливаемой заготовки; $d_{max}$ – максимальный диаметр шлифуемой поверхности; $D_{кр}$ – максимальный диаметр шлифовального круга; $H_{кр}$ – высота шлифовального круга; $n_{кр}$ – частота вращения шлифовального круга; $S_{пр}$ – скорость подачи при правке; $n_{заг}$ – частота вращения заготовки; $S_{п}$ – скорость радиальной (врезной) подачи; $S_{п.д}$ – дискретная радиальная подача; $j$ – жесткость технологической системы.						

#### 5.4. Круглое внутреннее шлифование, оборудование и приспособления

Универсальный внутришлифовальный станок (рисунок 5.9) предназначен для шлифования цилиндрических и конических, глухих и сквозных отверстий. Станок имеет торцешлифовальное устройство 4, расположенное на бабке 3 шлифуемой заготовки, которое дает возможность шлифовать с одной установки заготовки 5 ее наружный торец.

По направляющим качения станины 1 может возвратно-поступательно перемещаться стол 11, несущий шлифовальную бабку 9, с помощью гидравлического цилиндра или вручную. По верхним направляющим качения стола 10 шлифовальную бабку 9 можно перемещать вручную маховичком или от специальных упоров в поперечном направлении (движение  $D_{сп1}$ ). На верхней плоскости станины 1 установлен мост 2 по поперечным направляющим которого можно перемещать бабку 3 шлифуемой заготовки (движение  $D_{сп2}$ ). Перемещения торцешлифовального устройства 4 в исходное положение и подачи осуществляются вручную соответствующими маховичками. Бак для СОЖ с электронасосом и магнитным сепаратором располагается отдельно слева, а гидравлическая станция и электрошкаф – сзади станка. Главные движения (вращения) шлифовального круга (головки) 7, расположенного на шпинделе 8, и круга 6 для шлифования торца заготовки 6 (соответственно  $D_{r1}$  и  $D_{r2}$ ) обеспечиваются приводами шлифовальной головки 9 и торцешлифовального устройства 4. Продольная подача круга 7 обеспечивается и регулируется гидроприводом стола 11. Средства управления станком расположены на панели 12.



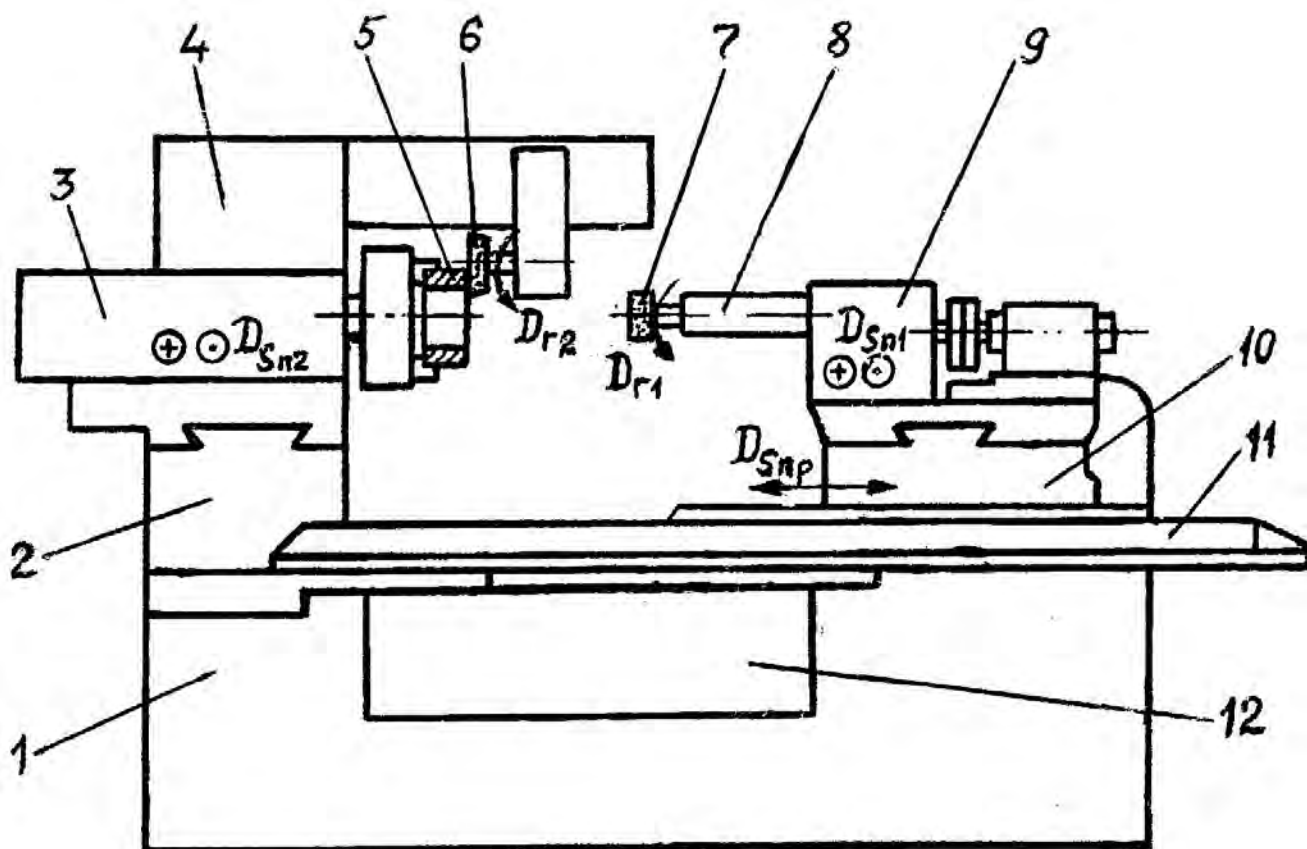


Рисунок 9 — Схема внутришлифовального станка

**Техническая характеристика станка 3К228В:**

Пределы диаметров 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
Наибольший ход стола, мм	630
Наибольшие наладочные перемещения, мм:	
шлифовальной бабки –	
вперед (от рабочего)	60
назад (на рабочего)	10
бабки заготовки -	
вперед (от рабочего)	200
назад (на рабочего)	50
Наибольший угол поворота бабки заготовки	30°
Наибольшие диаметр x высота шлифовального круга, мм	180 x 63
Пределы продольной подачи стола при шлифовании, м/мин	1 – 7
Частоты вращения шпинделей, мин <sup>-1</sup> :	
внутришлифовального (первое главное движение), 4500 - 12000	

бабки заготовки (круговая подача),  
торцешлифовального устройства (второе  
главное движение)  
4000 Мощность электродвигателя привода первого главного  
движения (круга шлифовальной бабки), кВт 5.5

100 – 600

2680 или

Характеристики других станков внутреннего шлифования приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 — Показатели внутришлифовальных станков различных моделей

Показатели	Модели станков				
	3К225В	3К227В	3М225Ф2	3М227Ф2	3К227Ф2
1	2	3	5	6	7
$d_{0.3}, мм$	3 – 25	20 – 100	1 – 80	20 – 200	20 – 100
$L_{ш}, мм$	8 – 50	50 – 125	5 – 80	50 – 200	50 – 125
$D_k, мм$	25	80	50	125	80
$n_k, об/мин$	18000 24000 36000 48000 72000 92000	9000 12000 18000 22000	12000 – 150000	5000 – 28000	9000 12000 18000 22000
$S_{прав}, м/мин$	0,2 – 2	0,1 – 2	0,1 – 2	0,1 – 2	0,1 – 2
$S_{пр}, м/мин$	1 – 7	1 – 7	1 – 7	1 – 7	1 – 7
$S_p, мм/мин$			1,2 – 12	1,2 – 12	1,2 – 12
$S_{p1},$			0,3 – 3	0,3 – 3	0,3 – 3
$S_{p2},$			0,1 – 0,6	0,1 – 0,6	0,1 – 0,6
$S_{p3}, мкм/мин$			6 – 60	6 – 60	6 – 60
$S_{p.д.}, мкм/д.х.$	1 – 12	1 – 12	1,25 – 100	1,25 – 100	1,25 – 100
$n_3, об/мин$	280 – 2000	140 – 1000	125 – 2000	60 – 1200	60 – 1200
$j, Н/мм$	1600	1800	1600	1800	2000

Обозначения:  $L_{ш}$  – длина шлифования;  $d_{0.3}$  – диаметр шлифуемой поверхности;  
 $D_k$  – максимальный диаметр шлифовального круга;  $n_k$  – частота вращения шлифовального  
круга;  $S_{пр}$  – скорость подачи при правке;  $n_3$  – частота вращения заготовки;  
 $S_p$  ( $S_n$ ) – скорость радиальной (врезной поперечной) подачи;  $S_{p.д.}$  – дискретная наладочная  
радиальная подача;  $j$  – жесткость технологической системы.

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 рисунке 5.10.

Привод шлифовального круга станка мод. 3К228В осуществляют от электродвигателя (мощностью 5,5 кВт, частота вращения  $2900 \text{ мин}^{-1}$ ) через плоскоремennую передачу. Шлифовальная бабка снабжена четырьмя сменными шкивами, что обеспечивает следующие частоты вращения: 4500, 6000, 9000 и  $12000 \text{ мин}^{-1}$ .

Привод шлифовального круга торцешлифовального приспособления осуществляют от электродвигателя (мощностью 2,2 кВт, частота вращения  $2860 \text{ мин}^{-1}$ ). Частота вращения торцешлифовального шпинделя составляет 2680 или  $4000 \text{ мин}^{-1}$ .

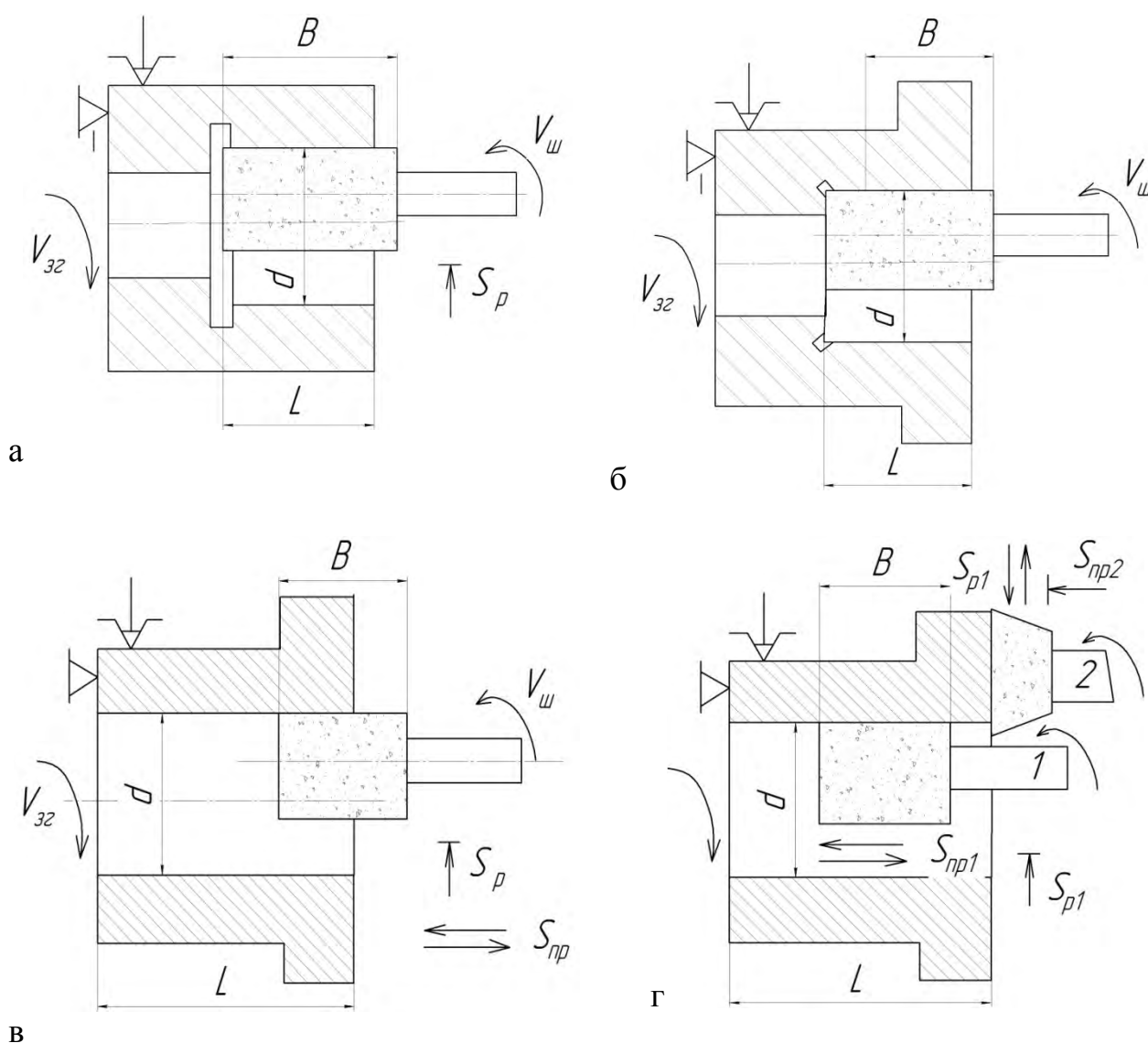


Рисунок 10. Схемы внутреннего шлифования: а – врезного, б – врезного с подшлифовкой внутреннего торца, в – продольного, г – продольного с подшлифовкой наружного торца (1 – шлифовальная головка, 2 – шпиндель торцешлифовального устройства с чашечным коническим – ЧК кругом).

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

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 трехкулачковый патрон* (рисунок 2.21), устанавливаемый на переднем конце шпинделя бабки изделия через переходную планшайбу. В нем можно быстро закреплять самые разнообразные заготовки типа тел вращения с разными значениями наружного диаметра. Однако точность центрирования такого патрона сравнительно невысока. Биение кулачков вызывает отклонение от концентричности проточенного отверстия с наружным диаметром заготовки, которое может достигать нескольких сотых долей миллиметра. Кроме того, кулачки деформируют нежесткие заготовки при их закреплении.

Другим стандартным приспособлением, входящим в комплект принадлежностей универсальных станков, является *четырекулачковый патрон* с независимым перемещением кулачков (рисунок 2.22). Этот патрон более универсален, так как позволяет закрепить заготовки различной конфигурации, а не только тела вращения. Но установка заготовок в нем отнимает много времени из-за обязательной выверки по индикатору оси обрабатываемого отверстия. При этом каждый из четырех кулачков приходится передвигать отдельно.

Для закрепления заготовок цилиндрической формы применяют *цанговые патроны*, обеспечивающие более высокую точность центрирования, чем кулачковые.

Заготовки, не имеющие удобной поверхности для закрепления описанными выше устройствами, шлифуют в единичном и мелкосерийном производстве на планшайбе. Они базируются торцом по лицевой плоскости планшайбы или на установочные угольники по торцу и боковым поверхностям заготовки.

### 5.5. Плоское шлифование, оборудование и приспособления

Плоское шлифование производится на плоскошлифовальных станках, которые предназначены для шлифования заготовок, закрепленных непосредственно на столах, магнитных и электромагнитных плитах или в других приспособлениях. На рисунке 5.11 представлена схема плоскошлифовального станка. Он состоит из станины 4 коробчатой формы, которая является основанием для установки его основных узлов: колонны (стойки) 7 со шлифовальной головкой 9, крестового суппорта 3 с прямоугольным столом 2, механизмов перемещений стола и шлифовальной бабки и пульта управления ими 5. Гидростанция, система подачи СОЖ в зону шлифования и электрошкаф расположены вне станины. Главное движение  $D_r$  в виде вращения круга 1, установленного в шлифовальной головке 9, обеспечивается электродвигателем. Движение продольной подачи  $D_{сп}$  стола 2 осуществляется от гидроцилиндра по направляющим суппорта 3. Движение поперечной подачи  $D_{сп}$  шлифовальной бабки с кру-

гом1 происходит при перемещении колонны 7 по направляющим 6 станины. Движение вертикальной подачи  $D_{СВ}$  осуществляется при движении шлифовальной бабки по направляющим 8 колонны 7.

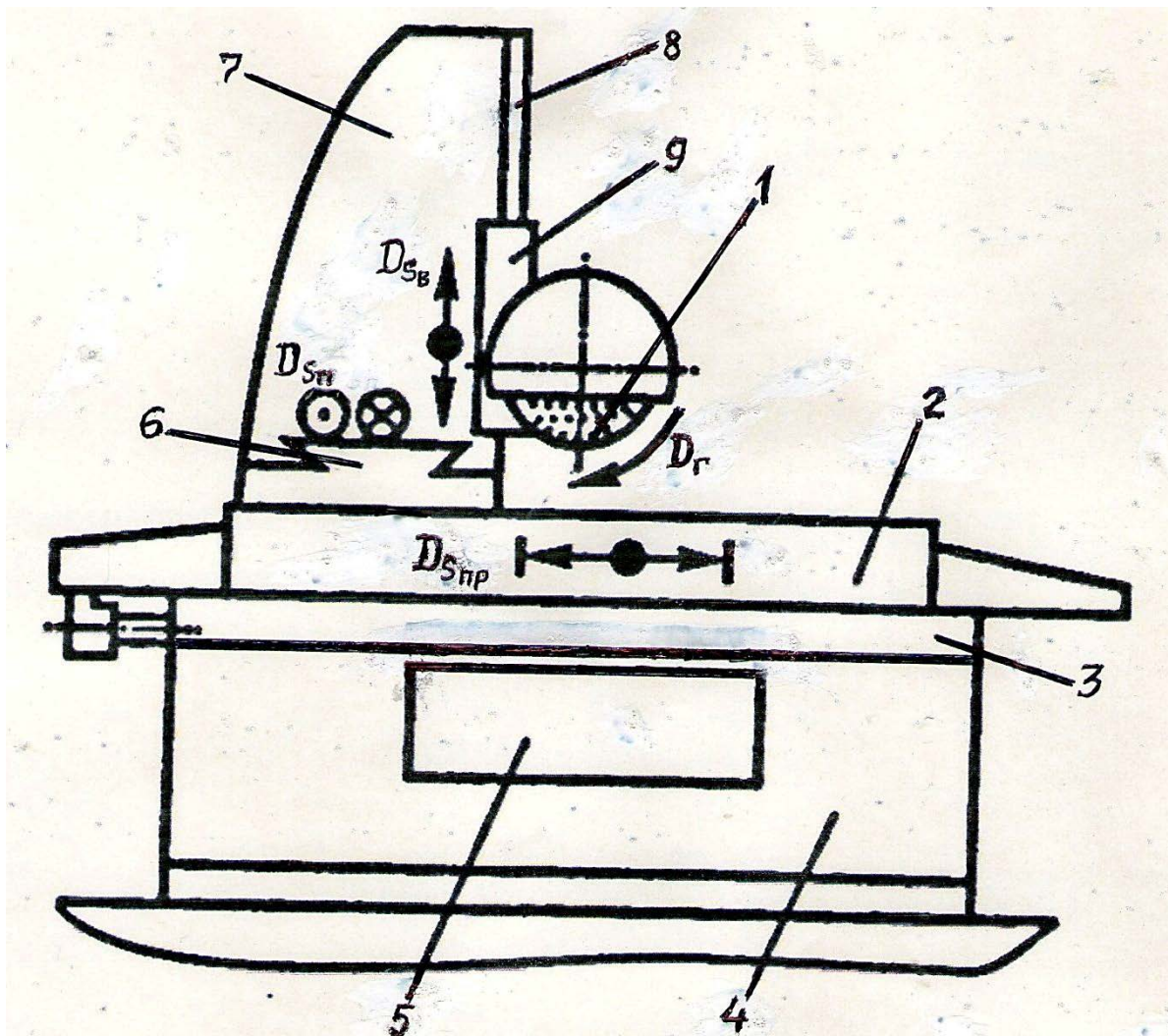


Рисунок 5.11. Схема плоскошлифовального станка

***Техническая характеристика плоскошлифовального станка мод. 3Е711В-1***

Размеры рабочей поверхности стола (длина x ширина), мм	630 x 200
Наибольшие размеры обрабатываемых заготовок (длина x ширина x высота), мм	630 x 200 x 320
Наибольшее расстояние от оси шпинделя до стола, мм	445
Наибольшие перемещения стола и шлифовальной бабки, мм:	
продольное,	490
поперечное	225
Максимальные размеры шлифовального круга (наружный диаметр x высота x внутренний посадочный диаметр), мм	250 x 40 x 76
Максимальная частота вращения шлифовального круга, мин <sup>-1</sup>	35

Пределы продольных подач стола (бесступенчатое регулирование), м/мин

2 – 35

Мощность электропривода главного движения (вращения круга), кВт

4

Характеристики плоскошлифовальных станков других моделей представлены в таблице 5.5

Таблица 5.5 — Показатели плоскошлифовальных станков различных моделей

Показатели	Модели станков				
	3E710A	3E711B	3E721BФ1	3П722	3П722Ф2
$L_c * B_c$ , мм	400*125	630*200	630*200	1600*320	1250*320
$H_{max}$ , мм	420	445	550	600	600
$D_{к. max}$ , мм	200	250	300	450	450
$B_k$ , мм	32	40	63	80	80
$n_k$ , об/мин	3350	2675	2200	1500	1450
$S_{np}$ , м/мин	2 – 35	2 – 35	2 – 35	3 – 45	3 – 35
$S_n$ , мм/ход	0,3 – 20	0,3 – 30	0,5 – 30	4 – 48	0,2 – 75
$S_v$ , мкм	2 – 90	1 – 90	1 – 100	1 – 150	1 – 150
$j$ , Н/мм	6000	9800	10000	13500	

$L_c * B_c$  – длина и ширина стола,  $H_{max}$  – максимальная высота заготовки,  $D_{к. max}$  – максимальный диаметр шлифовального круга,  $B_k$  – ширина шлифовального круга,  $n_k$  – частота вращения шлифовального круга,  $S_{np}$  – скорость продольной подачи,  $S_n$  – поперечная подача,  $S_v$  – вертикальная подача,  $j$  – жесткость технологической системы.

Установку (базирование и закрепление) заготовки на плоскошлифовальных станках можно производить непосредственно на столе станка с помощью прижимных планок, однако такой способ 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.

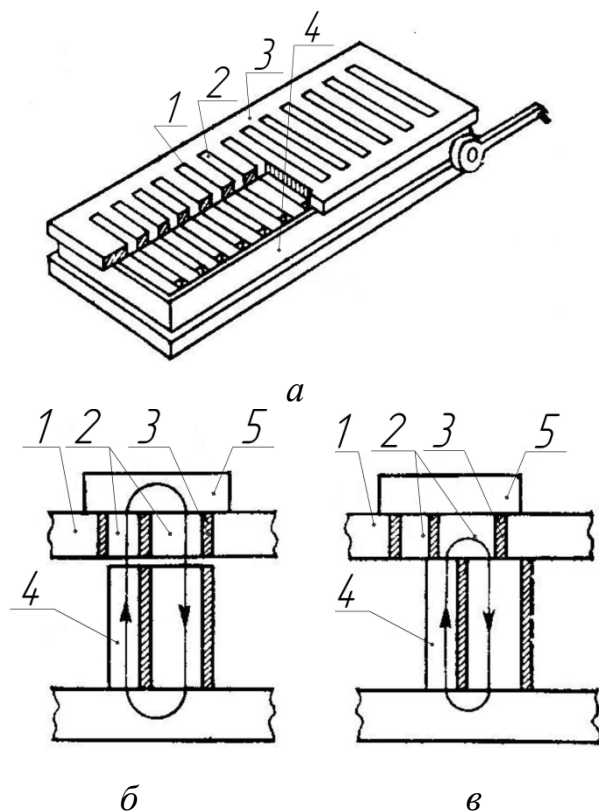


Рисунок 5.12 — Магнитная плита: а — общий вид; в — положение магнитов и действие магнитного потока при закреплении заготовки; в — положение магнитов и действие магнитного потока при установке и снятии заготовки; 1, 2 — железные пластины; 3 — немагнитные прослойки между пластинами; 4 — магниты; 5 — заготовка

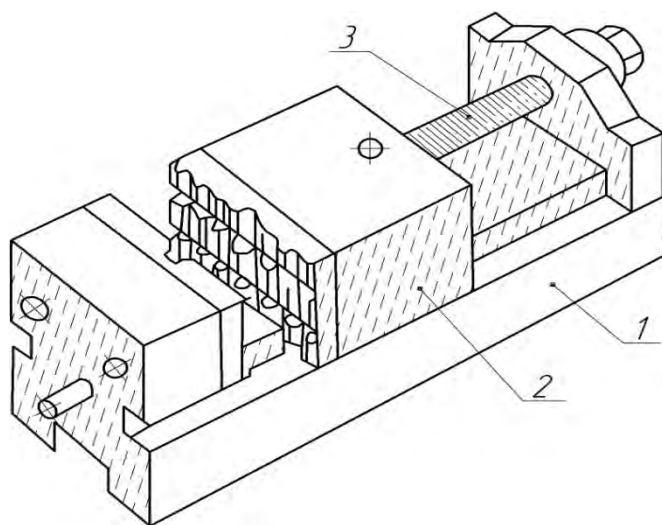


Рисунок 13 — Лекальные тиски

применяют универсальные приспособления, показанные на рисунке 5.14. Приспособление состоит из массивной плиты 4, на которой установлены две стойки

Кроме электромагнитных плит на плоскошлифовальных станках применяют магнитные плиты (рисунок 5.12), 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 магнитных плит следует периодически перешлифовывать на самом станке во включенном состоянии.

Лекальные тиски (рисунок 5.13) 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.

Для установки заготовок в центрах при шлифовании на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем

2 и 5 со срезанными центрами 1. Стойки закрепляются в заданном положении на плите эксцентриковыми зажимами с помощью рукояток 3.

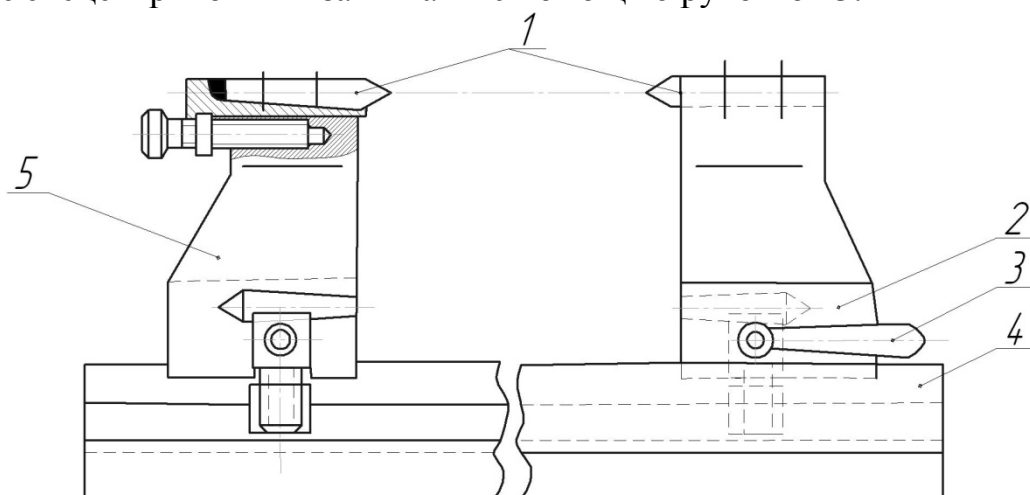


Рисунок 5.14 — Приспособление для плоского шлифования цилиндрических заготовок в центрах

Для установки заготовок на столе станка с наклоном шлифуемой поверхности под разными углами широко применяют синусные приспособления (рисунок 5.15) в сочетании с угольниками, центровыми приспособлениями и другими устройствами. Необходимый угол задается с помощью мерных плиток и роликов.

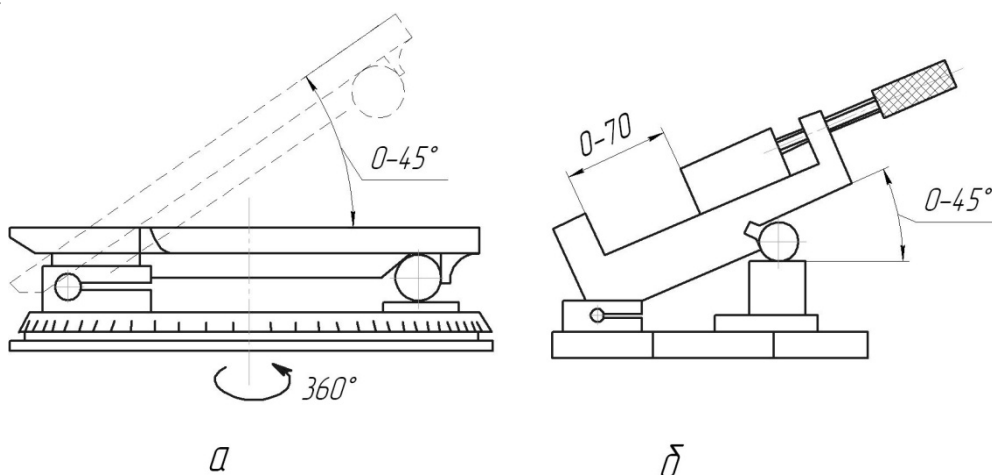


Рисунок 5.15 — Синусные приспособления:  
а — поворотный синусный столик; б — прецизионные синусные тиски

### 5.6. Выбор инструмента и параметров режима шлифования

Характеристика кругов и головок оказывает решающее влияние на производительность шлифования, точность и качество обработанных поверхностей. Во многих случаях малейшее изменение характеристики круга делает невозможным выполнение операции шлифования.

**Выбор размеров.** Для круглого наружного и плоского шлифования выбирается наружный диаметр максимальным для того станка, на котором будет производиться обработка. Для внутреннего шлифования диаметр шлифовального



круга или головки  $d_{кр}$  определяется из выражения  $d_{кр} = (0,5...0,9) \cdot d_{от}$ , где  $d_{от}$  – диаметр шлифуемого отверстия. Для отверстия диаметром больше 200 мм диаметр шлифовального круга определяется в основном диаметром шпинделя шлифовальной бабки.

*Выбор абразивных материалов.* При шлифовании сталей, как правило, применяют круги из различных электрокорундов (белого или нормального). Лучше всего шлифуются углеродистые стали. Легирующие присадки обычно ухудшают обрабатываемость, особенно такие, которые делают сталь вязкой (например, никель) или способствуют образованию твердых карбидных соединений (например, ванадий). Увеличение теплостойкости стали или сплава, прочности и вязкости, уменьшение теплопроводности приводят к ухудшению обрабатываемости и быстрому затуплению круга. Стали аустенитного класса шлифуются хуже, чем мартенситного, перлитного и сорбитного классов. Для труднообрабатываемых сталей и сплавов рекомендуется применять круги из белого электрокорунда или монокорунда. Монокорунд применяют также при шлифовании заготовок из цементированных и азотированных сталей. При снятии большого припуска часто применяют круги из нормального или легированного электрокорунда.

Шлифовальные круги из карбида кремния рекомендуется применять при шлифовании заготовок из чугуна, алюминия, бронзы и латуни.

Рекомендуемые подачи при шлифовании и обеспечиваемые при этом параметры точности и шероховатости шлифованной поверхности приведены в таблице 5.6. Значения подач на глубину врезания ( $S_v$  и  $S_p$ ) в зависимости от одно-стороннего припуска  $z_n$  на обработку показаны в таблице 7.

Таблица 5.6 — Параметры режима шлифования и качества обработки

Код способа и вида шлифования	Показатели режима шлифования			Показатели качества шлифованной поверхности	
	$S_p$ или $S_v$ , мкм / проход или оборот заготовки	$S_n$ , мм / ход или мм / оборот заготовки	$S_{пр}$ , м / мин	Квалитет точности размера	Показатель шероховатости Ra, мкм
КНП-п	10...25	(0,3...0,7)Н	12...25	8...9	2,5...6,3
КНП-ч	5...15	(0,2...0,4)Н	15...55	6...7	0,2...1,25
КНП-т	2...5	(0,1...0,2)Н	10...20	5...6	0,05...0,32
КНВ-п	2,5...8	–	30...50	8...9	2,5...6,3
КНВ-ч	1...5	–	20...40	6...7	0,2...1,25
КНВ-т	0,2...0,6	–	15...30	5...6	0,05...0,32
КВП-п	5...20	(0,4...0,7)Н	20...40	8...9	3,2...6,3
КВП-ч	2,5...10	(0,25...0,4)Н	20...40	6...7	0,32...1,6
КВП-т	1...3	(0,1...0,2)Н	20...40	5	0,08...0,32
КВВ-п	1,5...6	–	30...50	8...9	3,2...6,3
КВВ-ч	0,6...1,5	–	30...50	6...7	0,32...1,6
КВВ-т	0,2...0,5	–	30...50	5	0,08...0,32
ППП-п	15...40	(0,4...0,7)Н	8...30	8...10	1,6...6,3

ППП-ч	5...15	(0,2...0,4)Н	15...20	6...7	0,32...1,6
ППП-т	2...5	(0,1...0,2)Н	15...25	5...6	0,06...0,32
ПВП-п	8...20	–	10...30	8...10	1,6...6,3
ПВП-ч	1,5...6	–	15...25	6...7	0,32...1,6
ПВП-т	0,3...1	–	10...30	5...6	0,06...0,32

*Примечание.* Коды способов шлифования: КНП – круглое наружное с продольной подачей в долях ширины Н шлифовального круга; КНВ – круглое наружное врезное; КВП – круглое внутреннее с продольной подачей; КВВ – круглое внутреннее врезное; ППП – плоское с поперечной подачей периферией круга; ПВП – плоское врезное периферией шлифовального круга. Коды способов шлифования: п – предварительное; ч – чистовое; т – тонкое (отделочное).

*Таблица 7 - Зависимость значений подач на глубину ( $S_b, S_p$ ) от одностороннего припуска  $z_n$  при шлифовании сталей*

Припуск на шлифование $z_n$ , мм	Поперечная подача $S_n$ на ход стола, мм/ход		
	18	24	27
	Подача на глубину врезания $S_b, S_p$ , мм/ход		
0,17	0,048	0,040	0,032
0,25	0,060	0,050	0,041
0,35	0,076	0,063	0,050
0,50	0,097	0,080	0,064

Скорость обработки при шлифовании равна скорости вращения круга (головки)  $v_k$ , м/с:

$$v_k = \pi D_k n_k / 1000 \cdot 60, \quad (1)$$

где  $D_k$  и  $n_k$  - соответственно диаметр, мм и частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$  круга (головки).

Пример определения  $v$ , других параметров и показателей, например, для плоского шлифования, приведен ниже.

*Задача.* Требуется шлифовать горизонтальную поверхность бруска из стали с твердостью 30 HRC и обеспечить шероховатость обработанной поверхности с  $Ra = 1,6$  мкм. Длина бруска  $L = 200$  мм, ширина его  $B = 50$  мм. Обработку выполнять на станке мод. 3E721ВФ1-1 периферией круга диаметром  $D = 300$  мм и шириной  $B = 40$  мм. Припуск на шлифование  $z_n = 0,5$  мм. Частота вращения круга по паспорту (таблица 5.6)  $n_k = 2200 \text{ мин}^{-1}$ .

*Решение.*

1. Определяется  $v_k$  по формуле (1) –  $v_k = 3,14 \cdot 300 \cdot 2200 / 1000 \cdot 60 = 34,5$  м/с.

2. Вычисляется поперечная длина хода круга  $l$  по формуле  $l = B + b + l_1 + l_2 = 50 + 40 + 4 + 4 = 98$  мм,

где  $l_1, l_2$  – значения врезания и перебега круга (головки), мм;  $l_1 = l_2 = 3 - 5$ , принимается 4 мм.

3. Определяется подача круга  $S_n$  по выражению  $S_n = k \cdot B$ , где  $k$  – коэффициент,  $k = 0,4 - 0,7$ .

При обработке стали с шероховатостью поверхности  $Ra = 1,6$  мкм принимается  $k$ , равное 0,6. Тогда  $S_n = 0,6 \cdot 40 = 24$  мм/ход.

4. Устанавливается средняя скорость продольной подачи  $S_{пр}$ . Обычно при шлифовании стали  $S_{пр} = 6 - 25$  м/мин. Для рассматриваемого примера можно принять  $S_{пр} = 6,3$  м/мин.

5. Определяется подача на глубину врезания  $S_v, S_p$  по табл. 5.7. При пуске на обработку  $z_{п} = 0,5$  мм  $S_v(S_p) = 0,08$  мм/ход.

6. Вычисляется число продольных ходов стола  $n$  для перекрытия кругом всей ширины  $B$  заготовки –  $n = B / S_{п} = 98 / 24 = 4,1$ , это значение округляется в большую сторону, т.е. принимается  $n = 5$ .

7. Можно определить длину хода стола в продольном направлении  $L_{х.ст}$  по выражению –  $L_{х.ст} = L + 2 \cdot l_{вп} = 200 + 2 \cdot 10 = 220$  мм, где  $l_{вп}$  – длина врезания и перебега круга,  $l_{вп} = 10$  мм.

8. По полученным данным в случае необходимости можно подсчитать основное время  $T_o$  обработки без учета выхаживания по формуле –  $T_o = n \cdot L_{х.ст} \cdot z_{п} / 1000 \cdot S_{пр} \cdot S_v = 5 \cdot 220 \cdot 0,5 / 1000 \cdot 6,3 \cdot 0,08 = 1,09$  мин.

Контроль размеров и шероховатости обработанных шлифованием поверхностей можно осуществлять средствами, отраженными в разделах 1 – 4 настоящего практикума, с применением других средств, повышающих точность измерений и глубину анализа микрогеометрии поверхностей после их отделки.

### 5.7. Вопросы для самоконтроля

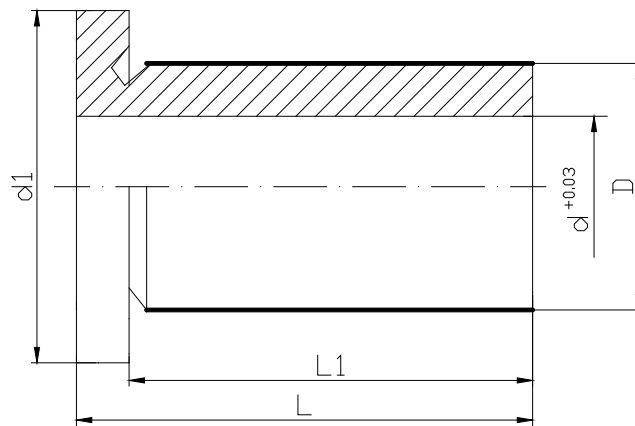
1. Перечислите известные Вам виды (способы) шлифования.
2. Для чего применяют круглое (наружное и внутреннее) шлифование?
3. Для чего применяют плоское шлифование?
4. Изобразите эскиз плоского шлифовального круга прямого профиля.
5. Изобразите эскиз шлифовального круга «чашка коническая».
6. Из каких материалов изготавливаются абразивные зерна?
7. На какие виды в зависимости от содержания примесей и технологии производства делится электрокорунд?
8. Для чего применяются шлифовальные круги из кубического нитрида бора (эльбора, кубонита)?
9. Для чего применяются шлифовальные круги из природных и искусственных алмазов?
10. Какие виды связки шлифовальных кругов Вы знаете?
11. Перечислите характеристики строения шлифовальных кругов.
12. Что характеризует номер зернистости шлифовального круга?
13. На что влияет пористость шлифовального круга?
14. Что характеризует твердость шлифовального круга?
15. Для чего применяют правку шлифовальных кругов?
16. Дайте определение понятию «режущая способность шлифовального круга»
17. Как зависит параметр шероховатости  $R_a$  заготовки от времени работы круга после правки при разных продольных подачах?
18. Для чего и какие применяются смазочно-охлаждающие жидкости при шлифовании?

19. Перечислите основные компоненты и движения круглошлифовального станка.
20. Изобразите схему круглого врезного шлифования с подшлифовкой торца.
21. Как шлифуются конические поверхности на круглошлифовальном станке?
22. Перечислите основные компоненты и движения внутришлифовального станка.
23. Изобразите схему внутреннего врезного шлифования с подшлифовкой внутреннего и наружного торцев.
24. Как осуществляется привод шлифовального круга?
25. Какие основные приспособления, применяемые на универсальных внутришлифовальных станках Вы знаете?
26. Перечислите основные компоненты и движения плоскошлифовального станка.
27. Изобразите схему плоского врезного шлифования.
28. Какие приспособления используются для закрепления заготовок на плоскошлифовальных станках?
29. Опишите принцип закрепления заготовок на электромагнитных плитах.
- 30.
31. Чем лекальные и поворотные тиски отличаются от обычных тисков?
32. Для чего при обработке на плоскошлифовальных станках применяются синусные приспособления?
33. Как назначить параметры режима резания при круглом наружном шлифовании?
34. Как назначить параметры режима резания при круглом внутреннем шлифовании?
35. Как назначить параметры режима резания при плоском шлифовании?

### 5.8. Задания по проектированию операций обработки заготовок на шлифовальных станках

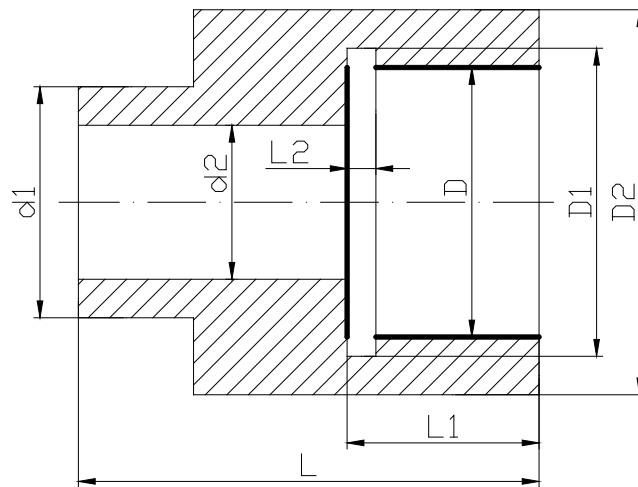
№	D, мм	IT, мкм	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск, мм	d, мм	D1, мм	L, мм	L1, мм
7	47	6	1,25	40	Сталь35	2	30	30	300	250

8	50	7	0,63	60	Сталь 50Г	1,5	20	20	80	60
9	100	7	0,8	35	Сталь 8ХГТ	1	80	80	200	160

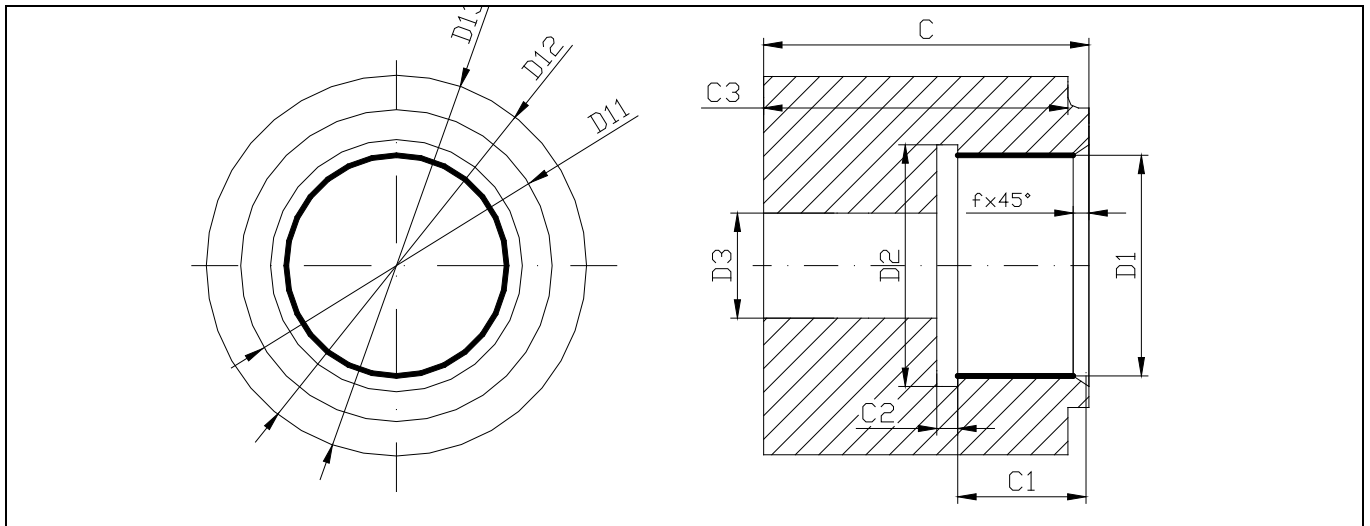


Размеры и припуск – в мм.

№	D	IT, мкм	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск	d	d1	L	L1
10	55	6	1,25	40	Сталь40	2	30	60	300	250
11	50	7	0,63	34	Сталь 45ХН	1,5	20	69	80	30
12	100	7	0,8	60	Сталь 18ХГТ	1	80	120	100	35
13	120	7	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5	100	140	400	300

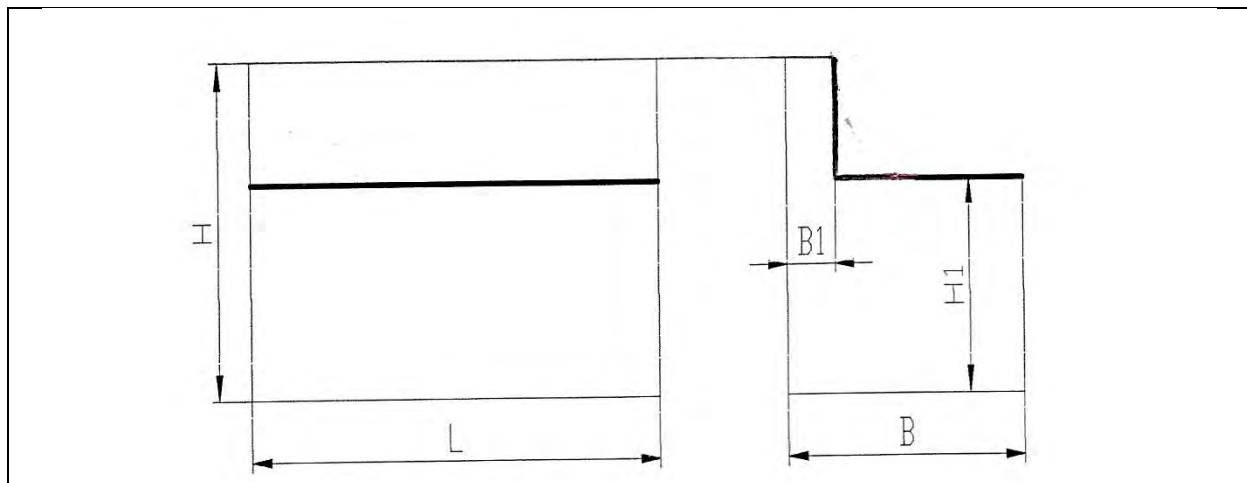


№	d1, мм	d2, мм	D, мм	D1, мм	D2, мм	L, мм	L1, мм	L2, мм	IT, мкм	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск, мм
14	55	30	50	53	80	300	150	2	6	1,25	40	Сталь30	2
15	50	20	40	44	70	80	40	2	7	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5
16	100	80	100	104	160	200	50	3	7	0,8	60	Сталь ШХ15	1
17	120	100	150	156	200	900	300	4	7	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5



№	C, мм	C1, мм	C2, мм	C3, мм	B, мм	B1, мм	D1, мм	D2, мм	D3, мм	D11, мм	D12, мм	f, мм
18	400	150	5	390	200	100	100H7	103H12	70H7	160	200	2
19	200	50	6	190	150	75	50H8	82H12	60H7	100	150	2

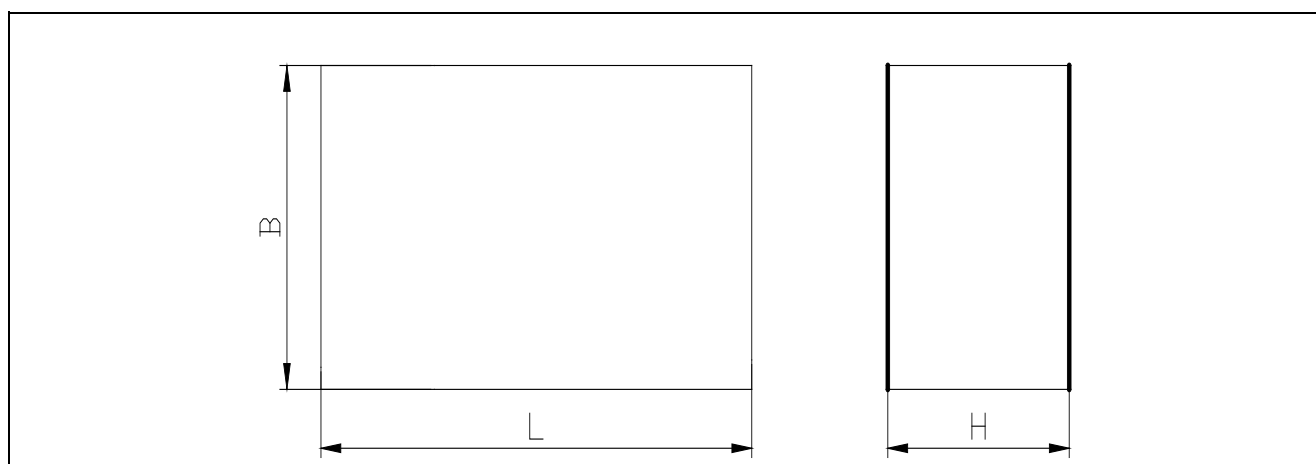
№	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск, мм
18	1,25	40	Сталь50	1
19	0,63	34	Сталь 30XC	1,5



№	H, мм	B, мм	L, мм	H1, мм	B1, мм	Ra, мкм
20	40	60	240	35	50	12,5
21	50	85	280	40	70	12,5
22	60	90	300	52	55	6,3
23	80	120	350	60	100	2,5

№	IT, мкм	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск, мм
20	6	1,25	40	Сталь30	2
21	7	0,63	34	Сталь 30XC	1,5
22	7	0,8	60	Сталь ШХ15	1

23	7	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5
----	---	------	----	------------	-----



№	L, мм	B, мм	H, мм	Ra, мкм	IT, мкм	Ra, мкм	HRC	Материал	Припуск, мм
24	250	120	120	12,5	7	1,25	40	Сталь30	2
25	300	180	160	6,3	8	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5
26	360	100	180	3,2	6	01,25	60	Сталь ШХ15	1
27	400	200	120	2,5	7	0,63	34	Сталь 30ХС	1,5

### ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Горохов, В.А. Основы технологии машиностроения. Лабораторный практикум: учебное пособие / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, Ю.Е. Махаринский; под ред. В.А. Горохова. – Минск: Новое знание; - М.: ИНФРА-М, 2013. – 446 с.

2. Горохов, В.А. Технология обработки материалов: Учебник / В.А. Горохов, Ф.И. Пантелеенко, В.Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П.И. Ящерицына. – М.: Славянская школа, 2004. – 750 с.

3. Горохов, В.А. Технология обработки материалов: Учебное пособие / В.А. Горохов. – Мн.: Беларуская навука, 2000. – 439 с.

4. Ефремов, В.Д. Металлорежущие станки: Учебник / В.Д. Ефремов, В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе [и др.]; под общ. ред. П.И. Ящерицына. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. 696 с.

5. Комаров, О.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учебник / О.С. Комаров, В.Н. Ковалевский, Л.Ф. Керженцева [и др.] под ред. О.С. Комарова. - Мн.: Новое знание, 2009. – 671 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

7. Схиртладзе, А.Г. Технология конструкционных материалов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, Пантелеенко, В.А. Горохов [и др.]; Под общ. ред. П.И. Ящерицына. - М.: Славянская школа, 2004. – 372 с.