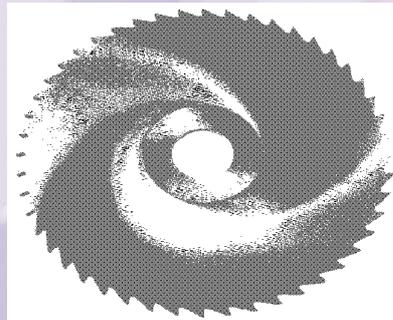
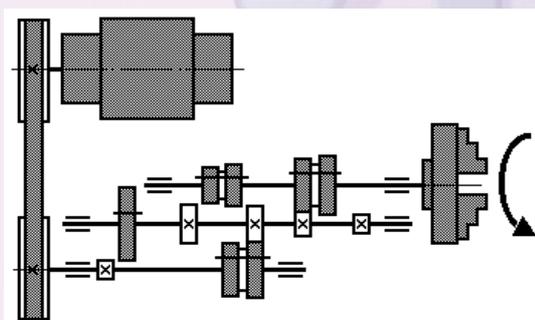
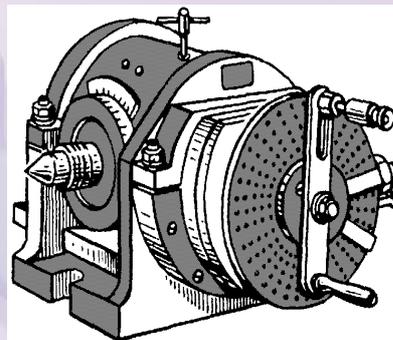
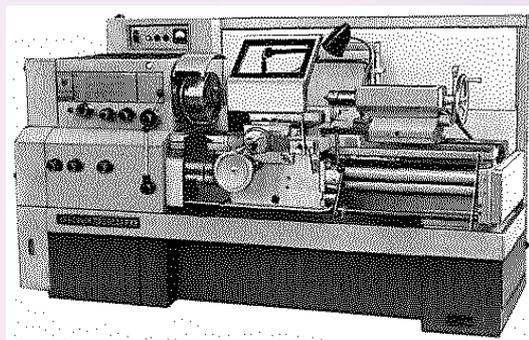


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. СТАНКИ, ИНСТРУМЕНТЫ

Лабораторный практикум

*Составители: М.С. Корытов, В.В. Акимов,
В.В. Евстифеев, А.Ф. Мишуров*



УДК 621.7
ББК 30.61
П80

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензент

д-р техн. наук, проф. С.В. Бирюков (СибАДИ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве лабораторного практикума.

П80 Производственное оборудование. Станки, инструменты [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / сост. : М.С. Кобытов, В.В. Акимов, В.В. Евстифеев, А.Ф. Мишуков. – Омск : СибАДИ, 2019. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2019. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd928.pdf>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

Рассматриваются устройство токарно-винторезного станка и методика его применения для обработки типовых деталей машин; устройство и принцип работы универсальной лимбовой делительной головки; методика ее настройки для нарезки зубчатых колес при выполнении лабораторных работ.

Приводятся условные графические изображения типовых элементов кинематических схем станков. Даются понятие об уравнении кинематического баланса цепи, пример анализа кинематической цепи станка. Приводятся фрагменты кинематических схем металлорежущих станков для самостоятельного выполнения индивидуальных заданий. Рассмотрены основные виды лезвийного и абразивного режущих инструментов. Указаны области применения, назначение инструментов различных видов. Приведены эскизы инструментов, схемы основных углов заточки ряда лезвийных инструментов. Рассматривается маркировка шлифовальных кругов.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Предназначен для обучающихся всех форм обучения направлений подготовки бакалавриата «Профессиональное обучение», «Наземные транспортно-технологические комплексы», специальности «Наземные транспортно-технологические средства», изучающих курсы «Производственное оборудование и инструменты», «Станки, инструменты».

Подготовлен на кафедре «Автомобили, конструкционные материалы и технологии».

Текстовое (символьное) издание (2 МБ)

Системные требования: Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7/10 ; DVD-ROM ; 1 ГБ свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов : Adobe Acrobat Reader

Редактор И.Г. Кузнецова

Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание второе. Дата подписания к использованию 22.01.2019

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2019

Лабораторная работа № 1
ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН
НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Цели лабораторной работы:

1. Ознакомление с универсальными возможностями токарного оборудования в процессе обработки деталей типа валов.
2. Изучение основных узлов токарно-винторезного универсального станка 16К20.
3. Изучение органов управления станком 16К20 и настройка станка на заданные режимы.
4. Разработка операционной карты технологического процесса изготовления типовой детали.

Содержание работы:

1. Ознакомление с устройством токарно-винторезного станка 16К20.
2. Ознакомление с чертежом детали и последовательностью составления карты технологического процесса.
3. Настройка станка 16К20 по выбранным режимам.
4. Процесс изготовления типовой детали в натуре.
5. Контроль геометрических размеров и чистоты поверхностей изготовленной детали.

**Знакомство с устройством токарно-винторезного станка
модели 16К20**

Универсальные токарно-винторезные станки предназначены для выполнения разнообразных токарных работ – обтачивания наружных и внутренних поверхностей вращения, обработки торцевых, конических и фасонных поверхностей, сверления, развертывания и нарезания различных типов резьб [1, 2, 3, 4].

Легкие токарные станки применяются в инструментальном производстве, приборостроении, часовой промышленности, в экспериментальных и опытных цехах предприятий. Они выпускаются как с механической подачей, так и без нее.

На *средних станках* производится 70–80% общего объема токарных работ. Эти станки предназначены для чистовой и получистовой обработки, а также для нарезания резьб разных типов и характеризуются высокой жесткостью, достаточной мощностью и широким диапазоном частот вращения шпинделя и подач инструмента, что позволяет обрабатывать детали на экономичных режимах с применением современных прогрессивных инструментов из твердых сплавов и сверхтвердых материалов. Средние станки оснащаются различными приспособлениями, расширяющими их техноло-

гические возможности, облегчающими труд рабочего и позволяющими повысить качество обработки, и имеют достаточно высокий уровень автоматизации [1, 2, 3, 4].

Крупные и тяжелые токарные станки применяются в основном в тяжелом и энергетическом машиностроении, а также в других отраслях для обработки валков прокатных станов, железнодорожных колесных пар, роторов турбин и др.

Токарно-винторезный станок 16К20 относится к группе токарных и лоботокарных, подгруппе токарно-винторезных. Это основной универсальный токарно-винторезный станок машиностроительного производства. Станок производился с 1973 г. на Московском станкостроительном заводе «Красный пролетарий». В настоящее время выпускается под маркой 16Р20Н Рязанским заводом токарных станков.

Технические характеристики базовой модели станка 16К20:

- класс точности – Н;
- длина обрабатываемой детали – 1400 мм;
- высота центров над плоскими направляющими – 215 мм;
- наибольший диаметр обрабатываемой детали: над отверстием станины – 630 мм; прутка, проходящего через отверстие шпинделя, – 50 мм;
- частота вращения шпинделя, об/мин – 12,5 – 1600;
- подача суппорта, мм/об: продольная – 0,05 – 2,8; поперечная – 0,025 – 1,4;
- мощность электродвигателя главного движения – 11 кВт;
- габариты станка – длина 2505, 2795, 3195, 3795 мм, ширина – 1190 мм, высота – 1500 мм;
- масса станка – 2835, 3005, 3225, 3685 кг.

Различают движения в станке: *главное движение* – вращение шпинделя с заготовкой; *движение подачи* – перемещения каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях [1, 2, 3, 4].

Вспомогательные движения: ускоренные перемещения каретки в продольном и салазок в поперечном направлениях; перемещение верхней части суппорта только вручную под углом 90° к оси вращения заготовки.

Основные узлы станка: *А* – передняя (шпиндельная) бабка; *Б* – суппорт; *В* – задняя бабка; *Г* – фартук; *Д* – станина; *Е* – коробка подач (рис. 1.1).

Станина станка, имеющая коробчатую форму с поперечными П-образными ребрами, отлита из чугуна и предназначена для монтажа на ней прочих узлов станка. Имеет две призматические направляющие для передвижения по ним каретки суппорта и задней бабки. Жесткая станина с калеными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании, одновременно служащем стружкосборником и резервуаром для охлаждающей жидкости.

Коробка скоростей, расположенная внутри передней (шпиндельной) бабки, обеспечивает 24 различных числа оборотов шпинделя в минуту. Она предназначена для закрепления (при помощи зажимного приспособления) детали или заготовки и придания им определенного числа оборотов [1, 2, 3, 4].

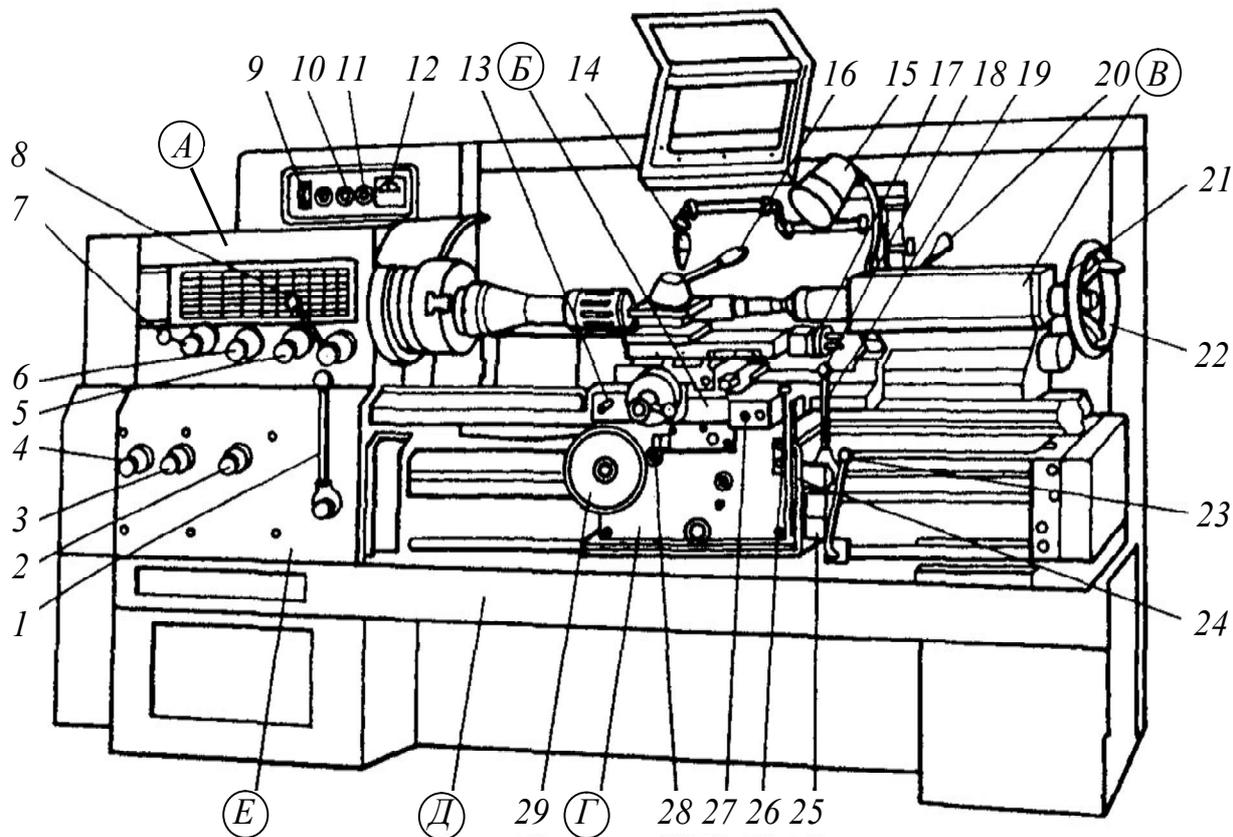


Рис. 1.1. Токарно-винторезный станок 16К20 и органы его управления

Движение к коробке скоростей передается от электродвигателя (расположен внизу в левой тумбе станины) через клиноременную передачу. Необходимое число оборотов устанавливается при помощи двух рукояток.

Коробка подач располагается под коробкой скоростей и предназначена для монтажа в ней механизма подач, который служит для изменения величины подач в продольном и поперечном направлениях, а также для настройки станка при нарезке различных типов резьб. Передача к коробке подач осуществляется от шпинделя через гитару со сменными зубчатыми колесами. Далее движение через ходовой валик (при точении) или ходовой винт (при нарезании резьбы) передается на суппорт. Когда нарезаются высокоточные резьбы, то движение с гитары может передаваться непосредственно на ходовой винт.

Суппорт предназначен для превращения вращательного движения ходового винта (ходового валика) в поступательное перемещение резца в

продольном и поперечном направлениях. Перемещение суппорта осуществляется через механизмы фартука, получающего движение от коробки подач через ходовой винт или ходовой валик.

Задняя бабка предназначена для поддержания второго конца нежесткой детали и крепления сверла, развертки, зенкера при изготовлении отверстий. При поддержании детали в ней крепится задний центр. Перемещение задней бабки производится по станине вручную или механически. Корпус задней бабки установлен на направляющих станины и может по ним перемещаться. В отверстии корпуса имеется пиноль, которая выдвигается с помощью маховика. Корпус задней бабки смещается относительно ее основания в поперечном направлении, что необходимо при обтачивании наружных конических поверхностей.

Резцедержатель предназначен для закрепления в нем резцов. Резцы крепятся при помощи винтов, минимальное число которых должно быть не менее двух. Резцедержатель можно поворачивать точно на прямой угол относительно вертикальной оси и фиксировать рукояткой или закреплять в любом промежуточном положении, но без точки фиксации.

Общий вид токарно-винторезного станка 16К20 показан на рис. 1.1: *А* – передняя (шпиндельная) бабка; *Б* – суппорт; *В* – задняя бабка; *Г* – фартук; *Д* – станина; *Е* – коробка подач; *1* – рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода; *2* – вариатор подачи, шага резьбы и механизма отключения подачи; *3* – вариатор подачи и типа нарезаемой резьбы; *4* – вариатор подачи и шага резьбы; *5* – переключатель на левую, правую и другие резьбы; *6* – рукоятка установки нормального и увеличенного шага резьбы и положение при делении на заходы резьбы; *7,8* – рукоятки установки частоты вращения шпинделя; *9* – вводный автоматический выключатель; *10* – лампа сигнальная; *11* – включение насоса СОЖ; *12* – указатель нагрузки станка; *13* – ручное перемещение поперечных салазок суппорта; *14* – регулируемое сопло СОЖ; *15* – освещение местное; *16* – рукоятка поворота и зажима резцедержателя; *17* – рукоятка перемещения верхних салазок суппорта; *18* – рукоятка включения двигателя ускоренного хода; *19* – рукоятка управления перемещения каретки и салазок суппорта; *20* – зажим пиноли задней бабки; *21* – рукоятка закрепления задней бабки на станине; *22* – маховичок перемещения пиноли задней бабки; *23, 24* – рукоятки включения и отключения муфты главного привода; *25* – включение подачи; *26* – винт закрепления каретки на станине; *27* – кнопочная станция двигателя главного привода; *28* – рукоятка включения и выключения реечной шестерни; *29* – маховичок ручного перемещения каретки.

Карта технологического процесса

Структура технологического процесса изготовления детали приведена ниже.

Технологическим процессом называется последовательное изменение формы, размеров, свойств материалов и полуфабрикатов в целях получения детали или изделия в соответствии с заданными техническими требованиями. Технологический процесс делится на операции [1, 2, 3, 4].

Операция – часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все последовательные действия рабочего и оборудования над одним или несколькими предметами. Название операции определяется видом обработки, например токарная операция, фрезерная и т. д. Обозначаются операции римскими цифрами. Операции делятся на переходы.

Технологическим переходом называется часть операции, характеризующаяся неизменностью обрабатываемой поверхности, рабочего инструмента и режима резания. Технологические переходы обозначаются арабскими цифрами, а установочные – буквами. Переходы подразделяют на проходы.

Рабочим переходом называется часть технологического перехода, связанная со снятием одного слоя металла при неизменности инструмента, поверхности обработки и режима резания.

Чтобы разработанный заранее технологический процесс можно было довести до рабочего места, содержание его заносится в специальный технический документ, называемый технологической картой механической обработки или операционной картой (табл. 1.1) [1, 2, 3, 4].

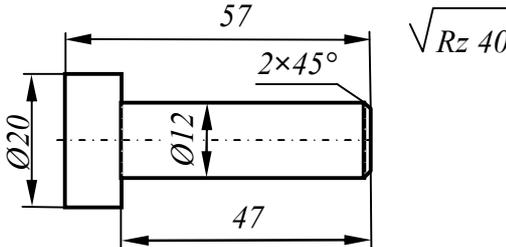
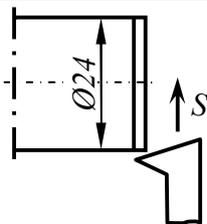
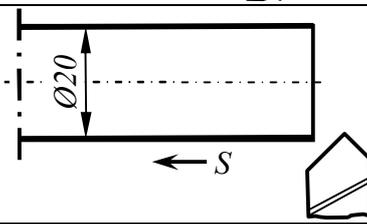
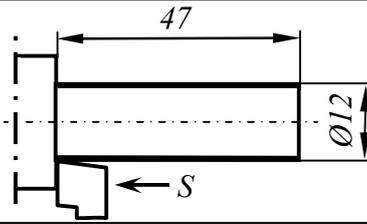
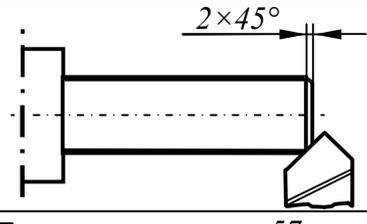
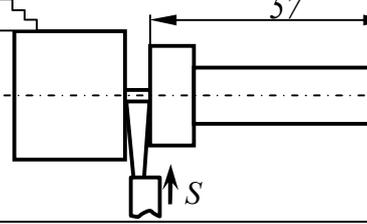
В операционных картах приводятся данные, касающиеся обрабатываемой детали, ее наименование, материал детали, род и размер заготовки, количество деталей в партии, режимы резания и все необходимые данные о технологическом процессе.

Рассмотрим пример изготовления типовой детали «Палец». Пруток круглого сечения (исходная заготовка) устанавливается в патрон на длину, превышающую габаритный осевой размер готовой детали на величину не менее припуска на подрезку торца и на отрезание готовой детали.

Настройка станка по выбранным режимам и схемы установки резцов

Настройка станка производится по указанию учебного мастера или преподавателя после ознакомления с операционной картой механической обработки детали или заготовки. Режимы резания устанавливаются на каждый переход в соответствии с операционной картой.

Таблица 1.1. **Операционная карта**

			Материал: сталь 30				
			Оборудование: токарный станок 16К20				
№ перехода	Наименование перехода	Эскиз перехода	Инструмент		Режим резания		
			Режущий	Мерительный	Глубина резания	Подача	Частота вращ.
	Установить пруток в патрон на дл. 63 мм	-	-	-	-	-	-
1	Подрезать торец Ø 24 мм		Подрезн. P6M5	Линейка	1	0,25	800
2	Обточить цилиндр Ø 20 мм на дл. 60 мм		Проходн. T15K6	Штангенциркуль	2	0,25	800
3	Обточить цилиндр Ø 12 мм на дл. 47 мм		Проходн. T15K6	Штангенциркуль	2	0,25	800
4	Снять фаску 2×45°		Фасочн. T15K6	-	-	-	800
5	Отрезать деталь от прутка		Отрезн. T15K6	Штангенциркуль	3	0,07	200

Резец должен быть правильно установлен относительно линии центров станка и надежно закреплен. Правильная установка вершины резца относительно линии центров станка способствует уменьшению износа резца, повышению точности и качества обработанной поверхности.

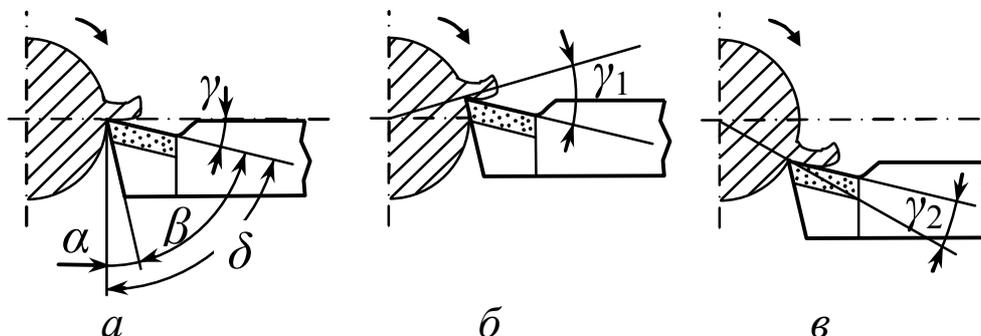


Рис. 1.2. Схемы установки резцов

Возможны три случая установки резца [1, 2, 3, 4]:

- вершина резца установлена точно на высоте линии центров (рис. 1.2, а);

- вершина резца выше линии центров (рис. 1.2, б);

- вершина резца установлена ниже линии центров (рис. 1.2, в).

Если вершина резца установлена выше линии центров, то передний угол γ увеличивается, а задний угол α уменьшается. В этом случае трение стружки о переднюю поверхность меньше, стружка меньше деформируется и в результате уменьшается сила резания, но в то же время увеличивается трение задней поверхности резца об обрабатываемую деталь. Это ведет к возникновению вибраций, понижению точности и чистоты обрабатываемой поверхности.

Если вершина резца находится ниже линии центров, то передний угол γ уменьшается, а задний угол увеличивается. В этом случае трение стружки о переднюю поверхность возрастает, сила резания увеличивается.

На основании сказанного можно сделать вывод, что нормально вершину резца нужно располагать по линии центров – при точной установке не искажаются углы заточки резца.

Варианты индивидуальных заданий

По индивидуальному заданию, вариант которого выдается преподавателем (табл. 1.2), разработать технологический процесс изготовления типовой детали (рис. 1.3), определить параметры режима резания по всем переходам при обработке детали и внести полученные данные в операционную карту.

Таблица 1.2. Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	d_1	d_2	d_3	d_4	Md
1	200	20	30	40	60	20	10	20	20	23	28	16	20
2	160	20	20	30	45	20	5	20	16	22	25	14	16
3	140	16	17	30	40	16	5	16	15	19	24	12	15
4	120	12	15	28	36	12	5	12	14	18	20	12	14
5	100	10	14	25	26	10	5	10	12	15	20	10	12
6	190	20	30	30	35	25	10	40	18	20	25	12	18
7	150	18	17	30	45	20	10	10	15	18	22	12	15
8	130	15	15	30	40	10	5	15	20	22	24	16	20
9	110	10	12	25	30	10	10	13	22	24	26	18	22
10	170	16	25	20	64	20	10	15	20	22	23	14	20
11	150	15	20	35	40	20	5	15	18	20	24	12	18
12	160	20	20	30	45	20	5	20	16	18	26	14	16
13	170	15	20	25	50	25	10	25	14	18	24	10	14
14	180	20	15	35	50	10	5	45	16	18	26	12	16
15	190	20	25	30	55	20	10	30	18	20	24	16	18
16	200	25	30	35	60	25	5	20	15	16	22	12	15
17	180	15	20	30	60	15	10	30	20	20	22	16	20
18	160	15	25	35	40	25	5	15	22	23	25	14	22
19	140	25	20	25	40	10	5	15	16	18	26	14	16
20	120	10	15	30	40	10	5	10	14	16	25	12	14
21	100	10	15	20	25	10	10	10	15	20	22	10	15
22	110	15	10	25	30	15	5	10	12	18	24	10	12
23	130	20	15	20	40	10	5	20	20	22	25	14	20
24	150	20	15	30	45	15	10	15	22	24	26	18	22
25	170	15	25	20	60	25	5	20	16	20	24	14	16

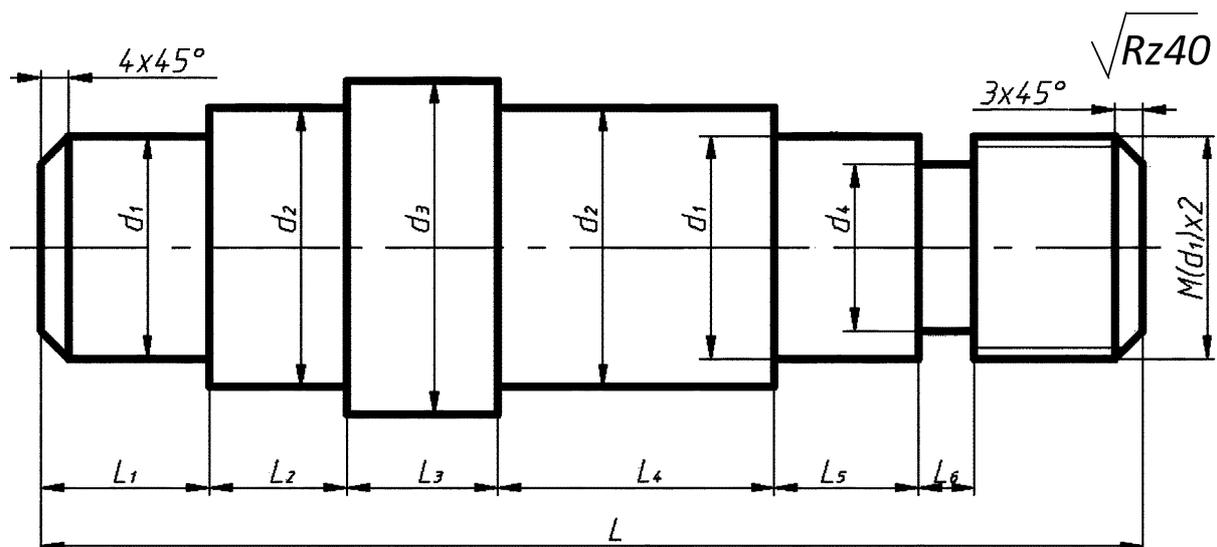


Рис. 1.3. Типовая деталь «Вал»

Контрольные вопросы и задания

1. Сформулируйте назначение токарно-винторезного станка 16К20.
2. Перечислите основные узлы токарно-винторезного станка 16К20.
3. Сформулируйте назначение станины.
4. Сформулируйте назначение передней бабки станка 16К20.
5. Сформулируйте назначение задней бабки токарного станка 16К20.
6. Направляющие какого типа используются в токарно-винторезном станке 16К20?
7. Для чего предназначена коробка подач станка?
8. Когда используются ходовой винт и ходовой вал?
9. Сформулируйте назначение суппорта станка.
10. Перечислите приспособления, используемые для закрепления деталей на токарном станке.
11. Какой способ закрепления деталей применяется на станке при L/D больше 3–5?
12. Где происходит закрепление осевого инструмента для обработки отверстий на токарно-винторезном станке?
13. Как называется передняя часть суппорта?
14. Сколько скоростей имеет токарно-винторезный станок 16К20?
15. Каков наибольший диаметр точения над станиной у токарно-винторезного станка 16К20?
16. Что такое технологическая карта механической обработки? какова ее структура?
17. Величина каких углов заточки токарного резца изменяется при изменении уровня установки резца относительно линии центров станка?
18. Дайте характеристику трех возможных вариантов установки резца относительно линии центров.

Лабораторная работа № 2

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЛИМБОВАЯ ДЕЛИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА

Цели лабораторной работы – изучение устройства универсальной лимбовой делительной головки, знакомство с методами настройки делительной головки для нарезки зубчатых колес, получение практических навыков по настройке делительной головки.

Общее устройство универсальной лимбовой делительной головки

Универсальная лимбовая делительная головка применяется для периодического поворота заготовки на определенный угол и для сообщения заготовке вращательного движения при фрезеровании винтовых канавок или зубьев. С помощью делительной головки производится нарезка зубчатых колес методом фасонного копирования на универсальных горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках, а также изготовление фрез, валиков с квадратной или шестигранной головкой, спиральных сверл и т. д. [1, 2, 3, 4].

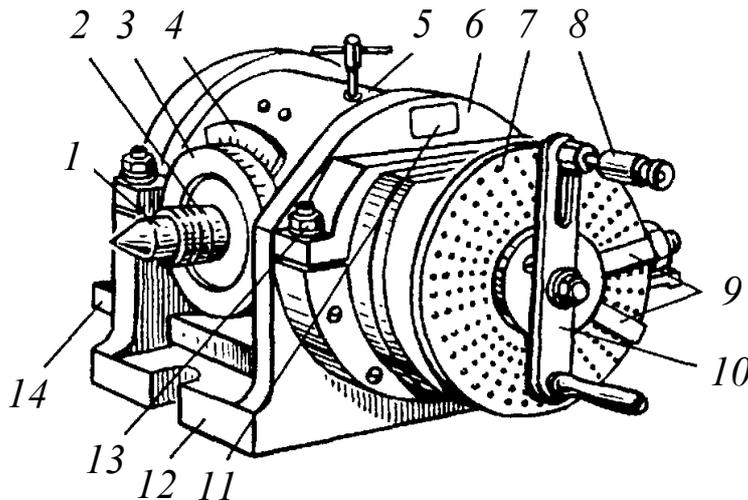


Рис. 2.1. Общий вид универсальной делительной головки

Универсальная лимбовая делительная головка (рис. 2.1) состоит из основания 12 со стяжными дугами 6, в которых смонтирован цилиндрический корпус 5. При ослаблении гаек 13 корпус 5 может поворачиваться вокруг горизонтальной оси против часовой стрелки на угол от -5° и до $+95^\circ$ по часовой стрелке. Поворот корпуса контролируется по шкале и нониусу.

В корпусе 5 на подшипниках смонтирован шпиндель 2, на переднем конце которого имеется резьба с центрирующим пояском для крепления самоцентрирующего или поводкового патрона и конусное отверстие для установки центра 1. Здесь также размещен диск 3 с делениями и нониусом

4 для непосредственного деления, а на заднем конце шпинделя установлена оправка для сменных зубчатых колес. Вращение шпинделя 2 передается с помощью рукоятки 10 с фиксатором 8 через зубчатые колеса с передаточным отношением, равным 1, и червячную пару k/N , где $k=1$ – число заходов червяка; $N=40$ – число зубьев червячного колеса. Отсчет поворота рукоятки производят по засверленным на делительном лимбе 7 несквозным отверстиям. Для удобства отсчета поворота рукоятки имеется раздвижной сектор 9, состоящий из линеек.

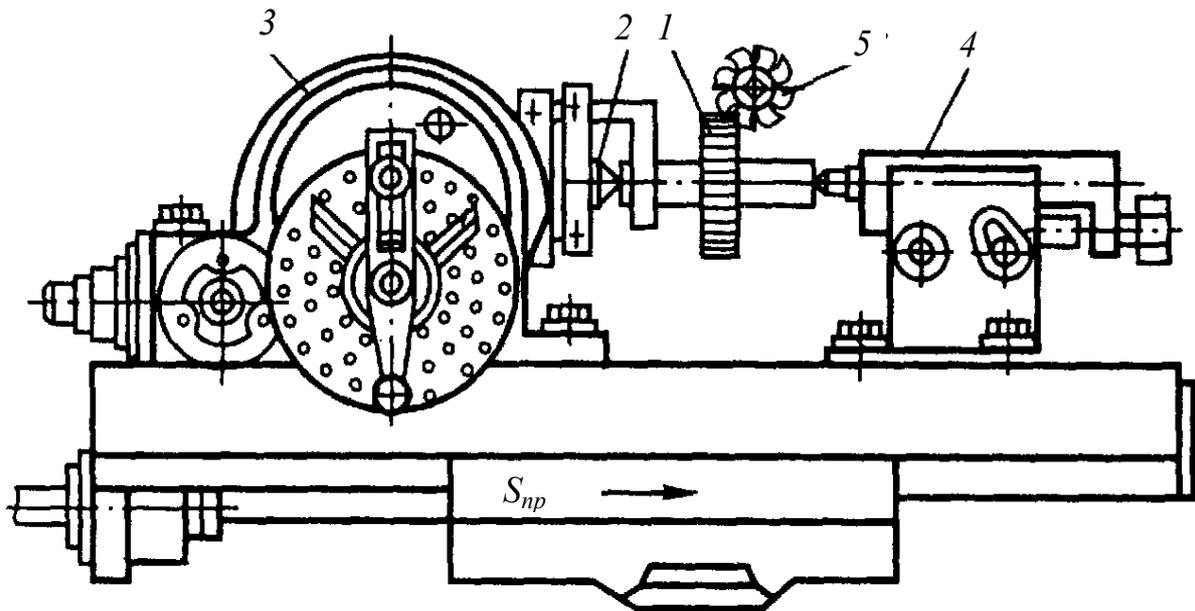


Рис. 2.2. Схема обработки зубьев колеса в делительной головке

При обработке с использованием делительной универсальной головки заготовку 1 (рис. 2.2) устанавливают на оправке в центрах шпинделя 2 головки 3 и задней бабки 4. Модульная дисковая фреза 5 получает вращение, а стол станка – рабочую продольную подачу. После каждого периодического поворота заготовки зубчатого колеса обрабатывается впадина между соседними зубьями. После обработки впадины стол ускоренно перемещается в исходное положение. Цикл движений повторяется до полной обработки всех зубьев колеса [1, 2, 3, 4].

Существуют безлибровые делительные головки, которые не имеют делительных дисков. Рукоятку поворачивают на один оборот и фиксируют на неподвижном диске.

Оптические делительные головки (рис. 2.3) обеспечивают деление с повышенной точностью и состоят из корпуса 1 и стеклянного диска 2, имеющего 360 точных градусных делений, видимых в микроскоп 3. Оптическая система имеет 60 делений для отсчета угловых минут. Заготовку закрепляют в шпинделе головки и поворачивают на требуемый угол с отсчетом через окуляр микроскопа по шкале диска 2.

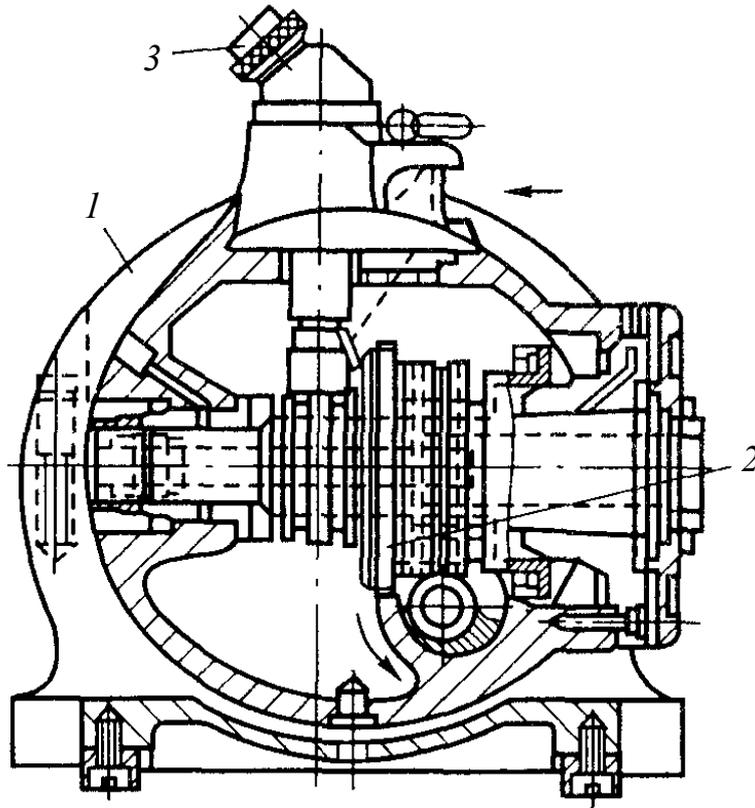


Рис. 2.3. Оптическая делительная головка

С помощью универсальной лимбовой делительной головки можно выполнять непосредственное, простое и сложное (дифференциальное) деления [1, 2, 3, 4].

Непосредственное деление

Непосредственное деление осуществляют по диску 3 с делениями через 1° (см. рис. 2.1). Точность отсчета с использованием нониуса 4 равна $5'$. Поворот шпинделя при этом можно производить рукояткой 11 или непосредственным вращением шпинделя. После каждого поворота шпиндель фиксируют стопором 8. В некоторых делительных головках вместо лимба 3 с делениями устанавливают диск с отверстиями по кругу (24, 30 и 36 отверстий), что позволяет выполнить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей.

В этом случае для осуществления непосредственного деления нужно с помощью специального рычага, расположенного на противоположной от делительного лимба стороне делительной головки, расцепить червячную передачу. Шпиндель тогда свободно вращается от руки. В торцевой части диска непосредственного деления сделаны 24 (30 или 36) равнорасполо-

женных отверстия, в которые входит фиксатор. Если вставлять фиксатор в каждое отверстие, то получим деление на 24 части; если пропускать по одному отверстию, то получим деление на 12 частей и т. д. Формула, которая используется для непосредственного деления:

$$k=24/Z,$$

где Z – число частей, на которое необходимо разделить окружность заготовки (число нарезаемых зубьев шестерни); k – число отверстий, отсчитываемое на диске для непосредственного деления при его однократном повороте.

Диск для непосредственного деления имеет также шкалу в градусах угла поворота. При делении на части с использованием этой шкалы производится расчет по формуле

$$\alpha = 360^\circ/Z,$$

где Z – число частей; α – угол поворота шпинделя.

Непосредственное деление применяется лишь в тех случаях, когда не требуется большой точности [1, 2, 3, 4].

Метод простого деления

Для осуществления простого деления необходимо делительный лимб 7 (рис. 2.4) закрепить неподвижно относительно корпуса с помощью специального стопора, расположенного вблизи от его наружной окружности. Сменные зубчатые колеса гитары 8, 9 не устанавливаются. Шпиндель 3 с заготовкой поворачивают вращением рукоятки 6 через включенную червячную передачу 1, 2. После этого рукоятку стопорят фиксатором 4 с ручкой фиксатора 5. Делительный лимб служит при этом шкалой для отсчета.

На делительном лимбе головки УДГ Д-160 с каждой стороны имеются по 7 концентрических окружностей с различным числом равнорасположенных отверстий: с одной стороны 16, 19, 23, 39, 33, 39, 49 отверстий, с другой стороны 17, 21, 29, 31, 41, 54 отверстий.

На делительном лимбе остальных делительных головок с каждой стороны имеются по 8 делительных окружностей: с одной стороны 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 отверстий, с другой стороны 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54 отверстий. Делительный лимб можно снять и установить нужной стороной к рукоятке 6.

Число оборотов n рукоятки 6, необходимое для поворота заготовки на $1/Z$ часть оборота, устанавливается по формуле

$$n=N/Z=40/Z,$$

где $N=40$ – характеристика делительной головки, число, обратное передаточному отношению червячной пары; Z – число частей, на которое необходимо разделить заготовку [1, 2, 3, 4].

Дробь N/Z можно представить в виде суммы двух слагаемых:

$$N/Z = a + m/q,$$

где a – число целых оборотов рукоятки; m/q – доля оборота рукоятки (q – число отверстий в окружности делительного диска; m – число шагов между отверстиями в выбранной окружности).

Таким образом, деление на $1/Z$ часть производят поворотом рукоятки на a целых оборотов и дополнительно на величину m/q , отсчитываемую по окружности с числом отверстий q .

Для удобства отсчета при повороте рукоятки на заданную величину используют сектор 9 (см. рис. 2.1), который разводят на такой угол, чтобы он охватывал количество шагов m между отверстиями на окружности с числом отверстий q .

Пример 1. Требуется разделить заготовку на 5 частей. Определить число оборотов рукоятки.

$$n = 40/Z = 40/5 = 8.$$

Рукоятку 10 (см. рис. 2.1) необходимо повернуть на 8 полных оборотов.

Пример 2. Требуется нарезать зубчатое колесо с 30 зубьями. Определить число оборотов рукоятки.

$$n = \frac{40}{Z} = \frac{40}{30} = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3} = 1\frac{1 \cdot 7}{3 \cdot 7} = 1\frac{7}{21}.$$

Число $1\frac{7}{21}$ показывает, что после фрезерования каждой канавки рукоятку необходимо повернуть на один полный оборот и на 7 промежутков между отверстиями по окружности с числом отверстий 21.

Рассмотрим деление окружности в градусном выражении. Для деления окружности обрабатываемой детали на угол между осями фрезеруемых канавок необходимо сначала определить число канавок по формуле

$$Z = 360^\circ/\alpha,$$

где α – угол между осями фрезеруемых канавок.

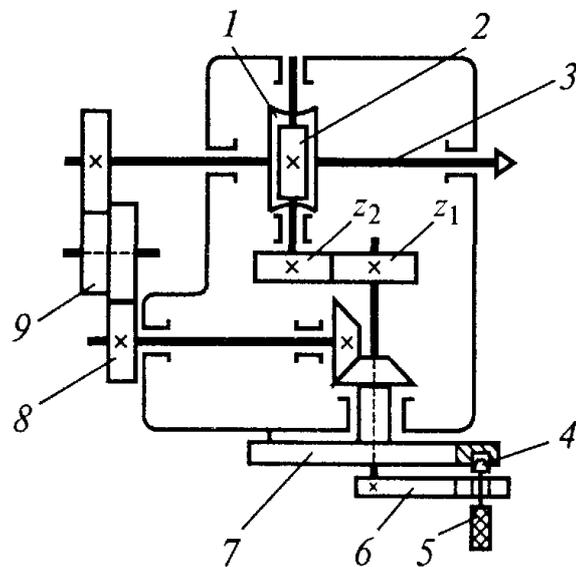


Рис. 2.4. Схема наладки делительной головки

Подставив значение Z в формулу $n=40/Z$, получим

$$n = \frac{40 \cdot \alpha}{360} = \frac{\alpha}{9}.$$

Пример 3. Требуется отфрезеровать канавки, расположенные под углом $16^\circ 20'$. Определить число оборотов рукоятки.

$$\alpha = 16^\circ 20' = \left(16 \frac{1}{3}\right)^\circ = \frac{49}{3}; \quad n = \frac{49}{3 \cdot 9} = \frac{49}{27} = 1 \frac{22}{27} = 1 \frac{44}{54}.$$

После фрезерования каждой отдельной канавки нужно повернуть рукоятку на один полный оборот и 44 промежутка на окружности делительного лимба с числом отверстий 54.

Метод дифференциального деления

Ограниченное число делительных окружностей на делительном лимбе не всегда дает возможность осуществлять простое деление. Если *не удастся* подобрать окружность с подходящим числом отверстий способом простого деления, то применяется способ дифференциального деления [1, 2, 3, 4].

Число оборотов рукоятки делительной головки определяется по формуле

$$n = N/x = 40/x,$$

где N – характеристика делительной головки, равная 40; x – условное количество делений, *близкое* к заданному числу делений Z , для которого имеется возможность подобрать делительную окружность на делительном лимбе. Иными словами, x – это *ближайшее* к Z число, удобное для простого метода деления.

Передаточное отношение $i_{см}$ сменных зубчатых колес гитары 8, 9 (см. рис. 2.4) определяется по формуле

$$i_{см} = \frac{40 \cdot (x - z)}{x}.$$

Существуют четыре варианта схемы установки сменных зубчатых колес в зависимости от количества сменных колес, устанавливаемых в гитаре, и от знака $i_{см}$. Разберем эти варианты на конкретных примерах.

Пример 1. Разделить заготовку на $Z=67$ частей. Принимаем $x=70$.

$$n = 40/x = 40/70 = 4/7 = 12/21.$$

Фиксатор рукоятки устанавливаем против окружности с 21 отверстием, а раздвижной сектор раздвигаем на 12 делений.

$$i_{см} = \frac{40 \cdot (x - z)}{x} = \frac{40 \cdot (70 - 67)}{70} = \frac{40 \cdot 3}{70} = \frac{120}{70} = \frac{12}{7}.$$

Полученную дробь нужно преобразовать так, чтобы в числителе и знаменателе были числа зубьев сменных колес из комплекта головки 20, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100:

$$12/7=60/35=a/d.$$

Сменное колесо $a=60$ устанавливаем на оправку шпинделя 3 (см. рис. 2.4), а $d=35$ на выходной конец валика 8. Между ними нужно установить одно промежуточное колесо с любым числом зубьев. В этом случае делительный лимб вращается в том же направлении, что и рукоятка делительной головки [1, 2, 3, 4].

Пример 2. Разделить заготовку на 83 части. Принимаем $x=80$.

$$n=40/x=40/80=1/2=8/16.$$

Фиксатор рукоятки устанавливаем против окружности с числом отверстий 16, а раздвижной сектор раздвигаем на 8 делений.

$$i_{см} = \frac{40 \cdot (x - z)}{x} = \frac{40 \cdot (80 - 83)}{80} = -\frac{40 \cdot 3}{80} = -\frac{3}{2} = -\frac{60}{40} = -\frac{a}{d}.$$

Задача решена с помощью двух зубчатых колес $a=60$ и $d=40$, но так как знак передаточного отношения минус, то нужно установить последовательно два промежуточных колеса. В данном случае делительный лимб будет вращаться навстречу рукоятке.

Пример 3. Разделить заготовку на 83 части. Принимаем $x=84$.

$$n=40/x=40/84=10/21.$$

Фиксатор рукоятки устанавливаем на окружность с 21 отверстием, а раздвижной сектор раздвигаем на 10 промежутков.

$$i_{см} = \frac{40 \cdot (x - z)}{x} = \frac{40 \cdot (84 - 83)}{84} = \frac{40 \cdot 1}{84} = \frac{10}{21} = \frac{2 \cdot 5}{7 \cdot 3} = \frac{40 \cdot 25}{35 \cdot 60} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}.$$

Задача решена при помощи четырех зубчатых колес $a=40$; $b=35$; $c=25$; $d=60$. Число зубьев подобранных шестерен должно удовлетворять условию сцепляемости:

$$(a+b) > c + (15 \dots 20); \quad (c+d) > b + (15 \dots 20).$$

Пример 4. Разделить заготовку на 107 частей. Принимаем $x=105$.

$$n=40/x=40/105=8/21.$$

Фиксатор рукоятки устанавливаем на окружность с числом отверстий 21, а раздвижной сектор раздвигается на 8 делений.

$$i_{cm} = \frac{40 \cdot (x - z)}{x} = \frac{40 \cdot (105 - 107)}{105} = -\frac{40 \cdot 2}{105} = -\frac{16}{21} = -\frac{4 \cdot 4}{3 \cdot 7} = -\frac{80 \cdot 40}{60 \cdot 70} = -\frac{a \cdot c}{b \cdot d}.$$

Задача решена с помощью четырех зубчатых колес. Так как знак передаточного отношения минус, вводим одно промежуточное колесо.

Задача на дифференциальное деление имеет несколько решений. Если не удалось подобрать сменные шестерни из комплекта головки, нужно задаться другим x и заново подсчитать i_{cm} .

Знак плюс передаточного отношения i_{cm} показывает, что рукоятка и делительный лимб вращаются в одну сторону, а знак минус говорит о том, что рукоятка и делительный диск вращаются в разные стороны.

Дифференциальное деление возможно только при горизонтальном положении шпинделя [1, 2, 3, 4].

Произвести нарезку зубчатого колеса по одному из рассчитанных вариантов (по указанию преподавателя).

В отчете приводятся: 1) кинематическая схема делительной головки; 2) расчет делительной головки для непосредственного деления; 3) расчет делительной головки для простого способа деления; 4) расчет и схема настройки гитары на дифференциальное деление.

Таблица 2.1. Варианты задания

Номер варианта	Способ деления				
	непосредственное		простое		дифференциальное
	Z	Z	Z	α	Z
1	2	36	29	10°20'	43
2	4	18	28	14°30'	86
3	3	60	31	15°10'	94
4	8	30	32	16°30'	109
5	6	20	33	17°20'	111
6	12	120	34	19°30'	139
7	3	40	35	20°20'	141
8	24	90	36	30°30'	159
9	6	18	37	12°30'	161
10	8	36	38	14°40'	172
11	4	30	39	11°50'	173
12	2	20	40	21°20'	175
13	12	60	41	23°30'	179
14	6	90	42	22°30'	181
15	3	40	27	24°30'	187

Вариант расчета задается преподавателем (табл. 2.1). По результатам расчетов производится практическая настройка делительной головки на непосредственное, простое и дифференциальное деления.

Контрольные вопросы и задания

1. Каково назначение универсальной лимбовой делительной головки?
2. Как осуществляется закрепление заготовки при использовании делительной головки?
3. Перечислите основные узлы делительной головки.
4. Механическая передача движения какого вида используется в универсальной лимбовой делительной головке в качестве основной?
5. Сколько способов деления можно осуществлять при помощи лимбовой делительной головки?
6. Каково передаточное отношение червячной пары делительной головки?
7. Какой из способов деления наименее точный и почему?
8. Назовите наиболее часто применяющийся способ деления.
9. Расчет для какого способа деления наиболее сложен?
10. Для каких целей универсальная лимбовая делительная головка оснащается раздвижным сектором и каким образом он используется?
11. При каких способах деления не применяются сменные зубчатые колеса гитары?
12. При каком способе деления делительный лимб неподвижен?
13. При каких способах деления используется раздвижной сектор?
14. Что такое и как задается условное количество делений при дифференциальном способе деления?
15. О чем говорит знак плюс передаточного отношения гитары сменных зубчатых колес при дифференциальном способе деления?
16. При нарезке зубчатых колес каким методом и на каких станках используют универсальную лимбовую делительную головку?
17. Что такое лимб и для чего он используется?

Лабораторная работа № 3
КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

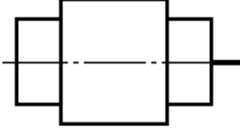
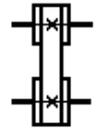
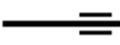
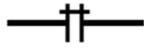
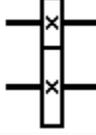
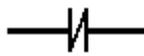
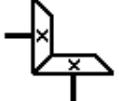
Цель лабораторной работы – практическое ознакомление с механизмами, кинематическими схемами и методикой составления уравнения кинематического баланса металлорежущих станков.

Кинематическая схема станка

Передача движений от электродвигателя к рабочим органам станка осуществляется при помощи ряда механизмов: зубчатых, ременных, червячных, винтовых, реечных и др. Условное изображение этих механизмов, соединенных в определенной последовательности в кинематические цепи, называется кинематической схемой [1, 2, 3, 4]. Каждая кинематическая цепь – это система последовательно соединенных элементарных механизмов, обеспечивающих исполнительные движения рабочих органов станка (вращение шпинделя, поступательное перемещение стола станка и т. д.).

На схемах указывают численные значения диаметров шкивов, чисел зубьев зубчатых колес, их модулей зацепления и т. д. Основные условные обозначения для кинематических схем приведены в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1. Основные условные обозначения для кинематических схем

Элемент схемы	Условное обозначение	Элемент схемы	Условное обозначение
Электродвигатель		Ременная передача (открытая плоским ремнем)	
Вал		Винтовая передача (разъемная гайка)	
Радиальный подшипник (без уточнения типа)		Цепная передача	
Соединение двух валов глухое		Зубчатая передача цилиндрическая	
Соединение двух валов эластичное		Зубчатая передача коническая	

Окончание табл. 3.1

Элемент схемы	Условное обозначение	Элемент схемы	Условное обозначение
Конец шпинделя для центровых работ		Реечная передача	
Конец шпинделя для патронных работ		Червячная передача	
Конец шпинделя для сверлильных работ		Кулачковая муфта сцепления	
Конец шпинделя для фрезерных работ		Фрикционная дисковая муфта сцепления	
Свободное для вращения соединение детали с валом		Соединение деталей с валом при помо- щи вытяжной шпонки	
Глухое, неподвиж- ное соединение детали с валом		Глухое соединение двух деталей на втулке	
Подвижное в осе- вом направлении без вращения со- единение детали с валом		Тормозной механизм	

Схемы ряда типовых механизмов для ступенчатого изменения частот вращения приведены в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2. Схемы типовых механизмов изменения частот вращения

Механизм	Графическое изображение	Передаточное отношение	Примечания
Скользкий блок зубча- тых колес		$i = \frac{Z_1}{Z_2} \frac{Z_3}{Z_4} \frac{Z_5}{Z_6}$	Движение передается от вала I к валу II. Вал II имеет три значения частоты вращения относительно вала I. Тройной блок обеспечивает три передачи с разными передаточными отношениями i

Механизм	Графическое изображение	Передаточное отношение	Примечания
Конус зубчатых колес с накидной шестерней (конус Нортон)		$i = \frac{Z_c}{Z_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_3} \cdot \frac{Z_4}{Z_c}$	Ведомый вал II имеет четыре значения частоты вращения относительно вала I, то есть столько, сколько зубчатых колес имеет конус. Накидная шестерня свободно сидит на промежуточном валу. Зубчатое колесо Z_c перемещается на валу I на шпонке
Конус зубчатых колес с вытяжной шпонкой		$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} \cdot \frac{Z_5}{Z_6}$	Зубчатые колеса Z_1 , Z_3 и Z_5 на валу I свободны для вращения. Одно из них может быть соединено с валом I скользящей шпонкой и участвовать в передаче движения. Остальные шестерни вращаются вхолостую
Двухступенчатый механизм с двухсторонней кулачковой муфтой		$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$	Ведомый вал II имеет два значения частоты вращения относительно вала I. Звено переключения является двухсторонней кулачковой муфтой, которая соединяет с валом I шестерню Z_1 либо Z_3

Уравнение кинематического баланса

Уравнение, устанавливающее функциональную зависимость между величинами перемещений начального и конечного звеньев кинематической цепи, называется уравнением кинематического баланса [1, 2, 3, 4].

Начальные звенья кинематической цепи в большинстве случаев имеют вращательное движение, конечные звенья получают как вращательное, так и прямолинейное движение.

Если начальное и конечное звенья оба вращаются, то уравнение кинематического баланса может быть представлено в следующем виде:

$$n_n \cdot i = n_k,$$

где n_k – частота вращения конечного звена (шпинделя), об/мин; n_n – частота вращения начального звена (вала электродвигателя), об/мин; i – передаточное отношение кинематической цепи,

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n,$$

здесь $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ – передаточные отношения отдельных кинематических пар цепи.

Если начальное звено имеет вращательное движение, а конечное – прямолинейное (движение подачи), то при минутной подаче S_m уравнение кинематического баланса имеет вид

$$n_n \cdot i \cdot H = S_m,$$

где H – ход кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное.

Для винтовой пары $H = k \cdot t_e$, где t_e – шаг ходового винта, мм; k – число его заходов.

Для реечной пары $H = \pi \cdot m \cdot z$, где m – модуль зацепления, мм; z – число зубьев реечного колеса.

Когда подача конечного звена S_o задается в миллиметрах на один оборот начального звена, уравнение кинематического баланса имеет вид

$$1 \text{ об} \cdot i \cdot H = S_o.$$

При записи уравнения кинематического баланса в развернутом виде передаточное отношение кинематической цепи i расписывают подробно с указанием численных значений параметров, характеризующих механические передачи [1, 2, 3, 4].

Пример анализа кинематической схемы горизонтально-фрезерного станка модели 6М80Г

Кинематическая схема станка приведена на рис. 3.1.

1. Цепь главного движения (вращения шпинделя).

Уравнение кинематического баланса цепи в общем виде:

$$n_{\text{шп}} = n_3 \cdot i,$$

где $n_{\text{шп}}$ – частота вращения шпинделя, об/мин; n_3 – частота вращения вала электродвигателя, об/мин.

Уравнение кинематического баланса цепи в развернутом виде:

$$n_{\text{шп}} = 1420 \cdot \frac{38}{52} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{29}{61} \cdot \frac{52}{38} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{31}{83} \cdot \frac{24}{71} \cdot \frac{1}{1}$$

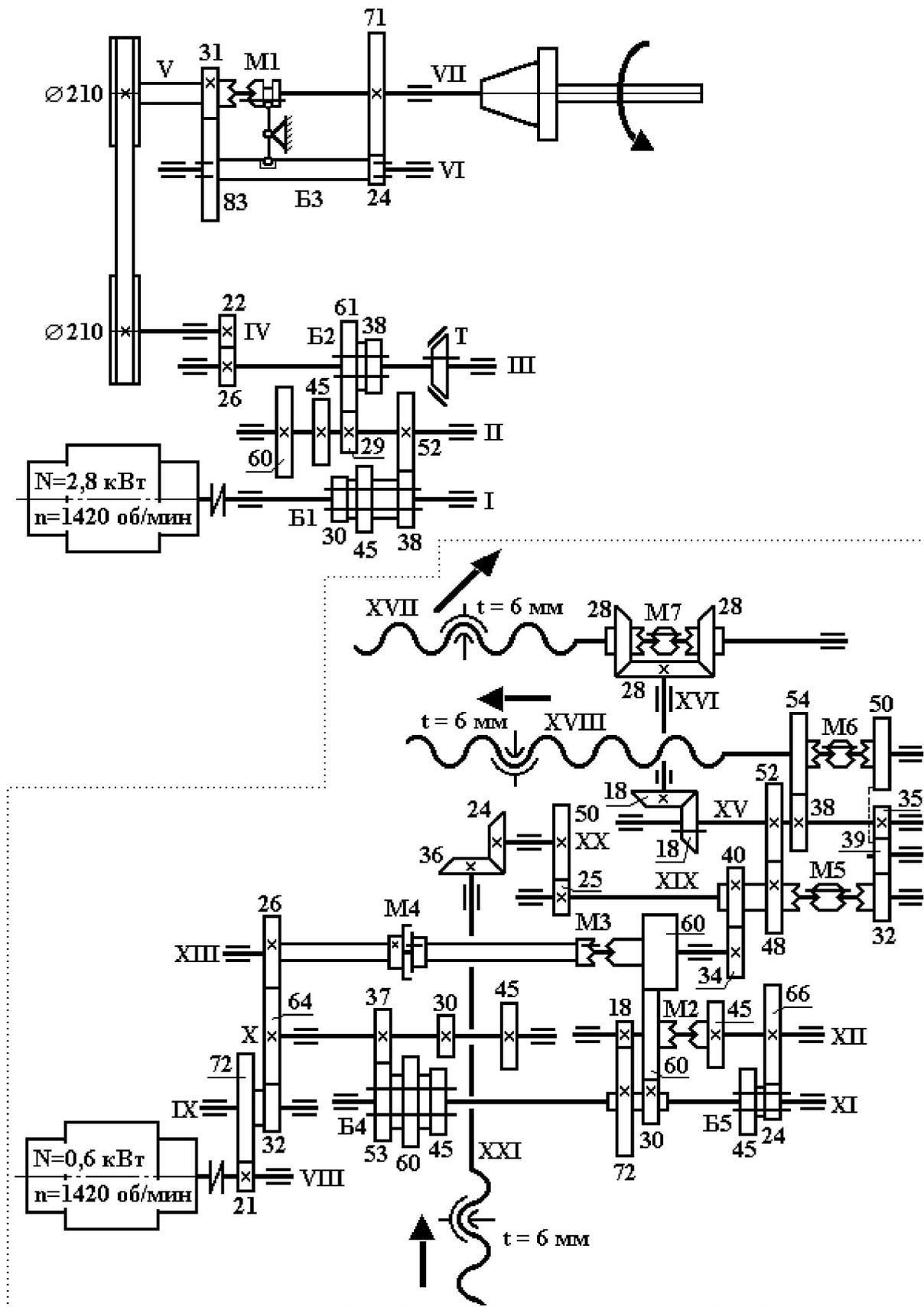


Рис. 3.1. Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка модели 6М80Г
(в пунктирный контур заключена цепь движения подачи)

Количество скоростей вращения шпинделя:

$$Z = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 12.$$

Максимальное и минимальное числа оборотов шпинделя:

$$n_{\max} = 1420 \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{52}{38} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 = 2260 \text{ об/мин};$$

$$n_{\min} = 1420 \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{29}{61} \cdot \frac{26}{22} \cdot \frac{210}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{31}{83} \cdot \frac{24}{71} = 50 \text{ об/мин}.$$

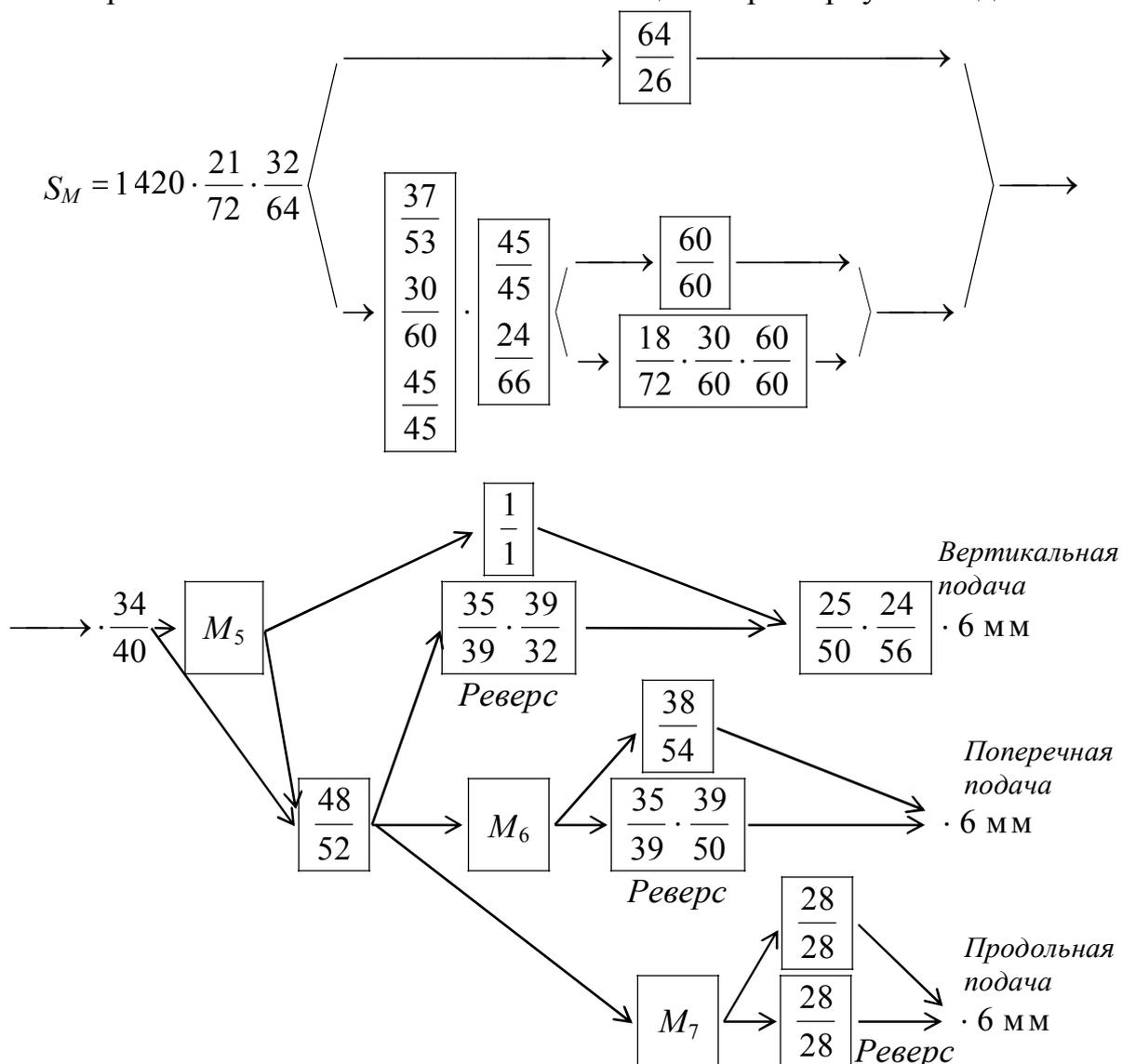
2. Цепь движения подач.

Уравнение кинематического баланса цепи в общем виде:

$$S_M = n_9 \cdot i \cdot t,$$

где S_M – минутная подача стола станка, мм/мин; n_9 – частота вращения вала электродвигателя привода подач, об/мин.

Уравнение кинематического баланса цепи в развернутом виде:



Количество возможных подач:

$$Z = 3 \cdot 2 \cdot 2 = 12.$$

Максимальное и минимальное значения подач:

$$S_{\max} = 1420 \cdot \frac{21}{72} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{64}{26} \cdot \frac{34}{40} \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{18}{18} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6 = 2400 \text{ мм/мин (быстрое перемещение);}$$

$$S_{\min} = 1420 \cdot \frac{21}{72} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{24}{66} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{34}{40} \cdot \frac{25}{50} \cdot \frac{24}{36} \cdot 6 = 9,41 \text{ мм/мин (вертикальная подача).}$$

Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности:

1. Изучить графические условные обозначения на кинематических схемах по табл. 3.1.
2. Изучить способы соединения детали с валом по табл. 3.1.
3. Изучить винтовой и реечный механизмы для преобразования вращательного движения в прямолинейно-поступательное движение.
4. Изучить типовые механизмы для ступенчатого изменения частоты вращения валов по табл. 3.2.
5. Закрепить понятие об уравнении кинематического баланса.
6. Провести анализ кинематической схемы станка из приложения по указанию преподавателя, включающий написание уравнений кинематического баланса в общем и развернутом видах для цепи главного движения и цепи подач. Определить количество скоростей вращения шпинделя и количество подач, максимальные и минимальные их значения.

Для анализа отдельной кинематической цепи заданного станка необходимо сначала определить количество кинематических цепей в схеме рассматриваемого станка. Затем определяется вид уравнения кинематического баланса в общем виде для каждой цепи. Для этого необходимо ответить на вопрос, что является источником движения в цепи (начальным звеном) и рабочим органом (конечным звеном цепи, приводимым в движение). После этого определяется вид движения начального и конечного звеньев цепи и при необходимости размерность этого движения. В частности, конечные звенья в цепи главного движения токарного, сверлильного, фрезерного, шлифовального станков совершают вращательное движение. Конечные звенья в цепи подачи всех перечисленных станков совершают возвратно-поступательное (прямолинейное) движение.

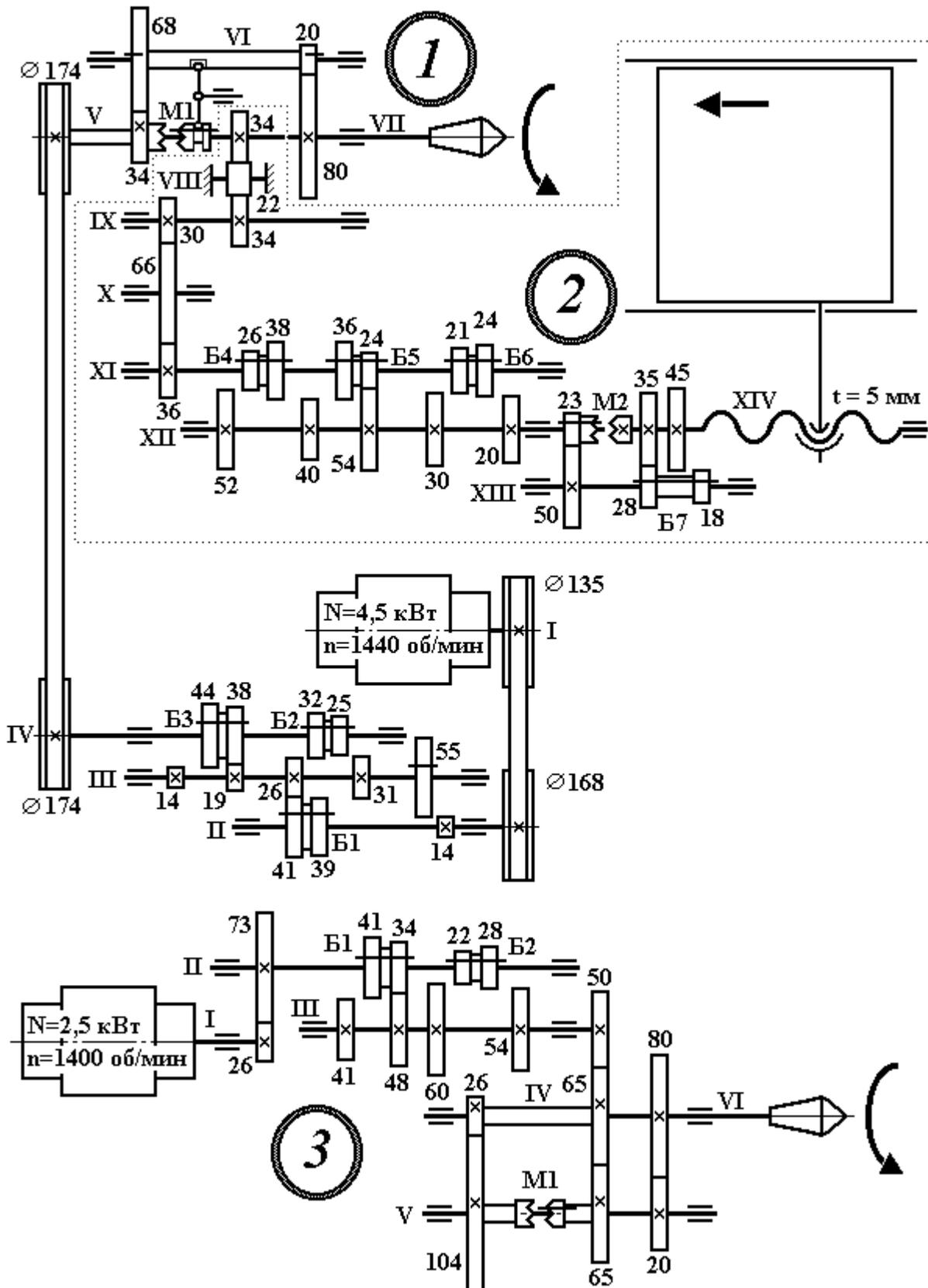
При написании уравнения кинематического баланса в развернутом виде руководствуются следующим общим правилом: для последовательно

друг за другом расположенных механических передач их передаточные числа (или дроби, отношения) перемножаются между собой (в уравнении записывается произведение их передаточных отношений в строку, в виде горизонтальной цепи, слева направо от источника движения к конечному звену). При наличии нескольких различных вариантов передачи движения с одного вала кинематической схемы на другой (соседний) передаточные числа этих вариантов должны быть записаны одно под другим (в столбец, вертикально).

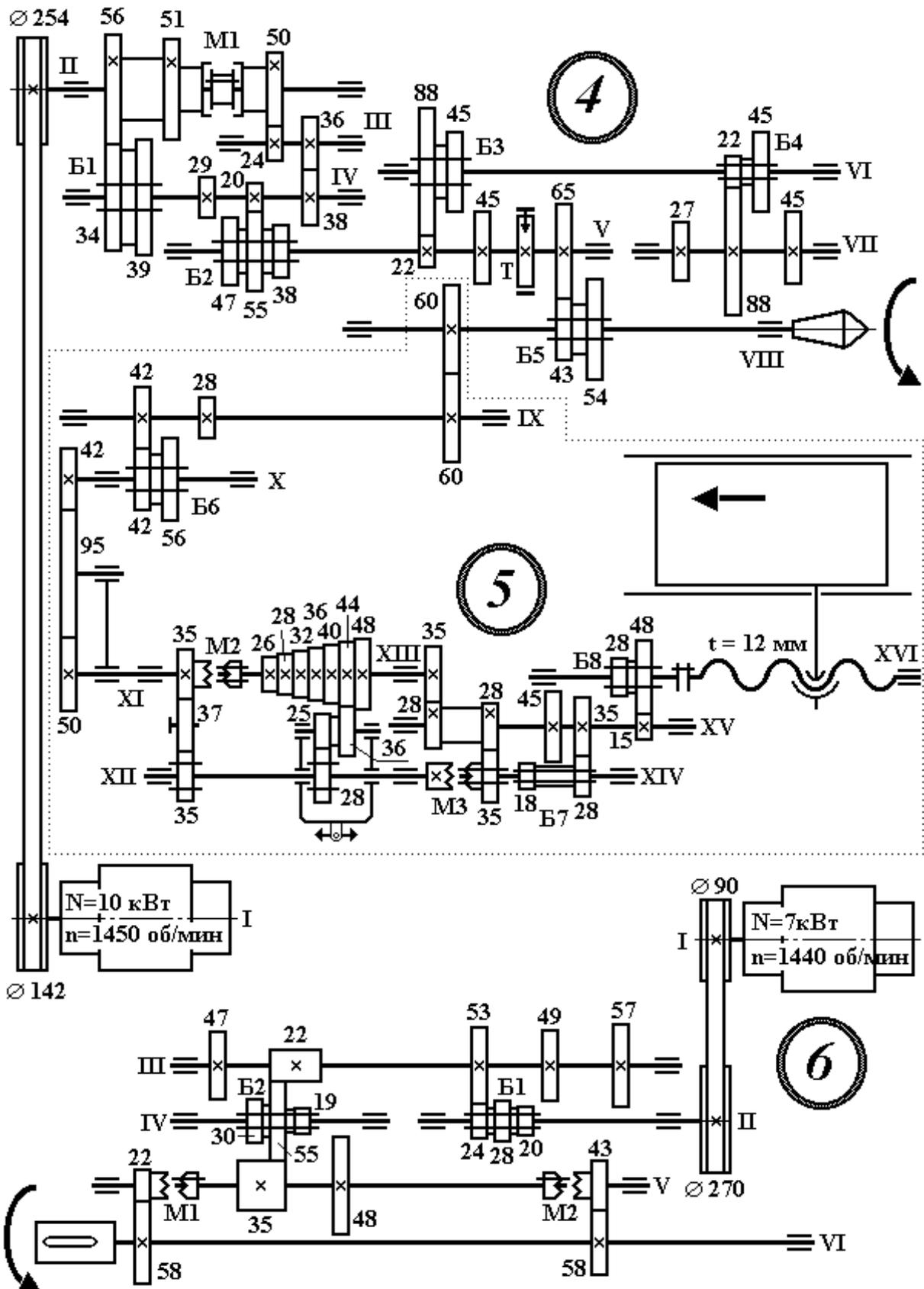
Контрольные вопросы и задания

1. Что называется кинематической схемой станка?
2. Какие передачи наиболее часто встречаются в металлорежущих станках?
3. Что называется передаточным отношением?
4. Чему равно передаточное отношение кинематической цепи?
5. Какие механизмы используются для регулирования частоты вращения?
6. Какие механизмы применяются для изменения направления вращения валов?
7. Как составляется уравнение баланса кинематической цепи?
8. Какие параметры характеризуют кинематическую схему металлорежущего станка?
9. Для чего служит механизм перебора?
10. Приведите характеристику и область применения трех форм записи уравнения кинематического баланса.
11. Какие механизмы в приводах станков используются для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное?
12. При помощи каких механизмов в приводах станков может выполняться ступенчатое изменение частоты вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала?
13. Приведите формулы для определения скорости резания при главном вращательном движении.
14. Приведите формулы для определения скорости резания при главном поступательном движении.
15. Как находят передаточные числа кинематических пар станков?
16. Что такое диапазон регулирования?
17. Назовите типовые механизмы прямолинейного поступательного движения.
18. Как условно обозначается на кинематических схемах металлорежущих станков свободное для вращения соединение детали с валом?

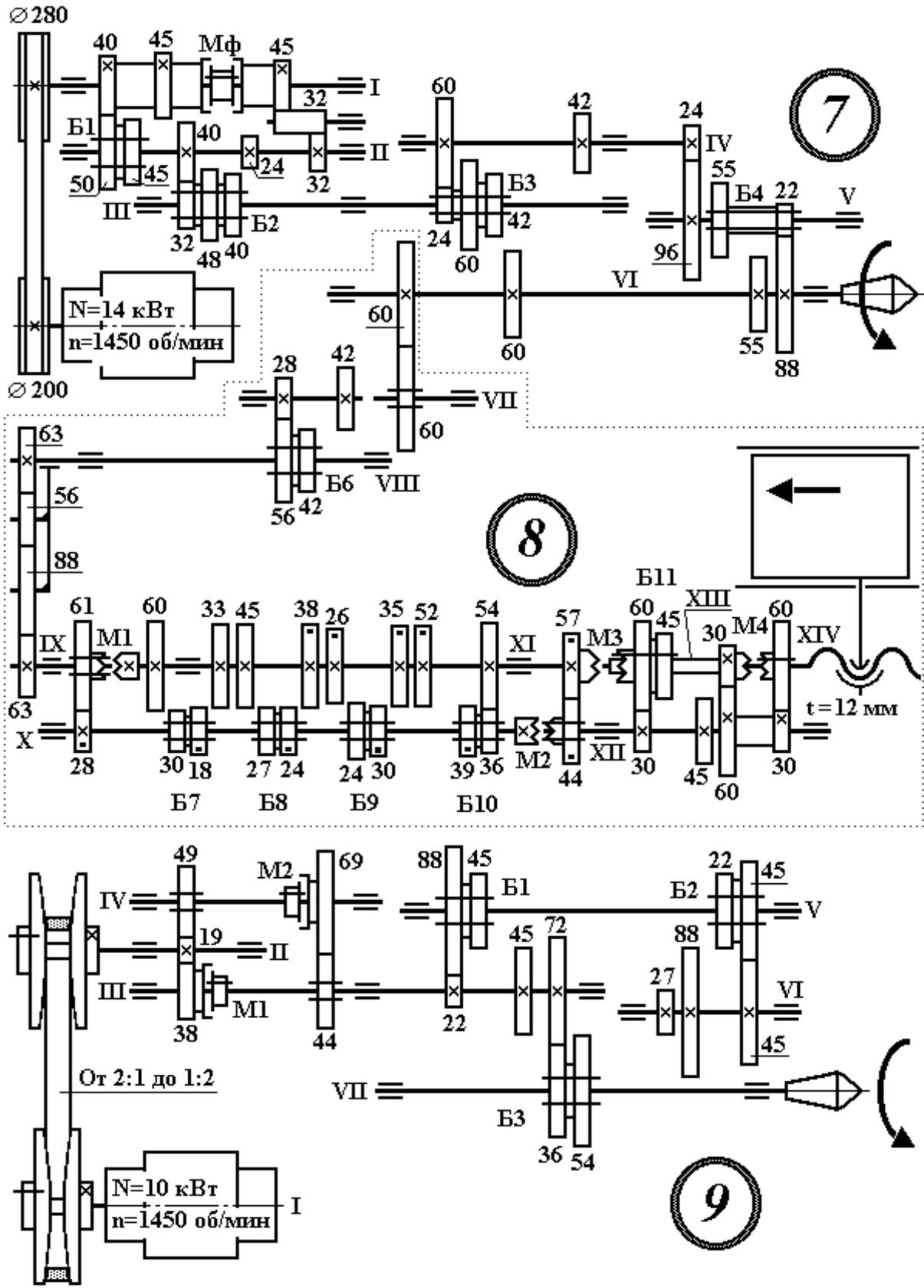
Приложение



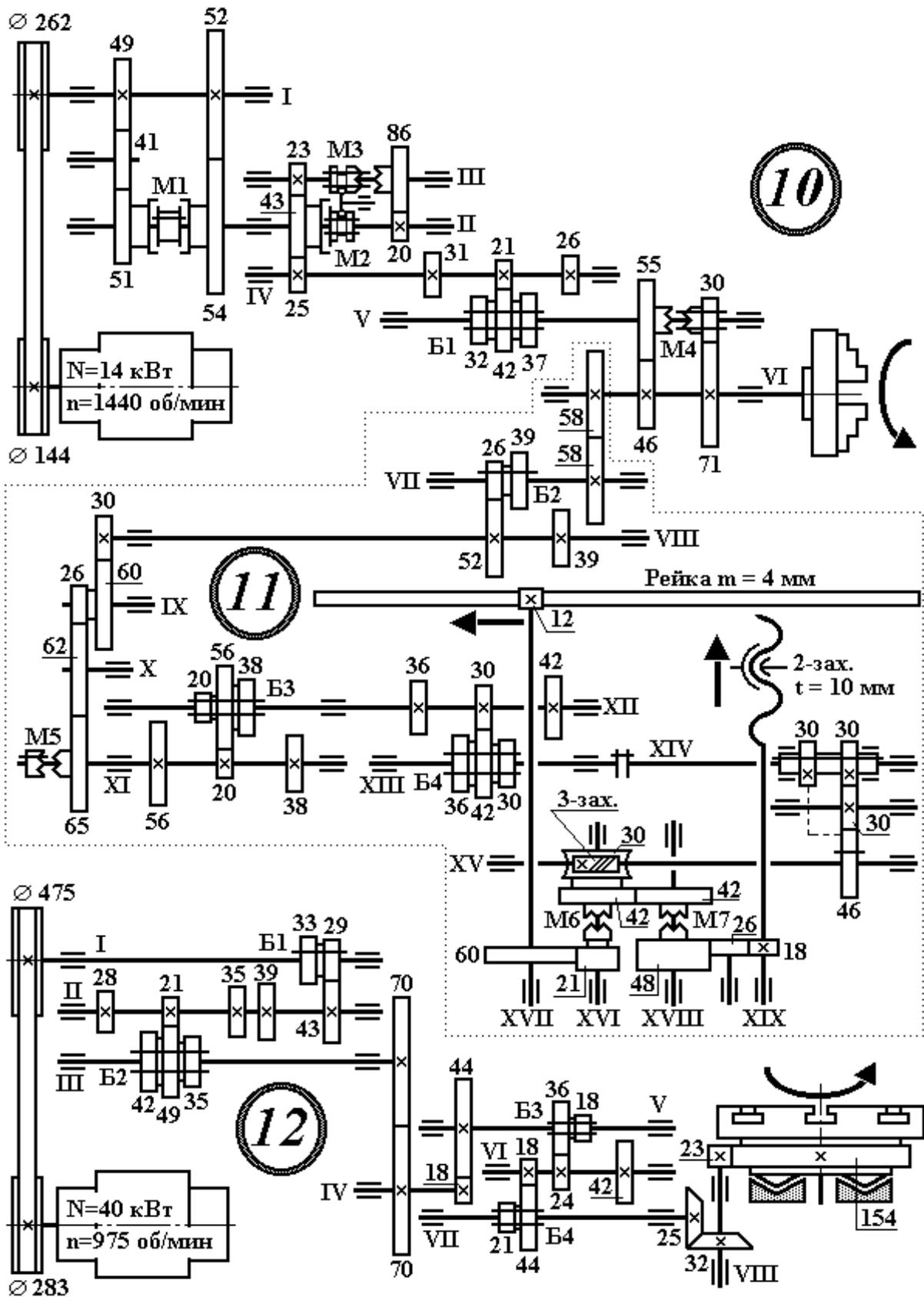
1, 2 – цепи главного движения и подачи токарно-винторезного станка 1А616; 3 – цепь главного движения токарно-затыловочного станка модели К96



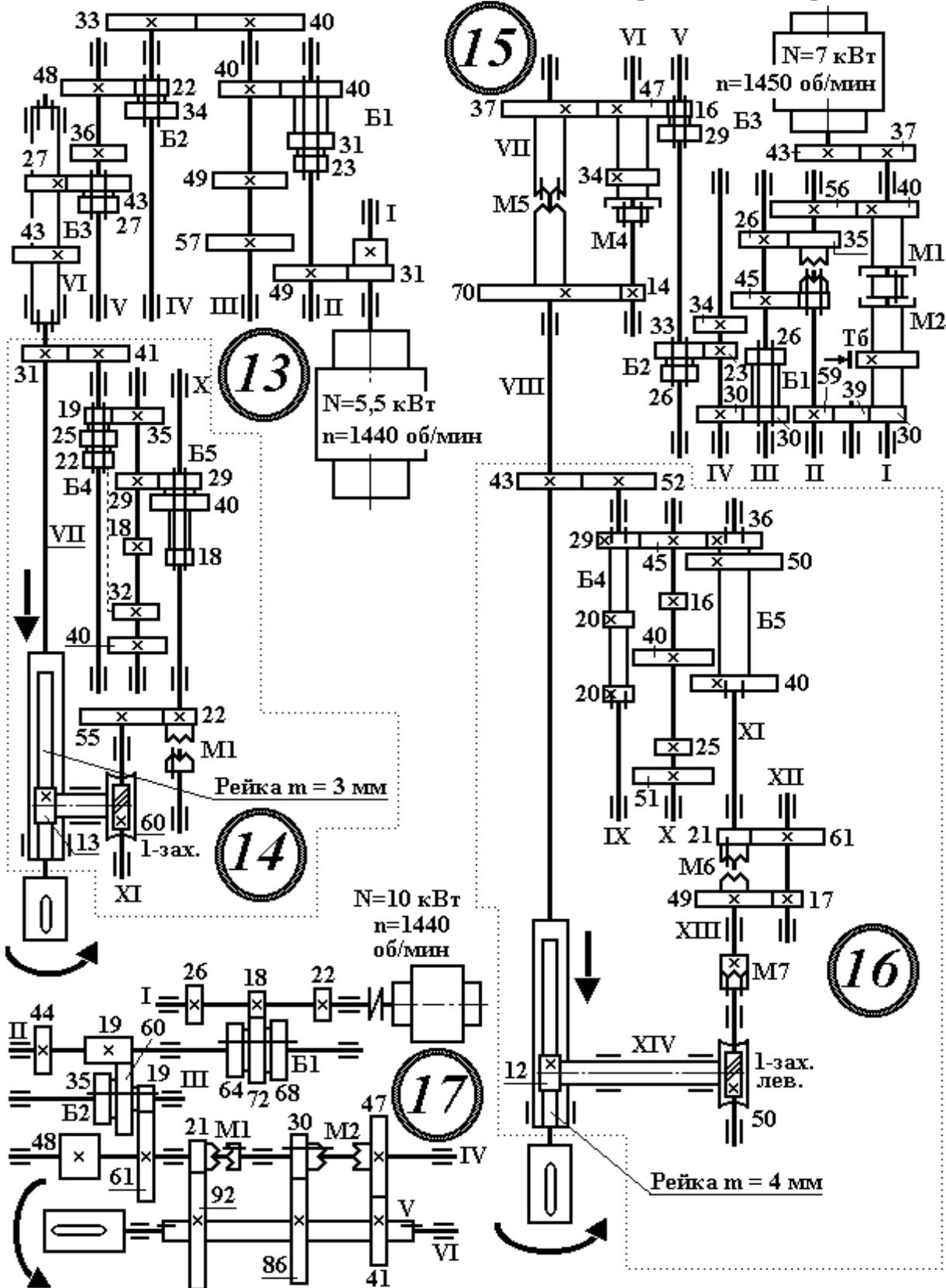
4, 5 – цепи главного движения и подачи токарно-винторезного станка модели 1К62; 6 – цепь главного движения горизонтально-расточного станка модели 262Г



7, 8 – цепи главного движения и подачи токарно-винторезного станка модели 163; 9 – цепь главного движения токарно-винторезного станка модели 1K620



10, 11 – цепи главного движения и подачи токарно-револьверного станка модели 1П365;
 12 – цепь главного движения двухстоечного карусельного станка модели 1553



13, 14 – цепи главного движения и подачи радиально-сверлильного станка модели 2B56;
 15, 16 – цепи главного движения и подачи радиально-сверлильного станка модели 257;
 17 – цепь главного движения горизонтально-расточного станка модели 2620A

Лабораторная работа № 4

ЛЕЗВИЙНЫЕ И АБРАЗИВНЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Цель лабораторной работы – изучение конструкции, геометрии и назначения лезвийного и абразивного режущих инструментов различных видов, маркировки абразивных кругов.

Различают лезвийные и абразивные режущие инструменты. У лезвийного инструмента имеется одна или несколько острых режущих кромок определенной геометрической формы, у абразивного – множество режущих зерен различной формы, хаотически ориентированных. Каждое зерно при этом представляет собой микроклин [1, 2, 3, 4].

Лезвийные инструменты состоят из режущей и крепежной частей. Режущая часть включает режущие лезвия и образующие их поверхности. Она может выполняться из материала, отличного от материала крепежной части (твердый сплав, керамика и т. д.), и соединяться с крепежной частью механически, сваркой, пайкой. Крепежная часть предназначена для установки и закрепления инструмента в рабочих органах станка.

Лезвийные режущие инструменты

Токарные резцы

Все резцы делятся на типы в зависимости от их технологического назначения и конструктивных особенностей (рис. 4.1) [1, 2, 3, 4].

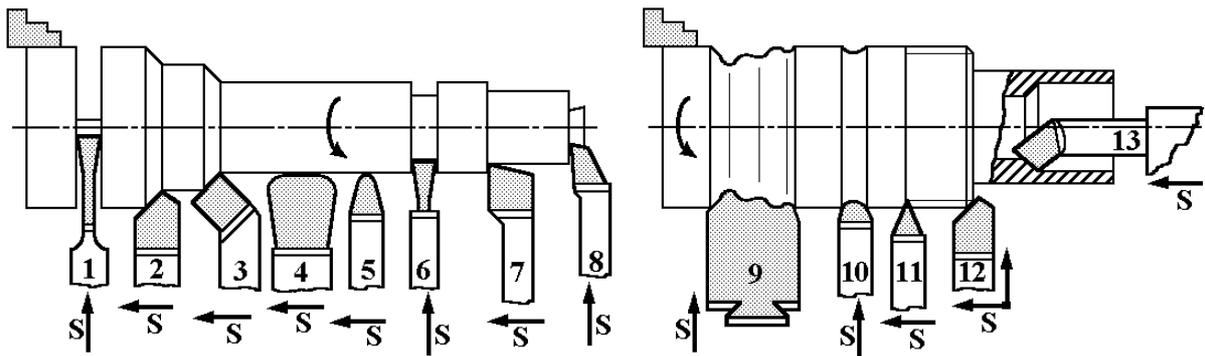


Рис. 4.1. Токарные резцы: 1 – отрезной; 2 – проходной прямой; 3 – проходной отогнутый; 4 – чистовой широкий (лопаточный); 5 – чистовой радиусный; 6 – прорезной (канавочный); 7 – проходной упорный; 8 – подрезной; 9 – фасонный призматический; 10 – галтельный; 11 – резьбовой наружный; 12 – фасочный; 13 – расточный проходной

Токарный резец при обработке совершает медленное поступательное движение подачи. Главное движение – это вращение заготовки, закрепленной в приспособлении на шпинделе токарного станка.

Токарные резцы предназначены для обработки поверхностей тел вращения: наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, конических поверхностей, торцовых поверхностей, канавок, уступов, фасонных, резьбовых поверхностей [1, 2, 3, 4].

Фрезы

Фреза – это многолезвийный (многозубый) вращающийся режущий инструмент, зубья которого последовательно вступают в контакт с обрабатываемой поверхностью в процессе резания [1, 2, 3, 4]. Относительно медленная подача производится движением обрабатываемой заготовки, закрепленной на столе фрезерного станка. В зависимости от технологического назначения и конструктивных особенностей все фрезы делятся на типы. На рис. 4.2 приведены несколько основных типов фрез.

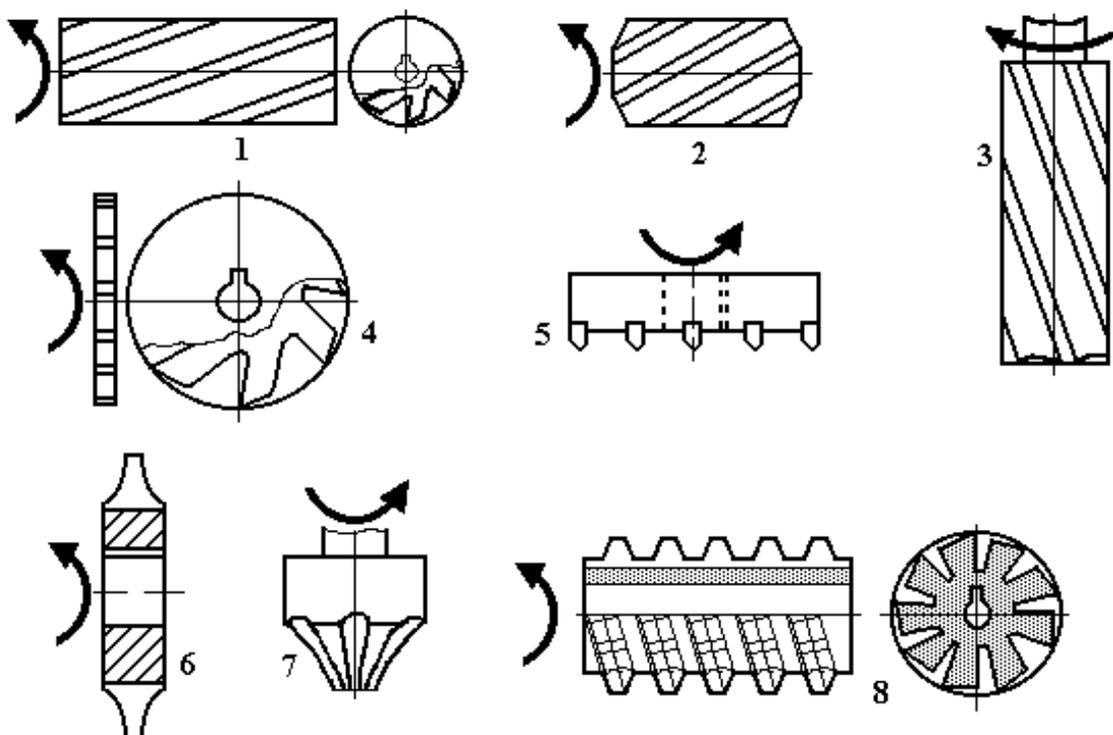


Рис. 4.2. Фрезы: 1 – цилиндрическая косозубая односторонняя; 2 – цилиндрическая косозубая трехсторонняя; 3 – концевая; 4 – дисковая прямозубая; 5 – торцовая со вставными ножами; 6 – дисковая модульная; 7 – концевая модульная; 8 – червячная модульная

Цилиндрическая односторонняя фреза имеет зубья только на цилиндрической поверхности. Она служит для фрезерования плоских поверхностей. Ширина заготовки должна быть меньше, чем ширина фрезы.

Цилиндрическая трехсторонняя фреза имеет зубья не только на цилиндрической, но и на боковых наклонных поверхностях и служит для: а) фрезерования плоскостей, если ширина заготовки меньше ширины цилиндрической части фрезы; б) фрезерования широких пазов в другом случае.

Концевая фреза служит для фрезерования вертикально расположенных нешироких плоскостей и прямоугольных пазов на вертикально-фрезерном станке, а также для контурного фрезерования на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Шпоночная фреза, по внешнему виду сходная с концевой, служит для фрезерования шпоночных пазов.

Дисковая прямозубая отрезная односторонняя фреза служит для разрезания заготовок. Односторонняя дисковая фреза имеет зубья только на цилиндрической поверхности. Трехсторонняя дисковая фреза имеет зубья не только на цилиндрической, но и на обеих торцовых поверхностях и может использоваться для обработки пазов прямоугольного профиля.

Торцовая фреза применяется для обработки широких плоскостей. По сравнению с цилиндрическими фрезами торцовые обеспечивают в несколько раз большую производительность, так как большее число зубьев одновременно находится в работе вследствие большого угла контакта. Это позволяет при одинаковой подаче на зуб увеличить минутную подачу. Поверхности при обработке торцовыми фрезами имеют меньшую шероховатость, так как вспомогательные режущие кромки на торцовой поверхности фрезы зачищают обработанную поверхность заготовки. Торцовые фрезы можно проектировать большего диаметра, чем цилиндрические, кроме того, их легче изготавливать сборной конструкции, что позволяет экономить дорогостоящий материал режущей части [1, 2, 3, 4].

Дисковая модульная фреза служит для нарезания цилиндрических зубчатых колес методом копирования. При этом методе профиль фрезы соответствует профилю впадин между двумя зубьями заготовки. Метод копирования реализуется также при нарезании зубьев концевой модульной фрезой, у которой в отличие от дисковой модульной ось вращения расположена вертикально. Метод копирования характеризуется сравнительно низкой точностью и производительностью.

Наибольшее распространение получил метод обкатки. Он реализуется при нарезании зубьев цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления при помощи червячной модульной фрезы. Эта фреза представляет собой винт (червяк, воспроизводящий трапецеидальный профиль рейки) с прорезанными перпендикулярно к виткам канавками для образования режущих кромок. При вращении фрезы профиль рейки перемещается в осевом направлении, что позволяет при согласованном вращении заготовки воспроизводить зацепление зубчатого колеса (заготовки) и зубчатой рейки (инструмента) [1, 2, 3, 4].

Осевой режущий инструмент

Это лезвийный инструмент для обработки отверстий, совершающий одновременно два движения: вращательное главное движение резания и движение подачи вдоль оси вращения. К данной группе относятся сверла, зенкеры, развертки и метчики (рис. 4.3). Осевой режущий инструмент чаще всего применяется на сверлильных станках [1, 2, 3, 4].

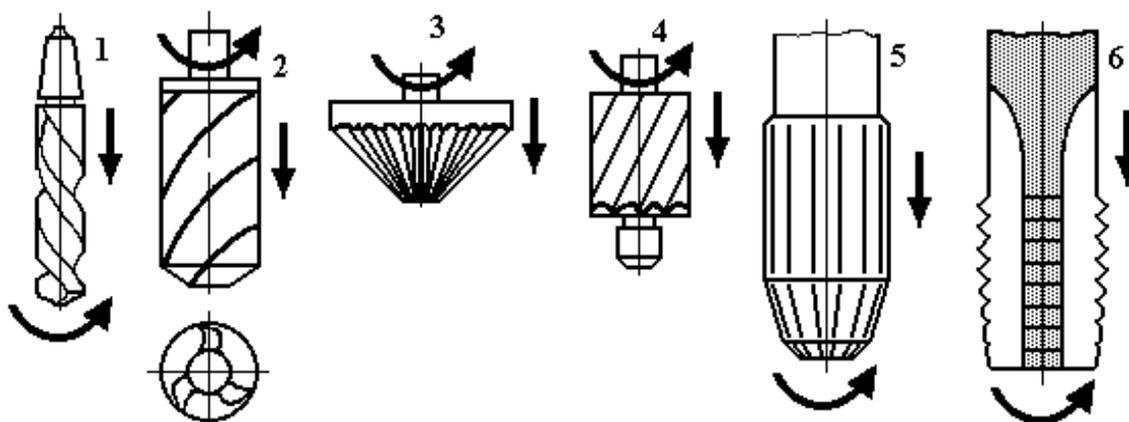


Рис. 4.3. Осевой режущий инструмент: 1 – сверло спиральное; 2 – зенкер цилиндрический спиральный; 3 – зенкер конический; 4 – зенкер торцовый с направляющей цапфой; 5 – развертка цилиндрическая; 6 – метчик

Сверло спиральное служит для сверления новых отверстий в сплошном материале и рассверливания уже имеющих отверстий. Это наиболее распространенный тип осевого инструмента. Спиральное сверло имеет два зуба.

Зенкер цилиндрический используется для расширения и получистовой обработки цилиндрических отверстий, полученных литьем, ковкой или сверлением. Зенкеры имеют по 3–4 зуба. Поперечная режущая кромка (перемычка) у них отсутствует.

Зенкер конический (зенковка) применяется для получения конических углублений под головки винтов.

Зенкер торцовый с направляющей цапфой (цековка) используется для обработки торцовых входных участков отверстий.

Развертка служит для чистовой окончательной обработки отверстий, имеет 8–12 зубьев. По форме обрабатываемого отверстия развертки, как и зенкеры, могут быть цилиндрические, конические, ступенчатые и с направляющей цапфой [1, 2, 3, 4].

Режущая часть цилиндрической развертки включает направляющий конус. Калибрующая часть направляет развертку в отверстия, обеспечивает высокую точность размера и малую шероховатость поверхности.

Метчик служит для нарезания внутренней цилиндрической резьбы в сквозных и глухих отверстиях. Метчик как инструмент получается из винта путем прорезания в нем стружечных канавок, образования заборного конуса и затылования зубьев для создания положительного заднего угла.

Инструмент для нарезания резьбы

Помимо рассмотренных выше резьбового резца и метчика (см. рис. 4.1 и 4.3), для нарезания резьбы используются плашки, резьбовые гребенки, наружные и внутренние самораскрывающиеся резьбовые головки (рис. 4.4) [1, 2, 3, 4].

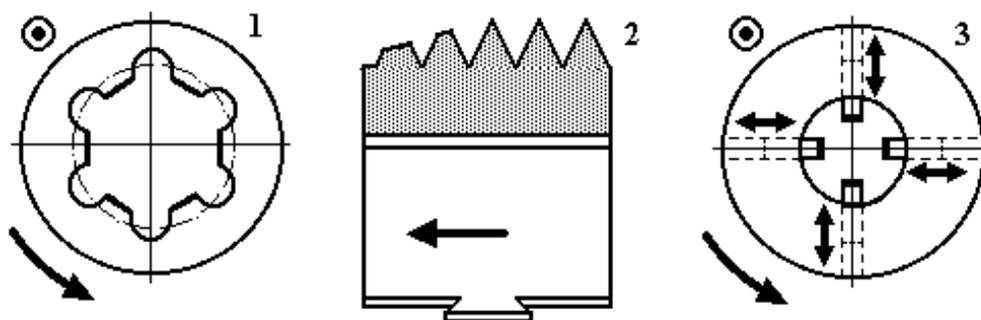


Рис. 4.4. Резьбонарезные инструменты: 1 – круглая плашка; 2 – резьбовая гребенка; 3 – самораскрывающаяся резьбовая головка для нарезания наружной резьбы

Плашка предназначена для нарезания наружной цилиндрической резьбы на болтах, винтах, шпильках и т. д. Круглая плашка представляет собой гайку, превращенную в инструмент путем сверления стружечных отверстий и образования режущей части с затылованными зубьями.

При нарезании резьбы метчиками и плашками их затем нужно свинчивать с детали. На это тратится много времени. Указанного недостатка лишены самораскрывающиеся головки и резьбовые гребенки. По окончании нарезания резьбы самораскрывающейся головкой вставные гребешки автоматически расходятся (сходятся у головок для нарезания внутренней резьбы) и головка без реверсирования на быстром ходу отводится в исходное положение. Вследствие этого повышается производительность.

Резьбовая гребенка – это фасонный резец с резьбовым профилем. Рабочая часть гребенки имеет 6...8 шагов резьбы, что позволяет нарезать наружные и внутренние резьбы за меньшее число проходов, чем резьбовыми резцами [1, 2, 3, 4].

Инструмент для протягивания и прошивки

Обработка отверстий и наружных поверхностей может производиться протяжками – многолезвийным инструментом с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном направлению скорости главного движения. Протягивание является одним из наиболее высокопроизводительных процессов обработки деталей машин резанием, так как в работе одновременно находится большое количество зубьев инструмента. Для некоторых видов отверстий, например шлицевых, протягивание является единственным методом формообразования.

Протяжка совершает поступательное или вращательное главное движение резания. Движение подачи как таковое отсутствует, поскольку у протяжки каждый последующий зуб выступает над предыдущим. Это превышение называется подъемом зуба протяжки и определяет толщину срезаемого слоя [1, 2, 3, 4].

Прошивка – короткая протяжка, которая не протягивается, а продавливается через отверстие.

В зависимости от типа обрабатываемых поверхностей все протяжки подразделяются на внутренние и наружные. Основные типы протяжек и прошивка приведены на рис. 4.5.

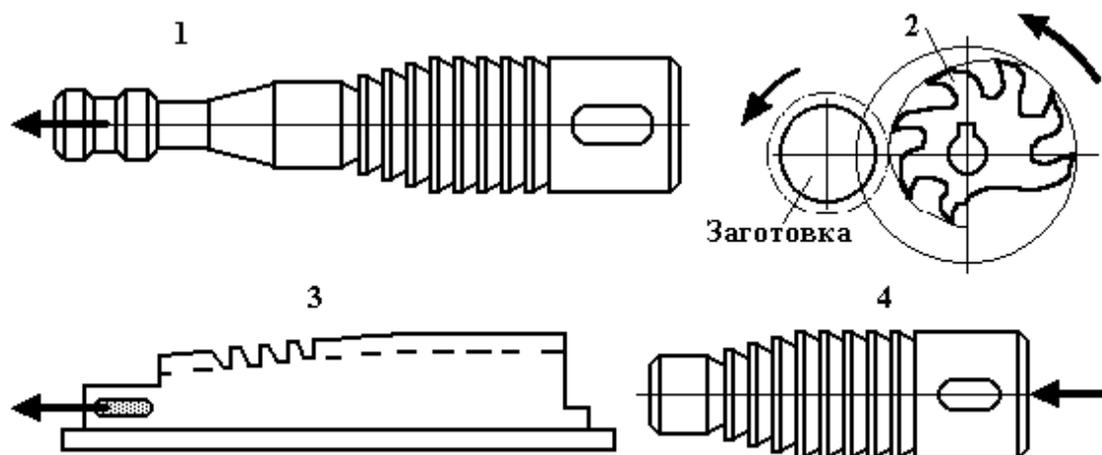


Рис. 4.5. Протяжки и прошивка: 1 – внутренняя круглая протяжка; 2 – наружная дисковая протяжка; 3 – наружная плоская протяжка; 4 – прошивка

Из всех разновидностей чаще всего применяют протяжки для обработки круглых отверстий. Внутренняя круглая протяжка предназначена для протягивания цилиндрических отверстий после сверления, растачивания или зенкерования. Она имеет замковую часть для закрепления тянущим устройством, переднюю направляющую часть с конусом для центрирования заготовки в начале резания, режущую и калибрующую части, зад-

ную направляющую часть. Лезвия зубьев режущей части выступают на значительную высоту относительно предыдущих лезвий и срезают основную часть припуска. Лезвия зубьев калибрующей части выступают незначительно, чтобы обработанная поверхность получила требуемый размер и шероховатость. По форме отверстия внутренние протяжки также могут быть шлицевыми, шпоночными, многогранными и т. д. [1, 2, 3, 4].

Наружная дисковая протяжка предназначена для обработки наружных поверхностей тел вращения различной формы и совершает вращательное движение вокруг своей оси. При этом заготовке сообщают круговую подачу.

Наружная плоская протяжка служит для: а) протягивания наружных поверхностей различной геометрической формы с прямолинейной образующей, если заготовка неподвижна; б) обработки наружных поверхностей тел вращения различной формы, если заготовке сообщают круговую подачу. Протягивание наружных поверхностей в ряде случаев успешно заменяет строгание, фрезерование и даже шлифование [1, 2, 3, 4].

Прошивкой обрабатываются короткие отверстия различного сечения.

Инструмент для зубонарезания

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес: метод копирования и метод обкатки. При методе копирования профиль фрезы соответствует профилю впадин между двумя зубьями заготовки. С помощью рассмотренных выше дисковой и концевой модульных фрез (см. рис. 4.2) метод копирования реализуется на универсальных фрезерных станках в единичном производстве и при выполнении ремонтных работ [1, 2, 3, 4].

Метод обкатки основан на зацеплении зубчатой пары: инструмента и заготовки. Режущие кромки инструмента имеют профиль зуба сопряженной рейки, как у рассмотренной выше червячной модульной фрезы (см. рис. 4.2) либо сопряженного колеса. Профиль зубьев на заготовке образуется в результате согласованных перемещений режущих кромок инструмента и заготовки.

Режущие кромки следующих видов зуборезного инструмента, работающего по методу обкатки, имеют профиль зуба сопряженного колеса: зуборезного долбяка и зубострогального резца (рис. 4.6) [1, 2, 3, 4].

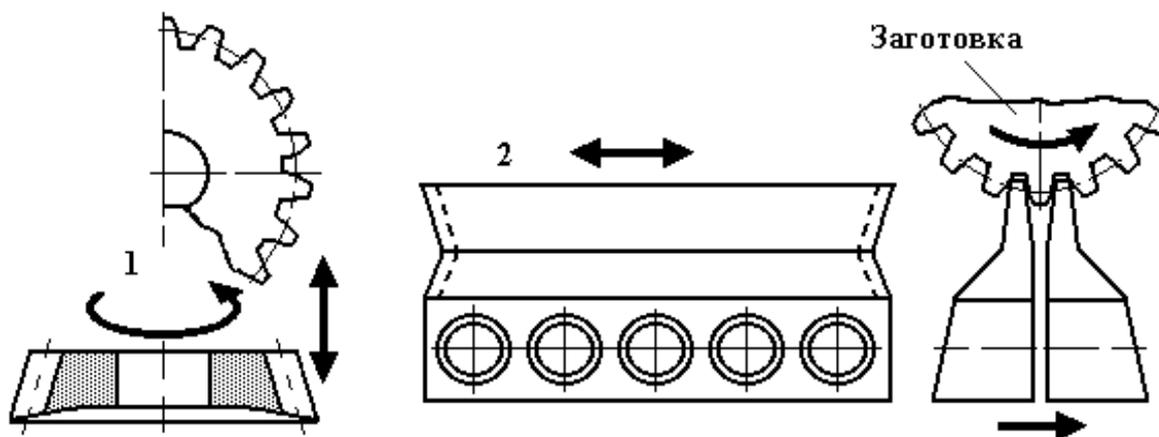


Рис. 4.6. Инструмент для зубонарезания по методу обкатки: 1 – зуборезный долбяк; 2 – зубострогальный резец

Зуборезный долбяк – закаленное и шлифованное зубчатое колесо, каждый зуб которого представляет собой режущую кромку с передним и задним углами. Долбяк используется для нарезания зубьев цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления на зубодолбежных станках. Это наиболее производительный и точный метод зубонарезания. Принцип метода: воспроизводится зубчатое зацепление двух колес – долбяка и заготовки, то есть они согласованно вращаются. Кроме вращения, долбяк совершает возвратно-поступательное главное движение резания. При нарезании цилиндрических колес с косыми зубьями используют косозубые долбяки с тем же углом наклона зубьев. При этом долбяку сообщают дополнительное возвратно-вращательное движение.

Зубострогальные резцы применяют для изготовления прямозубых конических колес на зубострогальных станках. Принцип нарезания: воспроизводится зубчатое зацепление двух конических колес, одно из которых плоское. Плоское колесо представляет собой кольцевую рейку, у которой профиль зубьев прямолинейный. Это позволяет заменить производящее колесо двумя зубострогальными резцами в люльке, совершающими возвратно-поступательное движение. Согласованное вращение заготовки и люльки с резцами является движением обкатки.

Кроме указанных, для изготовления зубчатых колес применяют и другие режущие инструменты более сложных конструкций [1, 2, 3, 4].

Инструмент для отделочной обработки зубьев зубчатых колес

Зубчатые колеса, к которым предъявляются повышенные требования в отношении точности и шероховатости рабочих поверхностей, после зубонарезания или термической обработки подвергаются отделочной обработке. Существует ряд методов отделки боковых поверхностей зубьев шестерен, из которых наиболее распространенным является шевингование.

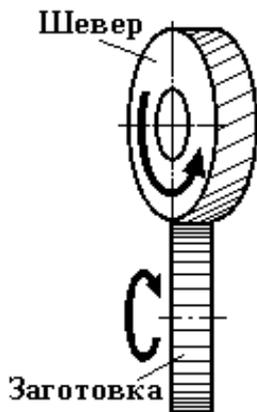


Рис. 4.7. Схема шевингования

Шевингование – это лезвийный способ обработки, в отличие от абразивных способов отделки зубьев: зубошлифования, зубохонингования и притирки. Режущий инструмент – шевер – срезает с боковой поверхности зубьев заготовки очень тонкую стружку. Обработка ведется на специальных шевинговальных станках. Шевер представляет собой косозубое колесо, на боковых поверхностях зубьев которого нанесены узкие канавки, образующие режущие кромки. Колесо-заготовка и шевер обкатываются, как цилиндрическая винтовая пара со скрещивающимися осями при значении угла между осями в $10...15^\circ$ (рис. 4.7). Благодаря этому на боковой поверхности зубьев возникает проскальзывание, обеспечивающее срезание тончайшей стружки. Шевингованием обрабатывают незакаленные зубчатые колеса [1, 2, 3, 4].

Основные углы заточки лезвийного инструмента

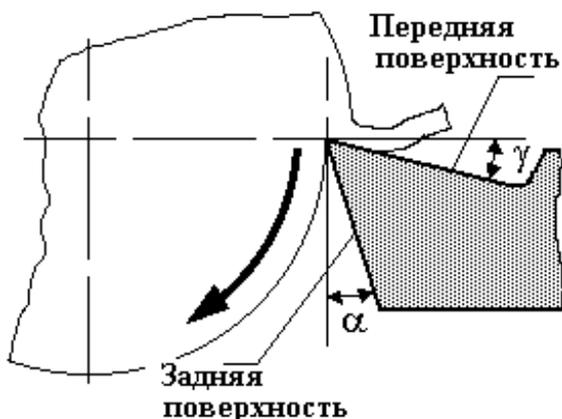


Рис. 4.8. Основные углы заточки токарного резца

Токарный резец любого типа имеет несколько углов заточки, однако основными из них, оказывающими наибольшее влияние на процесс резания, являются передний γ и задний α углы (рис. 4.8). Они измеряются в одной плоскости, так называемой главной секущей, которая проводится перпендикулярно проекции главной режущей кромки (той, что режет металл) на основную (горизонтальную) плоскость [1, 2, 3, 4].

Передний γ и задний α углы – это основные углы заточки режущих кромок у любого вида лезвийного инструмента. Передний угол γ – это угол заточки передней поверхности. Отличительной особенностью передней поверхности всегда является то, что

по ней сходит стружка. Задний угол α – угол заточки задней поверхности, которая вместе с передней поверхностью образует режущий клин резца, зуба сверла, фрезы, протяжки и т. д.

На рис. 4.9 изображены передний и задний углы заточки зубьев сверла, цилиндрической фрезы, круглой протяжки.

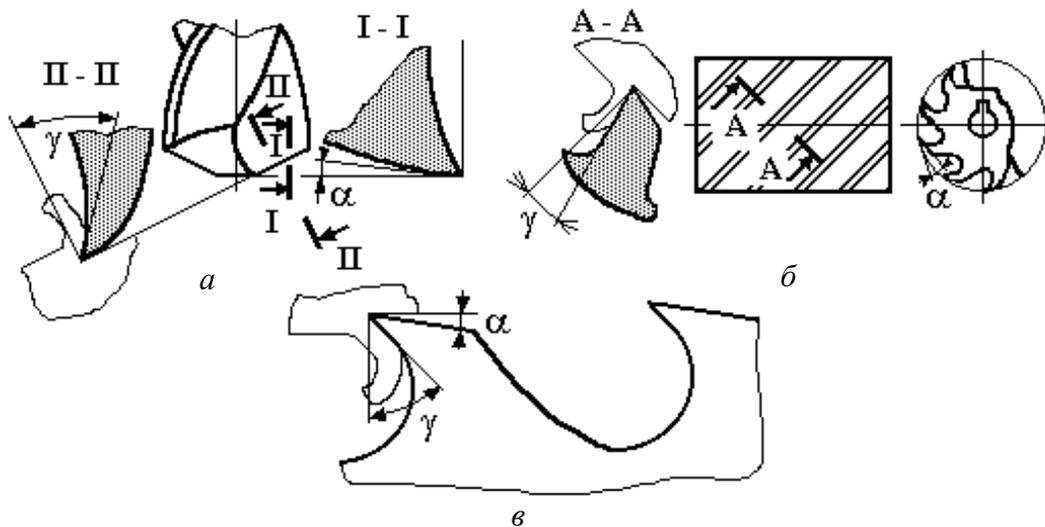


Рис. 4.9. Передний и задний углы заточки зубьев многозубого лезвийного инструмента: *а* – спирального сверла; *б* – цилиндрической фрезы; *в* – круглой протяжки

С увеличением угла γ уменьшается деформация срезаемого слоя, так как инструмент легче врезается в металл, снижаются требуемое усилие резания и расход мощности. Качество обработанной поверхности улучшается. Однако чрезмерное увеличение угла γ приводит к ослаблению лезвия, уменьшению его прочности, быстрому износу и выкрашиванию. Угол α необходим, чтобы уменьшить трение резца о заготовку. Его чрезмерное увеличение приводит к тем же отрицательным последствиям, что и увеличение угла γ .

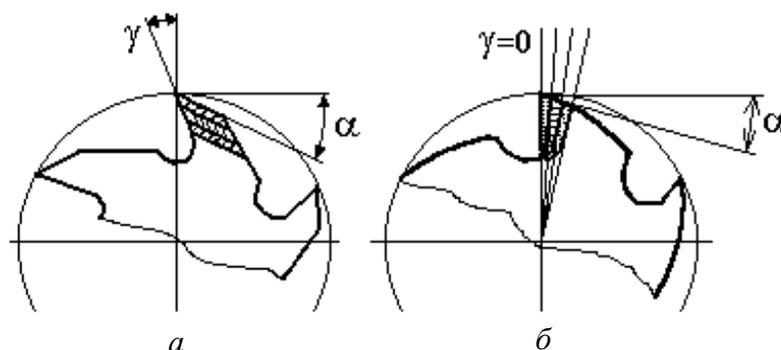


Рис. 4.10. Типы зубьев фрез: *а* – остроконечные зубья; *б* – затылованные зубья

Фрезы могут иметь остроконечную или затылованную форму зуба. Остроконечный зуб имеет плоские переднюю и заднюю поверхности. У затылованного зуба передняя поверхность плоская, а задняя выполнена по спирали Архимеда на специальных токарно-затыловочных станках.

Остроконечные зубья перетачивают по задней поверхности (рис. 4.10, *а*). Фрезы с такими зубьями проще в изготовлении, более стойки, обеспечивают получение менее шероховатой поверхности, однако при переточке профиль зуба не сохраняется.

Передний угол затылованных зубьев обычно берут равным 0° , в этом случае их перетачивают по передней поверхности в радиальном направлении (см. рис. 4.10, *б*). Профиль зуба при этом сохраняется, поэтому с затылованными зубьями изготавливают фасонные фрезы [1, 2, 3, 4].

Абразивные режущие инструменты

Абразивным инструментом называется тело определенной геометрической формы, состоящее (или содержащее рабочий слой) из абразивных зерен, скрепленных между собой связкой. К абразивным инструментам относятся шлифовальные круги, шлифовальные головки, бруски, сегменты, абразивные ленты [1, 2, 3, 4].

Достоинства абразивных инструментов: высокая точность обработки, низкая шероховатость обработанной поверхности, возможность обработки твердых материалов и закаленных металлов.

Недостатки: снижение эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей вследствие больших растягивающих напряжений, прижогов и шаржирования обработанной поверхности абразивными отходами. Чтобы уменьшить отрицательное влияние указанных факторов, обработку ведут при малой глубине резания, с обильной подачей охлаждающей жидкости в зону резания [1, 2, 3, 4].

Шлифовальные круги

Из всех видов абразивного инструмента шлифовальные круги наиболее распространены. Они представляют собой тела вращения различного профиля [1, 2, 3, 4]. Насчитывается 17 видов шлифовальных кругов. Они приведены на рис. 4.11.

В зависимости от формы и назначения круги бывают плоские прямого профиля (ПП, наиболее распространены), плоские с цилиндрическими и коническими выточками (ПВ, ПВД, ПВК, ПВКД), плоские с двух- и одно-сторонним коническим профилем (2П, 3П, 4П), в виде дисков (Д),

колец (1К, 2К), чашек цилиндрических (ЧЦ) и конических (ЧК), тарелок с различным углом профиля (1Т, 2Т, 3Т). Также применяют круги специального назначения (С, И, Кс, М).

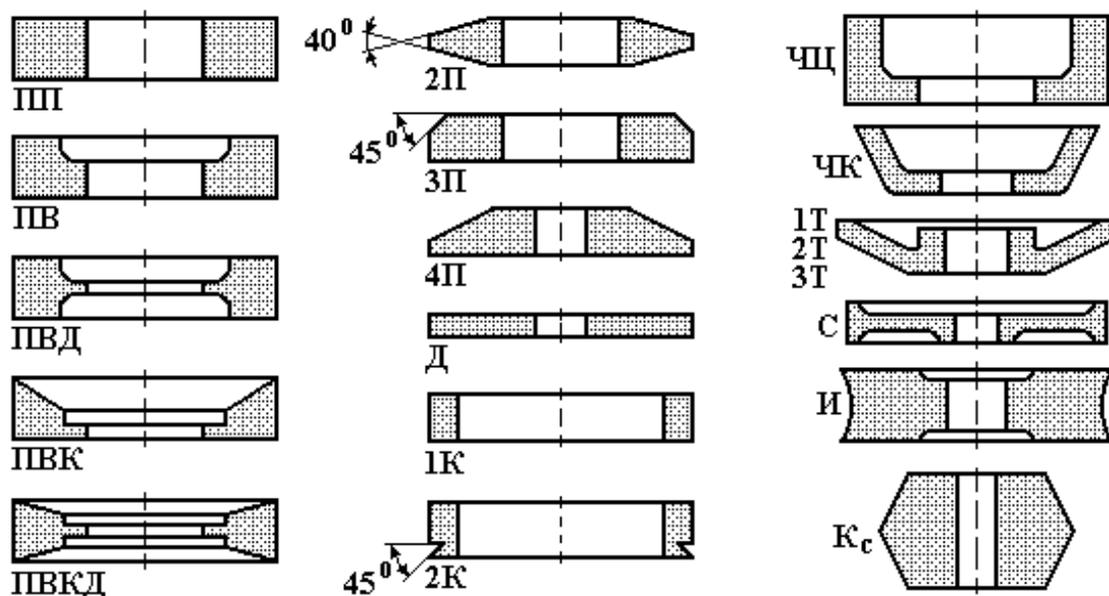


Рис. 4.11. Шлифовальные круги

Круги ПП и ПВ используются для круглого наружного, внутреннего, бесцентрового и плоского шлифования. Цилиндрические выточки с одной или с двух сторон (ПВ, ПВД) делают тогда, когда зажимные фланцы могут помешать подводить круг к зоне шлифования. Конические выточки у плоских кругов ПВК и ПВКД служат для уменьшения площади контакта боковой поверхности круга с заготовкой при шлифовании буртиков, что уменьшает тепловыделение и улучшает качество шлифуемой поверхности. Плоские круги с коническим профилем (2П, 3П, 4П) применяют при ограниченном пространстве в зоне шлифования для заточки многолезвийных инструментов [1, 2, 3, 4].

Диски (Д) изготавливают тонкими 0,5–5 мм, диаметром 80–500 мм и используют для разрезания заготовок, прорезания канавок и шлифования глубоких пазов. Кольца (1К и 2К) применяют для плоского шлифования. К планшайбе шлифовального станка их крепят цементирующим веществом. Форма 2К обеспечивает более надежное крепление. Круги ЧЦ и ЧК используются для заточки инструментов и для плоского шлифования. Тарелки 1Т, 2Т, 3Т применяют для заточки режущих инструментов, когда свободное пространство в зоне шлифования резко ограничено: 1Т – для заточки передней поверхности зубьев фрез, 2Т – для заточки червячных фрез, более узкие 3Т – для шлифования долбяков и цилиндрических зубчатых колес.

Специальные круги имеют наименование в соответствии с родом работы: С – для шлифования калибровых скоб, И – для заточки иголок, К_с – для заточки ножей косилок, М – для разрезания минералов.

Шлифовальные головки

Шлифовальными головками называют шлифовальные круги малых размеров [1, 2, 3, 4]. Существует семь разновидностей шлифовальных головок, основные из которых приведены на рис. 4.12.

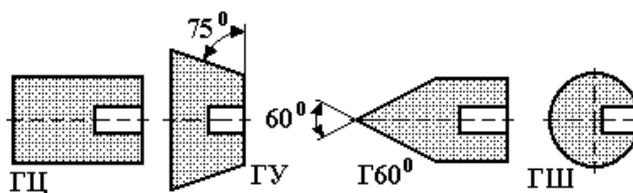


Рис. 4.12. Шлифовальные головки

Их применяют для внутреннего шлифования, а также для обработки фасонных поверхностей и снятия заусенцев. На шпинделе станка головку закрепляют при помощи резьбовой шпильки. На другом конце шпильки имеет насечку, которая входит в глухое отверстие головки и фиксируется клеящим веществом.

Шлифовальные сегменты

Шлифовальные круги больших размеров делают сборной конструкции, состоящими из нескольких сегментов. Сегменты зажимают в гнездах патрона, который крепится на шпинделе станка. После закрепления сегменты образуют прерывистую плоскую кольцевую поверхность. Изготавливают сегменты различной формы: плоские, выпукло-вогнутые и т. д. На рис. 4.13 показаны основные разновидности шлифовальных сегментов.

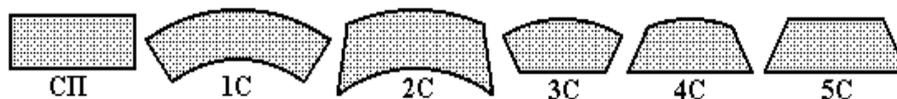


Рис. 4.13. Шлифовальные сегменты

Различная форма и размеры сегментов обусловлены существующими конструкциями корпусов для их крепления. Сегментные круги применяют для плоского торцового шлифования деталей больших размеров.

Абразивные бруски, ленты и шкурки. Алмазные круги

Брусками называют абразивный инструмент, имеющий по длине одинаковый профиль. Бруски изготавливают квадратными, плоскими, трехгранными, круглыми, полукруглыми диаметром 2–90 мм и длиной до 200 мм. Их применяют для слесарных работ, для хонинговальных и суперфинишных головок [1, 2, 3, 4].

Ленты и шкурки – абразивный инструмент, представляющий собой тонкую гибкую основу с закрепленным на ней слоем абразивного зерна. Основа – металлическая лента, тканевое или бумажное полотно. Закрепление абразивных зерен производится мездровым клеем, техническим казеином, лаком ЯН-153 или синтетическим лаком ПФШ-4. Шлифование лентами выполняется на специальных станках, шкурками – на станках и вручную.

Алмазные круги выпускают 16 типов. Их формы и обозначения те же, что и абразивных кругов, только впереди ставятся буквы: А – для природных алмазов и АС – для синтетических алмазов, например, АПП, АЧК, АСПП, АСЧК и т. д. Толщина алмазоносного слоя на круге 1–5 мм.

Маркировка шлифовальных кругов

Маркировка включает в себя основные характеристики круга [1, 2, 3, 4]. Например, маркировка ПП–500×50×305–14А–25–С2–7–К5–35 м/с расшифровывается следующим образом:

ПП – форма круга (плоский прямой профиль, см. рис. 4.11).

500×50×305 – габаритные размеры круга (наружный диаметр 500 мм, внутренний посадочный диаметр 305 мм, ширина круга 50 мм).

14А – вид абразивного материала (электрокорунд нормальный марки 14А). В качестве абразивного материала может использоваться электрокорунд нормальный (марок 12А ... 16А), электрокорунд белый (марок 22А ... 25А), легированный электрокорунд (марок 32А ... 34А, 37А, 38А), монокорунд (марок 43А ... 45А), карбид кремния черный (марок 52С ... 55С), карбид кремния зеленый (марок 62С ... 64С), природные и синтетические алмазы (марок АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС, АСМ, АСН), эльбор и другие материалы.

25 – зернистость шлифовального круга (номер 25, шлифзерна, размер зерен основной фракции 250 мкм). Зернистость характеризует крупность зерен. Существует 26 номеров зернистости для всех абразивных материалов, кроме алмазов. Размер абразивных зерен и их обозначение приведены в табл. 4.1. Для алмазных зерен принято другое обозначение зернистости в виде дроби, в которой числитель соответствует наибольшему, а

знаменатель – наименьшему размеру основной фракции зерен в мкм. Размер алмазных зерен и их обозначение приведены в табл. 4.2.

Т а б л и ц а 4.1. Размер абразивных зерен и их обозначение

Интервал номеров	200...16	12...3	M40...M5
Размер зерен основной фракции, мкм	2 000...160	125...28	40...3
Название зерен	Шлифзерна	Шлифпорошки	Микропорошки

Т а б л и ц а 4.2. Размер алмазных зерен и их обозначение

Интервал размеров зерен, мкм	От 630/500 до 50/40	От 60/40 до 1/0
Название зерен	Шлифпорошки	Микропорошки

C2 – степень твердости круга (средний класс твердости). Под твердостью абразивного инструмента понимают сопротивление связки вырыванию абразивных зерен внешней силой. Установлено 7 классов твердости, которые приведены в табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3. Твердость абразивного инструмента

Класс твердости	Обозначения
Мягкий	M1, M2, M3
Среднемягкий	CM1, CM2
Средний	C1, C2
Среднетвердый	CT1, CT2, CT3
Твердый	T1, T2
Весьма твердый	BT1, BT2
Чрезвычайно твердый	CT1, CT2

7 – номер структуры (объемное содержание зерна в круге 48%). Структурой абразивного инструмента называют соотношение в процентах объемов, занятых в нем абразивными зернами, связкой и порами. Различают 12 основных номеров структур. Большой пористости круга отвечает больший номер. Объем связки при увеличении номера также возрастает. Основой системы обозначения структур является объемное содержание зерна в инструменте, которое приведено в табл. 4.4.

Т а б л и ц а 4.4. Структуры абразивного инструмента

Номер структуры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объемное содержание зерна, %	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38

Структуры № 1...4 называют закрытыми или плотными, № 5...8 – средними, № 9...12 – открытыми. При шлифовании на обычных скоростях (до 35 м/с) чаще используют круги с закрытыми структурами, на повышенных скоростях (35...50 м/с) – круги со средними структурами, при больших скоростях – с открытыми структурами [1, 2, 3, 4].

К5 – вид материала связки круга (керамическая связка марки К5). Связка может быть неорганической, органической и металлической. Из неорганических связок наиболее широко используются керамическая (К) и силикатная (С) связки. Из органических связок наиболее распространены бакелитовая (Б) и вулканитовая (В) связки. Бакелит – синтетическая смола. Вулканит – синтетический каучук, подвергнутый вулканизации. Также применяется глифталевая связка (ГФ), которая представляет собой синтетическую смолу, состоящую из глицерина и фталевого ангидрида. Металлические связки (М) состоят из металлической основы (порошки олова, алюминия, меди) и наполнителя. Они обычно применяются в алмазных кругах, так как прочнее удерживают зерна и позволяют полнее использовать режущие свойства алмазов [1, 2, 3, 4].

35 м/с – допустимая окружная скорость резания при шлифовании. Предельная скорость вращения круга зависит от вида абразивного материала и вида связки, обрабатываемого материала и характера обработки (вид шлифования, глубина резания, подача и т. д.). Она ограничивается в первую очередь прочностью круга на разрыв. На кругах диаметром более 150 мм обязательно должна быть указана предельная окружная скорость. Если на круге нет указания скорости, то для кругов на керамической и бакелитовой связках она не должна превышать 35 м/с, на вулканитовой связке – 40 м/с. Любой круг перед использованием должен быть испытан при скорости вращения в 1,5 раза выше предельной.

Балансировка и правка шлифовальных кругов

Если в процессе шлифования масса круга распределена неравномерно относительно оси вращения (неравномерная плотность материала в круге, отклонение от симметрии его формы), возникают вибрация станка, удары круга по детали, при этом возможен разрыв круга [1, 2, 3, 4].

Круги должны быть отбалансированы (центр масс круга должен находиться на оси шпинделя станка). Балансировка круга выполняется вместе с фланцами, при помощи которых он в дальнейшем будет закрепляться на станке.

Суть балансировки: круг с фланцами монтируют на балансировочной оправке и устанавливают на опорах так, чтобы он мог свободно вра-

щаться. Круг при этом поворачивается тяжелой частью вниз. Перемещением специальных грузиков, закрепленных на фланцах, неуравновешенность устраняется [1, 2, 3, 4].

Для восстановления режущих свойств круги подвергают правке: алмазным инструментом снимают внешний слой толщиной 0,01...0,03 мм. Достаточно крупный алмаз (0,5–2,5 карата) или алмазно-металлический карандаш из алмазной крошки закрепляют в специальной державке и его острой вершиной, как резцом, снимают наружный слой вращающегося круга.

Содержание отчета по лабораторной работе

В отчете должны быть представлены:

- эскизы токарных резцов (см. рис. 4.1), их название и назначение;
- эскизы фрез различных типов (см. рис. 4.2), их название и назначение;
- эскизы различных типов осевого инструмента (см. рис. 4.3), их название и назначение;
- эскизы различных типов резьбонарезного инструмента (см. рис. 4.4), их название и назначение;
- эскизы основных типов протяжек и прошивки (см. рис. 4.5), их название и назначение;
- эскизы инструментов для зубонарезания по методу обкатки (см. рис. 4.6), их название и назначение;
- схема шевингования (см. рис. 4.7), описание конструкции и назначения шевера;
- схемы основных углов заточки токарного резца (см. рис. 4.8), зубьев сверла, фрезы, протяжки (см. рис. 4.9);
- схемы заточки остrokонечного и затылованного зубьев фрезы (см. рис. 4.10), описание конструкции остrokонечного и затылованного зубьев;
- эскизы шлифовальных кругов (см. рис. 4.11), их название и назначение;
- эскизы шлифовальных головок (см. рис. 4.12), их назначение;
- эскизы шлифовальных сегментов (см. рис. 4.13), их назначение;
- описание конструкции и назначение абразивных брусков, лент и шкурок;
- расшифровка маркировки одного из шлифовальных кругов (по указанию преподавателя):
 1. Д–400×5×200–55С–12–М2–12–В4–45 м/с.
 2. ПВ–250×15×80–44А–200–ЧТ2–10–Б1–50 м/с.
 3. ЧЦ–200×30×100–62С–М40–СТ3–8–К1–20 м/с.
 4. Кс–100×60×30–22А–М7–ВТ2–11–М1–30 м/с.

5. 2П–550×65×300–16А–100–Т1–2–К2–38 м/с.
6. С–150×25×50–38А–М5–С1–7–В1–25 м/с.
7. И–220×75×90–54С–М10–М1–5–М2–65 м/с.
8. 2Т–120×22×95–63С–М28–СМ2–9–К3–40 м/с.
9. 1К–170×48×85–15А–125–М3–10–ГФ5–42 м/с.
10. ЧК–130×34×70–22А–32–СТ1–3–К5–56 м/с,
11. ПВКД–140×40×80–33А–80–ВТ2–6–С3–27 м/с.
12. АСПП–210×60×70–АСК–60/40–Т1–2–М1–50 м/с.
13. 3Т–130×24×65–45А–4–С2–4–С1–45 м/с.
14. АСПВКД–205×45×75–АСО–630/500–СМ2–5–М2–55 м/с.
15. Д–90×3×45–64С–М14–ВТ1–3–ГФ4–35 м/с.
16. АСИ–290×83×100–АСН–1/0–СТ1–10–М3–45 м/с.
17. Кс–120×90×35–32А–125–ЧТ1–8–К1–33 м/с.
18. С–480×225×55–52С–М50–СТ3–4–Б1–40 м/с.
19. 4П–145×25×85–23А–4–М3–1–В3–30 м/с.
20. АСЧЦ–165×65×75–АСМ–М40–С1–2–М2–50 м/с.

При расшифровке необходимо указать назначение шлифовального круга.

Библиографический список

1. Балла, О.М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.М. Балла. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2018. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99228>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана (дата обращения : 22.12.2018).

2. Балла, О.М. Инструментообеспечение современных станков с ЧПУ [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.М. Балла. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2017. – 200 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97677>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана (дата обращения : 22.12.2018).

3. Безъязычный, В.Ф. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении [Электронный ресурс] / В.Ф. Безъязычный, В.Н. Крылов, Ю.К. Чарковский, Е.В. Шилков. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2017. – 432 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93688>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана (дата обращения : 22.12.2018).

4. Производственное оборудование. Станки и инструменты : лабораторный практикум / сост. : Б.И. Калмин, В.В. Евстифеев, В.В. Акимов, М.С. Корытов, А.Ф. Мишу-ров. – Омск : СибАДИ, 2014. – 54 с.