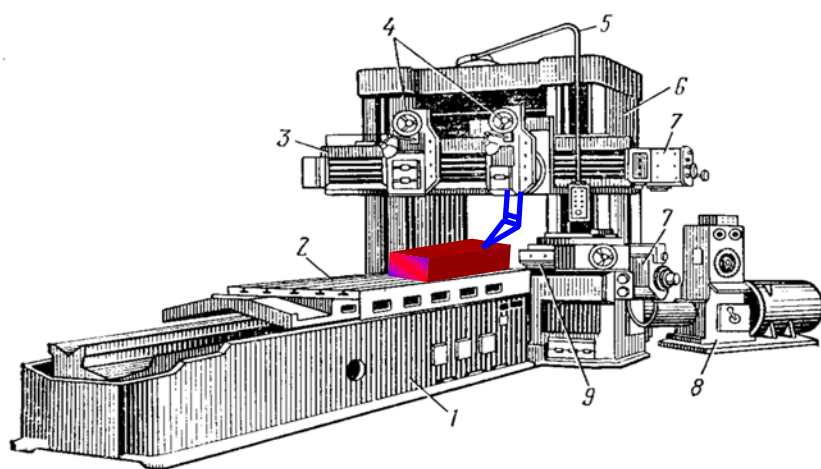


А.Г. Ткачев

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ



• Издательство ТГТУ •

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

А.Г. Ткачев

МАШИНЫ И
ОБОРУДОВАНИЕ

Курс лекций

Тамбов
Издательство ТГТУ
2003

УДК 681.7.053.42
ББК К5-5я73-2
Т484

Рецензенты:

Кандидат технических наук,
главный инженер ОАО "Тамбовский завод
"Комсомолец" им. Н.С. Артемьева"

В.А. Богуш

Доктор технических наук, доцент ТГТУ

М.А. Промтов

Ткачев А.Г.
Т484 Машины и оборудование: Курс лекций. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 108 с.
ISBN 5-8265-0261-4

В пособии дано описание конструкций, принципа работы и определение рабочих характеристик наиболее часто используемых на современных предприятиях машин - металлообрабатывающего оборудования.

Предназначено для студентов технических вузов экономических специальностей дневной, заочной и дистанционной форм обучения.

ISBN 5-8265-0261-4

© Ткачев А.Г., 2003
© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2003

Учебное издание

Ткачев Алексей Григорьевич

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Курс лекций

Редактор Т.М. Федченко
Компьютерное макетирование Е.В. Кораблевой

Подписано в печать 29.12.03
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Объем: 6,3 усл. печ. л.; 6,25 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 901^М

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Машины и оборудование» является составляющей частью комплекса инженерно-технологических дисциплин и базируется на ранее изученных предметах – «Инженерная графика», «Материаловедение», «Основы проектирования и конструирования».

Основную часть производственных процессов современной хозяйственной деятельности человека выполняют *машины*.

Машиностроение – ключевая отрасль экономики, в значительной степени определяющая производительность труда, качество продукции, темпы и уровень технического прогресса и обороноспособности страны.

Эффективное управление предприятием невозможно без овладения методикой экономического анализа инженерных решений. Это, в свою очередь, требует знания основных принципов функционирования современных *машин* и *оборудования*, *механизмов*, составляющих основу их конструкции.

Изучение дисциплины «Машины и оборудование» ставит своей *целью* ознакомление с основными средствами труда – *машинами* и *оборудованием* машиностроительного производства, их классификаций, назначением, основными элементами и технико-экономическими показателями.

Основное содержание данного пособия составляет описание конструкции, принципа работы и определение рабочих характеристик наиболее часто используемых на современных предприятиях *машин* – металлообрабатывающего оборудования. Учитывая, что модель специалиста (инженера-экономиста) не ставит своей задачей детальное изучение методов прочностного и кинематического расчета элементов конструкции *машин*, эти вопросы в данном пособии не рассматриваются.

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О МАШИНАХ, ОБОРУДОВАНИИ И МЕХАНИЗМАХ

Оборудование – составная часть технического оснащения производственного процесса изготовления продукции, к которой относятся аппаратурное оформление, трубопроводы и арматура, контрольно-измерительные инструменты и приборы, средства межоперационной транспортировки сырья, безопасности проведения технологических процессов и др.

Машины – устройства, содержащие совокупность согласованно движущихся звеньев и *механизмов*, предназначенные для преобразования энергии, материалов или информации.

Основное назначение *машин* и *оборудования* заключается в облегчении труда человека при производстве продукции, повышении производительности и качества изделий с заданными потребительскими свойствами.

1.1 Классификация машин

По назначению и характеру рабочего процесса *машины* делятся на:

а) *энергетические* (*машины-двигатели*), предназначенные для преобразования того или иного вида энергии в механическую работу (электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, холодильники и т.д.);

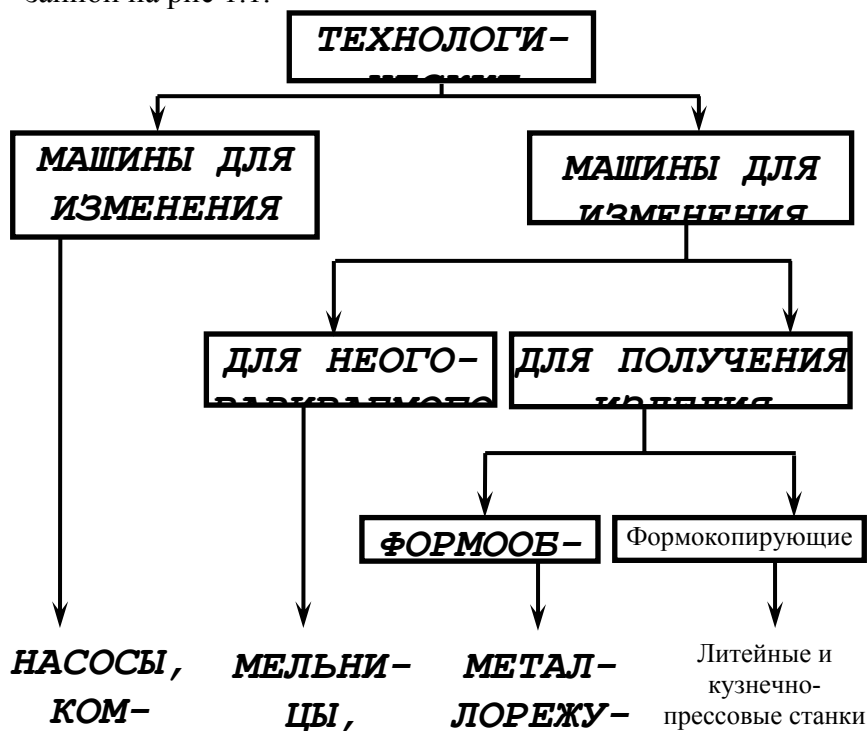
б) *преобразователи* (генераторы) – превращающие механическую энергию, полученную от *машины-двигателя*, в другой вид энергии (генераторы тока, турбины и т.д.);

в) *технологические* (*машины-орудия*, *рабочие машины*) использующие механическую работу, получаемую от *машин-двигателей* для изменения свойств, формы и состояния обрабатываемых объектов – твердых, жидких и газообразных (металлообрабатывающие станки, прокатные станы, сельскохозяйственные *машины*, ткацкие и типографские станки и т.д.);

г) *транспортные*, предназначенные для изменения положения и направления перемещения предметов и материалов (конвейеры, подъемные краны, насосы и т.д.);

д) *информационные* (компьютеры, механические интеграторы, программаторы и т.д.), предназначенные для преобразования информации.

По характеру выполняемой работы технологические *машины* разделяются согласно схемы, показанной на рис 1.1.



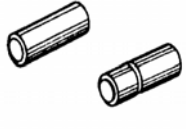





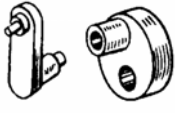

1 Рис. 1.1 Классификация технологических машин

В общем случае технологическая *машина* имеет следующие *функциональные системы*:

- корпус – основной базовый (несущий) конструктивный элемент *машины*, закрепляемый на фундаменте или другим способом;
- *исполнительные механизмы, рабочие органы которых выполняют необходимые для реализации заданного технологического процесса кинематические и силовые функции, производя полезную работу*;
- привод *машины*, двигатели и передаточные механизмы, преобразующие механические параметры двигателя в значения, необходимые для исполнительных механизмов;
- системы обогрева или охлаждения рабочей зоны *машины*;
- система смазки контактирующих (трущихся) поверхностей деталей *машины* (подшипники, шарниры и т.д.).

1.1 Основные классы деталей

Наименование класса	Подразделение деталей на группы и примеры деталей, входящих в состав класса		
Валы	гладкие	ступенчатые	пустотелые

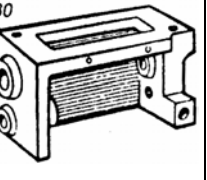
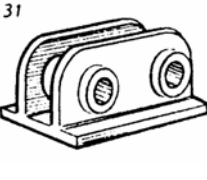
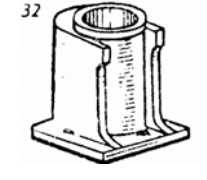
			
Втулки	<i>с гладкими отверстиями</i>	<i>со ступенчатыми отверстиями</i>	
			
Диски	<i>диски</i>	<i>кольца</i>	<i>колеса</i>
			
Эксцентрик-овые детали	<i>коленчатые валы</i>	<i>со смещенными отверстиями</i>	<i>со смещенными наружными поверхностями и отверстиями</i>
			
	<i>крестовины</i>	<i>арматура</i>	<i>поршни</i>
Крестовины			

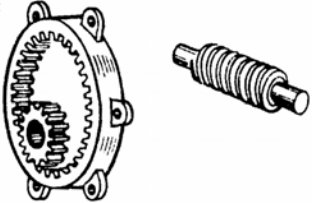
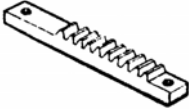


Продолжение табл. 1.1

Наименование класса	<i>Подразделение деталей на группы и примеры деталей, входящих в состав класса</i>		
Рычаги	<i>простые</i>	<i>сложные</i>	<i>шатуны</i>

	15 	16 	17 
Плиты	<i>без отверстий</i>	<i>с отверстиями</i>	<i>со сложной обработкой поверхности вращения</i>
	18 	19 	20 
Шпонки	<i>с постоянным прямоугольным сечением</i>	<i>с постоянным фигурным сечением</i>	<i>с переменным сечением</i>
	21 	22 	23 
Стойки	<i>без отверстий</i>	<i>с одним основным отверстием</i>	<i>с несколькими отверстиями</i>
	24 	25 	26 
Угольники	<i>без отверстий</i>	<i>с отверстием</i>	<i>со сложной токарной обработкой</i>
	27 	28 	29 

Продолжение табл. 1.1

Наименование класса	<i>Подразделение деталей на группы и примеры деталей, входящих в состав класса</i>		
	<i>бабки</i>	<i>блоки</i>	<i>цилиндры</i>
Бабки и блоки	30 	31 	32 
Зубчатые колеса и	<i>зубчатые колеса и червяки</i>		<i>зубчатые рейки</i>

<i>рейки</i>	33 	34 
<i>Фасонные кулачки</i>	35 	
<i>Мелкие крепежные детали</i>	36 	

Основные требования, предъявляемые к машинам любого класса при их проектировании и модернизации:

- увеличение мощности при тех же габаритных размерах;
- повышение скорости работы и производительности;
- повышение *коэффициента полезного действия* (кпд);
- автоматизация работы *машины*;
- стандартизация и типизация составных элементов *машины*;
- минимальная металлоемкость;
- снижение себестоимости изготовления при сохранении заданных технических и эксплуатационных показателей.

Машину изготавливают из отдельных *деталей* – элементарных частей, не имеющих составных элементов (болт, шпилька, шкив, зубчатое колесо и т.д.) и узлов – комплексов совместно работающих деталей, соединенных между собой в законченную сборочную единицу (подшипник качения, муфта и т.д.).

В современных *машинах* количество деталей исчисляется иногда десятками и сотнями тысяч. Например, современный самолет имеет более миллиона деталей. Все детали, из которых собираются различные *машины*, отличаются друг от друга формой, размерами, материалами, назначением и т.п.

Среди этого многообразия деталей можно выделить такие, которые в различных *машинах* и *механизмах* выполняют одно и то же назначение. Например, болт, служащий для соединения деталей, а вал – для передачи вращения от одной детали к другой.

Такие детали, которые входят в состав самых различных *машин* и выполняют одну и ту же функцию, называются *деталью общего назначения*.

В табл. 1.1 приведены основные классы деталей, объединенные единством назначения, конструктивной формы и технологических методов их изготовления.

1.2 Основные требования, предъявляемые к деталям и узлам машин

Требования, которым должны отвечать отдельные элементы конструкции *машины*, определяются в первую очередь условиями ее работы (температура, давление, действующие нагрузки, агрессивность среды, точность изготовления и др.) в режиме эксплуатации.

Работоспособность *машины* зависит от выполнения следующих требований:

• **Прочность** – свойство детали в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать приложенные к ней нагрузки.

В большинстве случаев под нарушением прочности понимают не только разрушение, т.е. нарушение сплошности материала, но и возникновение пластических (необратимых) деформаций.

Наиболее распространенным методом оценки прочности деталей машин является сравнение расчетных или рабочих напряжений, возникающих в деталях под действием нагрузок, с допускаемыми значениями для данного материала.

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (1.1)$$

1.1 Условие прочности выражается

$$\tau \leq [\tau], \quad (1.2)$$

где τ , σ – расчетные касательные и нормальные напряжения в наиболее опасной точке (сечении) детали; $[\sigma]$, $[\tau]$ допускаемые напряжения.

• **Жесткость** – способность деталей сопротивляться изменению их формы под действием нагрузок (внешних сил, нагреванию, охлаждению и т.д.), т.е. деформироваться. Жесткость детали увеличивается по мере увеличения ее габаритов и прочности материала.

$$\gamma = \frac{P}{Y}, \quad (1.3)$$

1.1.1 Численно жесткость

где P – сила, действующая на деталь; Y – перемещение (деформация) под действием этой силы.

Величина обратная жесткости называется податливостью.

• **Деформация** – изменение относительного положения частиц тела. Различают *упругую* деформацию, исчезающую после снятия нагрузки и *пластическую*, остающуюся после устранения воздействия на деталь.

• **Износостойкость** (износоустойчивость) – сопротивление деталей *машин* и других трущихся изделий изнашиванию, т.е. разрушению поверхностных слоев материала при трении. Результат процесса изнашивания – *износ*.

Износоустойчивость оценивается при эксплуатации или в результате испытаний на стенде на длительность работы до достижения предельного значения износа.

Износ деталей уменьшается путем:

- компенсации износа конструктивными методами, например, упругим поджатием трущихся деталей;
- равномерного распределения усилия по поверхностям контакта;
- создания при проектировании изделия условий, гарантирующих жидкостное трение (трение зубчатых пар в редукторе);
- подбора материалов с хорошими антифрикционными характеристиками;
- соблюдения заданных параметров состояния (шероховатость, погрешность формы, твердость и т.д.) при изготовлении деталей;
- нанесения на трущиеся поверхности соответствующего покрытия, например, внедрения в материал присадочных элементов, снижающих трение (графит, цветные металлы, пластмассы и т.д.);
- соблюдения режимов смазки и защиты трущихся поверхностей от абразивных частиц (масляные фильтры и принудительная смазка узлов трения в автомобилях).

• **Теплостойкость** – способность деталей сохранять нормальную работоспособность в заданных пределах температурного режима, вызываемого рабочим процессом *машины* и трением в ее *механизмах*. Нагревание деталей может вызвать:

- явление ползучести, т.е. медленного нарастания пластических деформаций. Для сталей она существенна только при температуре больше 300 °С;
- снижение защитных свойств смазки, а следовательно, увеличение трения;
- изменение зазоров в сопряженных деталях, т.е. заклинивание;
- **появление микротрещин для деталей, работающих в условиях знакопеременной нагрузки.**

Кроме этих основных требований от деталей и узлов машин также требуются:

- 1) коррозионная стойкость, для чего используют коррозионно-стойкие стали, цветные металлы и сплавы, покрытия (никелирование, хромирование, лужение, эмалирование, покраска и т.д.);
- 2) минимальная масса деталей при обеспечении остальных функциональных требований. Особенно это важно в отрасли самолетостроения, ракетостроения и некоторых других;
- 3) технологичность конструкции и простота изготовления. Под этим понимается простота компоновки и совершенство формы конструкции, позволяющих изготавливать *машины* с наименьшими затратами на изготовление и минимальными издержками при эксплуатации;
- 4) экономичность при выборе материалов, для чего используют, например, биметаллы;
- 5) транспортабельность, т.е. удобство переноски и перевозки *машины*, которая решается наличием у изделий элементов (колец, отверстий, рым – болтов) для крепления при транспортировке. Способствует выполнению этого требования возможность сборки крупногабаритных *машин* на месте эксплуатации;
- 6) соответствие изделий требованиям стандартов и принципам унификации элементов *машины*. Это способствует взаимозаменяемости деталей и узлов, что повышает производительность сборки и ремонтпригодность *машины*;
- 7) эргономичность машины, т.е. удобство ее эксплуатации человеком (обзорность, удобство расположения рабочих органов и т.д.);
- 8) эстетичность *машины*, т.е. красота формы внешних очертаний, окраска и т.д.;
- 9) **экономичность машины за счет оптимального конструирования, технологии изготовления и эксплуатации.**

1.3 Структура и классификация механизмов

Современный машинный агрегат состоит, как правило, из следующих основных элементов:

двигатель (Д) – передаточный механизм (ПМ) – рабочая машина (РМ) – регулятор (Р) (рис. 1.2).

Устройство для приведения в действие *машины* (Д + ПМ + Р) называется *привод*.

Составной частью любой *машины* является *механизм* – система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемое движение других твердых тел.

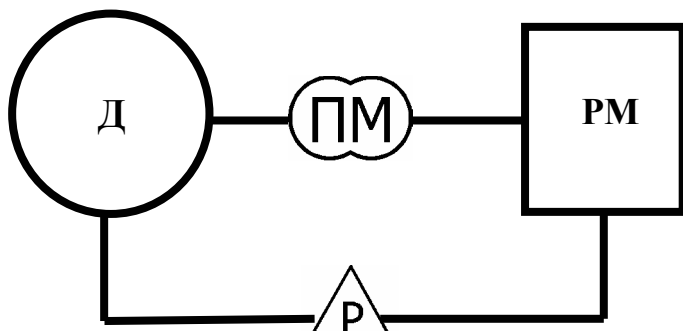
По структурно-конструктивным признакам различают *механизмы*: шарнирные (рычажные), кулачковые, зубчатые, клиновые, винтовые, фрикционные, с гидравлическими, пневматическими и электрическими устройствами и т.д. Отдельные элементы *механизмов* называются *звенья*.

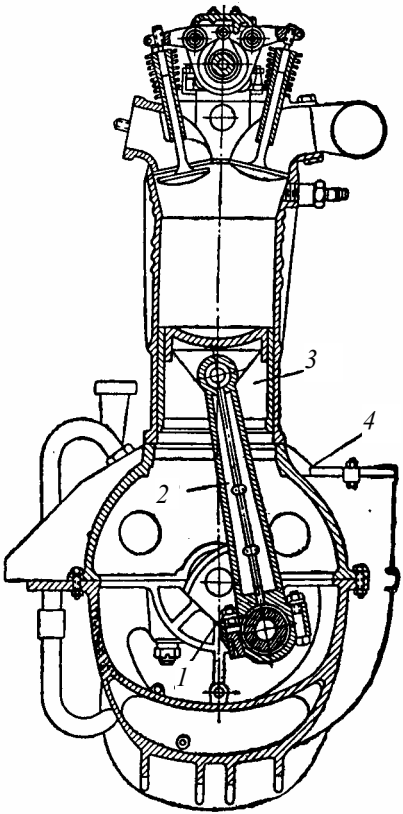
Звено механизма – совокупность деталей, входящих в состав *механизма* и не имеющих между собой относительного движения.

Звенья, в зависимости от вида материала из которого они изготовлены подразделяют на: 1) *жесткие*; 2) *гибкие*, противодействующие только силам растяжения; 3) *жидкие* и *газообразные*, противодействующие только сжатию.

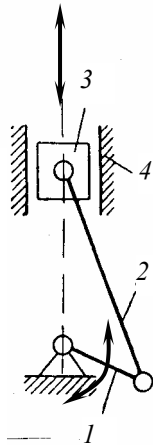
Примеры: жесткие – детали или неподвижно соединенные несколько деталей; **гибкие** – канаты, цепи и др.; **жидкие** – масло в гидравлическом прессе; **газообразные** – воздух в компрессоре.

Совокупность двух звеньев подвижно соединенных между собой, т.е. имеющих возможность относительного движения называется **кинематической парой**.





агрегата



2 Рис. 1.3 Схема кривошипно-шатунного механизма и его конструкция

На рис. 1.3 в качестве примера показана кинематическая схема кривошипно-шатунного механизма (двигатель внутреннего сгорания).

Данный механизм служит для преобразования вращательного движения коромысла 1 через шатун 2 в поступательное движения ползуна 3 по направляющим 4 (1, 2, 3, 4 – звенья механизма).

В конструкциях машин, механизмов и приборов встречается большое число различных кинематических пар, которые можно разделить по следующим признакам.

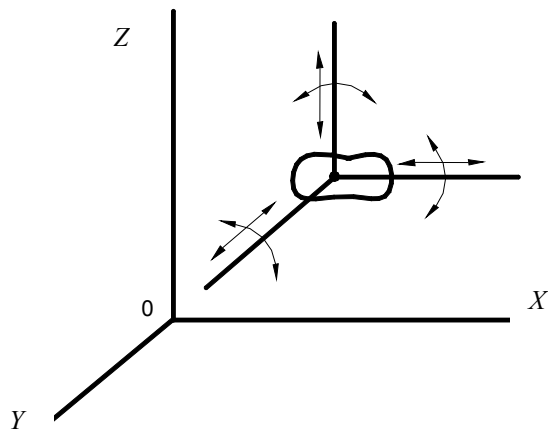


Рис. 1.4 Движения в трехмерном пространстве

А. Число простейших относительных движений, которых звенья лишаются при соединении их в кинематические пары.

Известно, что любое перемещение свободного тела в пространстве можно рассматривать как совокупность шести независимых движений: трех поступательных вдоль осей X, Y, Z, и трех вращательных относительно тех же осей (рис. 1.4).

Другими словами принято считать, что тело обладает шестью степенями свободы.

При подвижном соединении звеньев между собой теряется часть степеней свободы от одной до пяти. Поэтому все кинематические пары делятся на классы согласно числу степеней свободы (табл. 1.2).

Б. В зависимости от вида элементов кинематической пары различают:

- а) *низшие* кинематические пары, элементами которых являются поверхности (рис. 1.5);
- б) *высшие* кинематические пары, элементами которых являются точки и линии (рис. 1.6).

1.2 Классификация кинематических пар

Схема	Исключены относительные движения	отнятых относительных движений	Класс	элементы кинематической пары	Свойства обратимости
	Поступательное, параллельно оси Z	1	1	Точка	Не обратим

	Поступательное, параллельно оси Z	1	1	Точка	Не обратим
	Поступательное, параллельно оси Z и вращательное, относительно оси X	2	2	Линия	Не обратим
	Поступательное, параллельно оси Z , вращательное, относительно осей X, Y	3	3	Поверхность	Обратим
	Поступательные, параллельно осям X и Z , и вращательные, относительно осей X и Z	4	4	Поверхность	Обратим
	Поступательные, параллельно осям X и Z , и вращательные, относительно осей X, Y и Z	5	5	Поверхность	Обратим

Достоинством высших кинематических пар является возможность воспроизводить сложные относительные движения из-за большего числа степеней свободы.

В. *Кинематические пары также подразделяются на обратимые и необратимые.*

Свойство обратимости состоит в том, что при закреплении любого из звеньев, образующих пару, вид траектории, описываемой любой точкой другого звена не меняется.

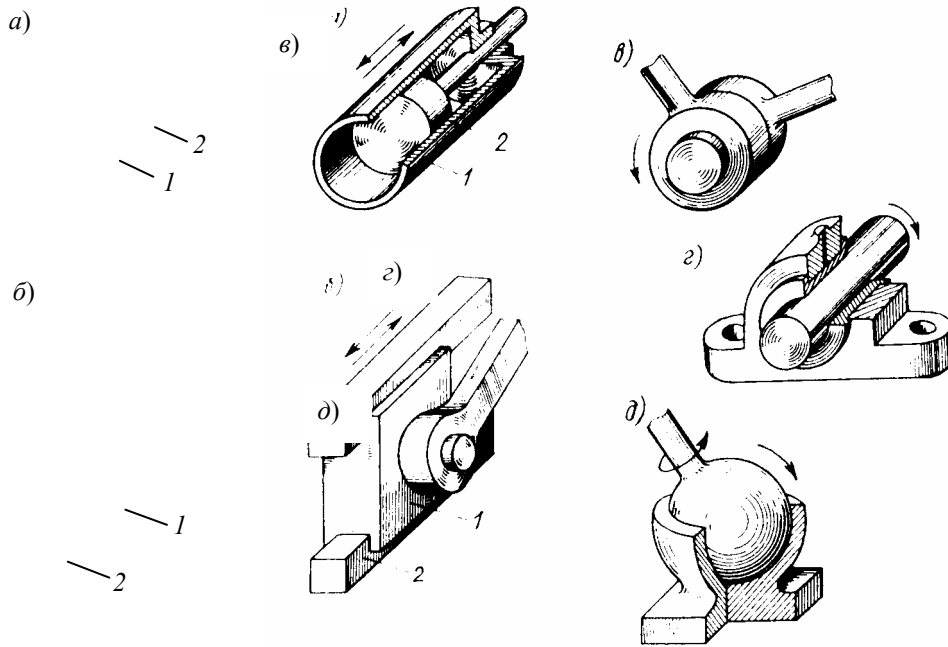
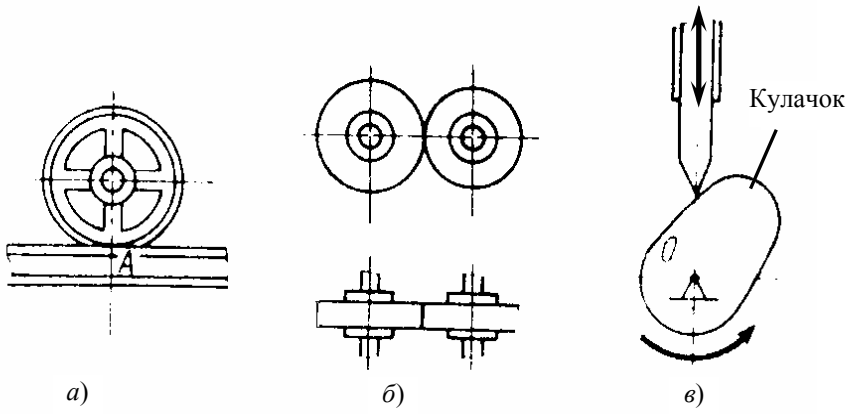


Рис. 1.5 Конструктивные варианты низших кинематических пар



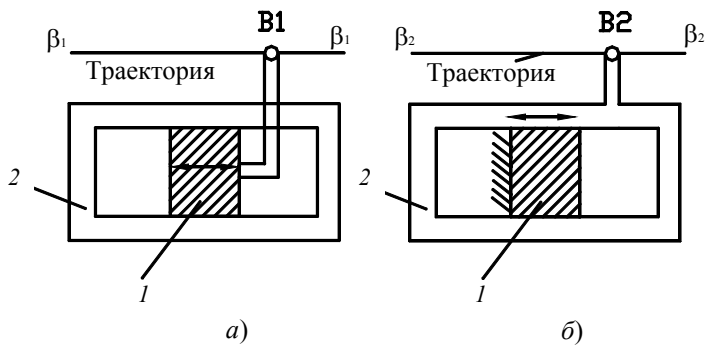


Рис. 1.7 Схема работы обратимого звена механизма:
 1 – ползун; 2 – рамка

Пример *обратимого* звена (рис. 1.7).

В первом случае (а) ползун 1 движется относительно рамки 2, а во втором (б) – рамка 2 относительно ползуна 1. Траектории $\beta_1 - \beta_1, \beta_2 - \beta_2$ в обоих вариантах одинаковы.

Пример *необратимого* звена (рис. 1.8).

Высшая кинематическая пара, состоящая из колеса 1 и рельса 2, имеет различную траекторию относительного движения ее элементов. Поэтому эта пара необратимая (а – колесо 1 вращается

Траектория 0 2

Вращательное во вращательное	<p>Двухвальный редуктор</p>	<p>Кулисный</p>
Вращательное в поступательное или наоборот	<p>Кривошипно-шатунный</p>	<p>Рейка с колесом</p>
Поступательное в поступательное	<p>Реечный</p>	<p>Эллипсографный</p>
Вращательное в сложное или наоборот	<p>Накатный ролик</p>	
Вращательное во вращательное	<p>Двухвальный редуктор Кулисный Накатный ролик</p>	
Вращательное в поступательное	<p>КРИВОШИП Рейка с колесом</p>	
Поступательное в поступательное	<p>Накатный ролик</p>	

движений звеньев механизма

5 Рис. 1.9 Примеры взаимного преобразования

Структура любого механизма предусматривает взаимное преобразование основных видов движения.

Г. В зависимости от характера преобразования движения механизмы делятся на 6 групп (рис. 1.9):

- 1) вращательное → вращательное;
- 2) вращательное → поступательное;
- 3) поступательное → поступательное;
- 4) вращательное → сложное (и наоборот);
- 5) поступательное → сложное (и наоборот);
- 6) сложное → сложное.

2 МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

2.1 Общие сведения о передаточных механизмах, классификация, кинематические и силовые отношения в передачах

Передаточный механизм (передача) – устройство, служащее для передачи энергии механического движения на расстояние и преобразования его параметров.

При помощи передачи решаются следующие основные задачи:

- понижение (реже повышение) скорости;
- ступенчатое или бесступенчатое регулирование скорости в широком диапазоне при постоянной мощности;
- **изменение направления движения, например, вращательного в поступательное и наоборот;**
- приведение в движение нескольких механизмов одним двигателем;
- осуществление реверсивного движения.

Передачи классифицируются по следующим группам.

● Механические:

- передачи с непосредственным соприкосновением звеньев: а) фрикционные; б) зубчатые; в) червячные; г) шарнирно-рычажные;
- передачи с помощью гибкой связи: а) ременные; б) цепные; в) канатные.

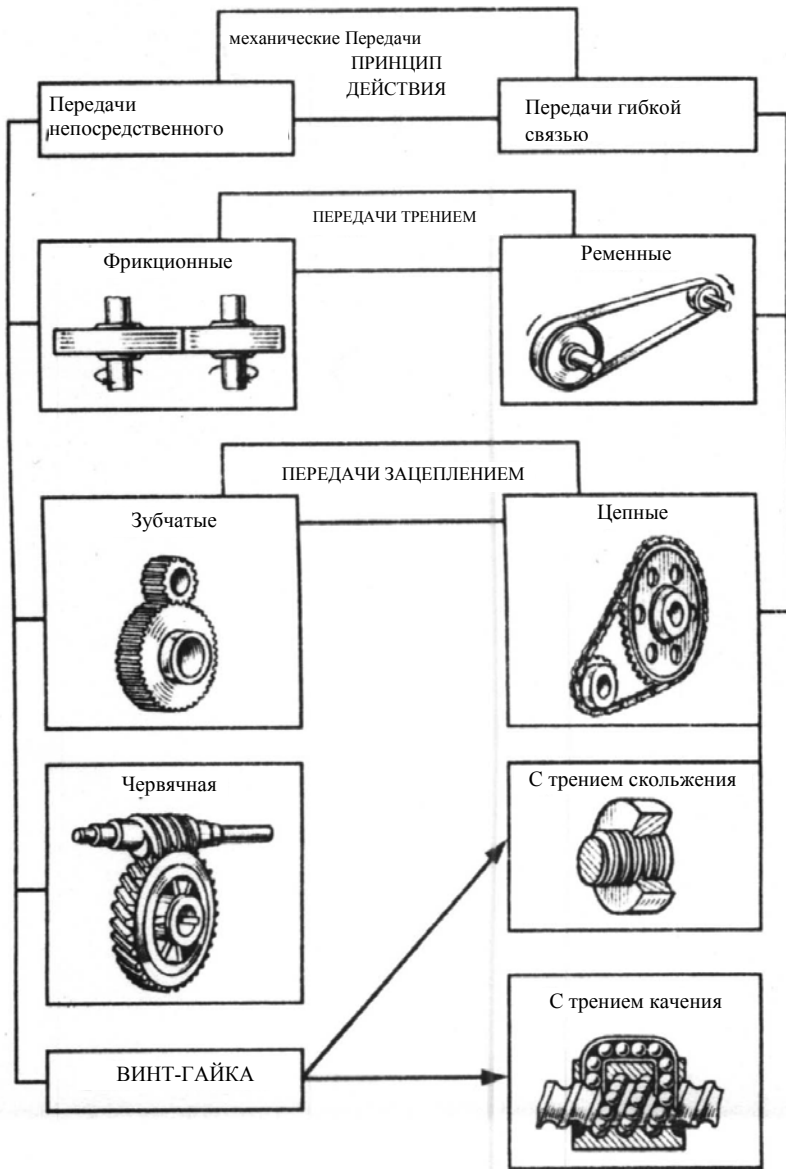
● Передачи с промежуточным звеном в виде жидкости или газа:

- гидравлические;
- пневматические.

● Электрические передачи или приводы:

- переменного тока;
- постоянного тока.

В данном курсе рассматриваются только *механические передачи*, так как именно они являются объектами общего машиностроения. На рис. 2.1 представлена классификация *механических передач*.



В механических передачах детали передач (шкивы, зубчатые колеса, катки и т.п.), сообщающие

6 **Рис. 2.1 Классификация механических передач**
 движение и передающие вращающий момент, называют *ведущими*. Детали, воспринимающие вращающий момент и получающие движение от *ведущих*, называют *ведомыми*.

Вращающий момент – мера внешнего силового воздействия на вращающееся тело, изменяющего угловую скорость вращения ($M = Fl$, где F – сила; l – плечо).

ω_1), окружные (v_1) скорости, диаметры вращающихся чисел, *ведомых* (ω_2, v_2, D_2) – четными. которых один будет *ведущим*, а второй *ведомым*

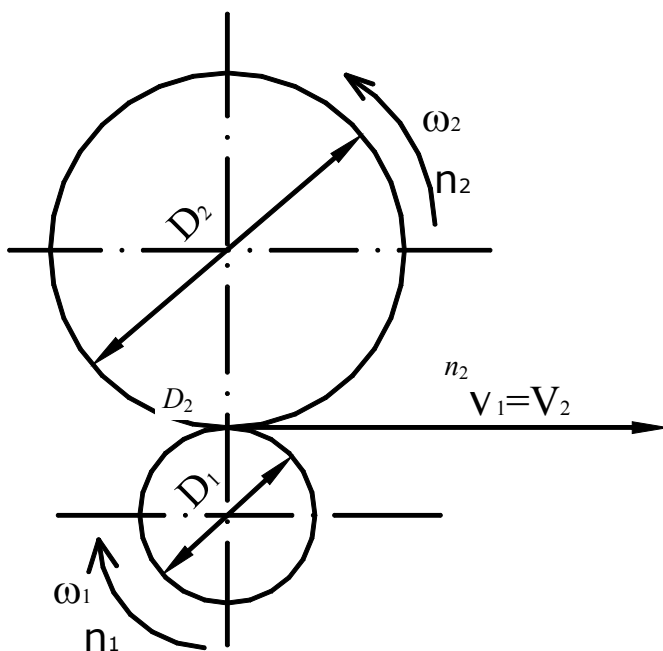


Рис. 2.2 Схема механической передачи:

ω_1, n_1 – угловая скорость (рад/с) и частота вращения (об/мин) ведущего вала; ω_2, n_2 – то же ведомого вала; D_1, D_2 – диаметры вращающихся деталей

(шкивов, катков и т.п.); v_1, v_2 – окружные скорости, (м/с)

Угловая скорость (ω_i) – векторная величина, характеризующая быстроту вращения твердого тела $\omega = d\varphi/dt$ (рад/с):

$$\omega = 2\pi\nu. \quad (2.1)$$

Частота вращения (n_i) – величина, равная отношению числа оборотов, совершенных телом, ко времени вращения (об/мин, об/с, s^{-1}).

Отношение угловых скоростей двух $v_1 = v_2$ *щего к ведомому называют передаточным числом*

$$D_1 \quad i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}. \quad (2.2)$$

Отношение угловых скоростей двух любых валов, не зависящего от направления силового потока называют *передаточным отношением*

$$n_1 \quad i_{1-2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad i_{2-1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{i_{1-2}}. \quad (2.3)$$

Передаточное число (i) – принимает положительное значение при одинаковом направлении вращения звеньев и отрицательное – при разных направлениях.

Учитывая, что окружные скорости при работе передачи должны быть равны

$$v_1 = v_2 \quad \text{или} \quad \frac{D_1\omega_1}{2} = \frac{D_2\omega_2}{2} \quad (2.4)$$

получаем

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}. \quad (2.5)$$

Для зубчатой передачи

$$i = \frac{z_2}{z_1}, \quad (2.6)$$

где z_1 – число зубьев *ведомого* колеса; z_2 – число зубьев *ведущего* колеса.

Таким образом

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{z_2}{z_1}. \quad (2.7)$$

Если $i > 1$, то передачу называют *понижающей*; если $i < 1$, то передачу называют *повышающей*.

Если механический привод состоит из n передач, то число валов передач равно $n + 1$.

Передаточное число привода, состоящего из нескольких передач, равно произведению передаточных чисел каждой ступени передачи

$$i_{\text{общ}} = i_1 i_2 \dots i_n. \quad (2.8)$$

Передача мощности от ведущего вала к ведомому всегда сопровождаются потерей части передаваемой мощности из-за наличия вредных сопротивлений (трения в движущихся частях, сопротивления воздуха, смазки и др.).

Таким образом

$$N_1 > N_2,$$

где N_1 – мощность на ведущем валу; N_2 – мощность на ведомом валу.

Отношение

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.9)$$

есть механический коэффициент полезного действия (кпд), который колеблется от долей процента до 100 %.

Общий кпд многоступенчатой последовательно соединенной передачи $\eta_{\text{общ}}$

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n, \quad (2.10)$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – кпд, учитывающий потери в отдельных кинематических парах передачи.

Следует отметить, что передачи служат не только для преобразования скоростей и передачи энергии, но и для преобразования вращающих моментов

$$M_2 = M_1 i \eta. \quad (2.11)$$

Принимая $\eta \approx 1$ можно сделать вывод, что вращающий момент на ведомом валу (грубо) увеличивается в i раз для понижающих передач и уменьшается в i раз на повышающих передачах.

Выбор механической передачи для конкретного изделия зависит от технологических требований, предъявляемых к конкретной машине. Например, постоянство передаточного числа, бесступенчатость, регулирование, кпд, вес, стоимость и т.д.

Существенный фактор выбора – сравнительные габариты передачи в одном масштабе (рис. 2.3).

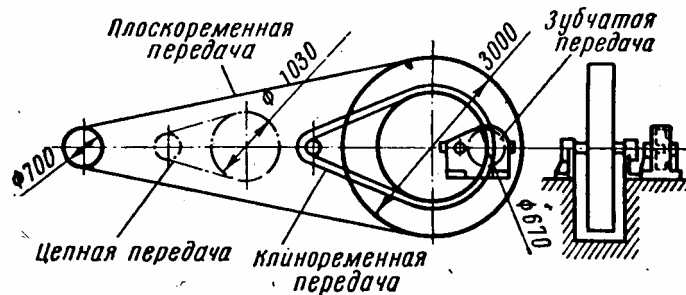
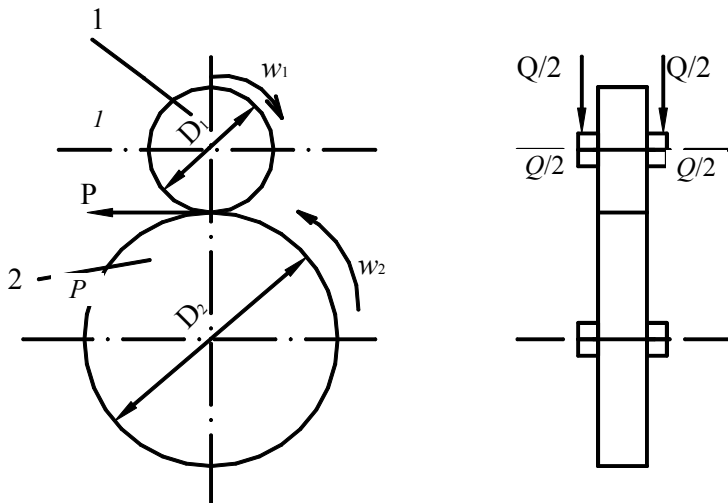


Рис. 2.3 Сравнительные габариты различных механических передач при одинаковой мощности $N=100$ кВт и передаточном отношении $i=4$

2.2 Фрикционные передачи

ФРИКЦИОННАЯ ПЕРЕДАЧА (ФП) – ОТ ЛАТ. FRICTIO – ТРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА, СЛУЖАЩАЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ОТ ОДНОГО ВАЛА К ДРУГОМУ МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ, ДИСКАМИ ИЛИ ПЛОСКОСТЯМИ, ПРИЖИМАЮЩИЕСЯ ДРУГ К ДРУГУ.



Простейшая ФП состоит из двух колес (катков) *ведущего 1* и *ведомого 2*, прижимаемых друг к дру-

7

8 Рис. 2.4 Схема фрикционной передачи

гой силой Q так, чтобы сила трения $F_{\text{тр}}$ в месте контакта была достаточна для передачи окружного усилия P (рис. 2.4).

Условие работоспособности ФП

2

$$F_{\text{тр}} > P. \quad (2.12)$$

Нарушение этого условия приводит к *буксованию*.

Сила прижатия Q осуществляется:

- собственной массой узла;
- затягиванием пружины;
- гидроцилиндрами (большие нагрузки);
- центробежной силой, например, при планетарном движении катков.

Поверхности катков с целью увеличения сцепления покрывают фрикционными материалами: текстолитом, резиной, кожей и т.д.

Фрикционные передачи классифицируются по следующим принципам.

- *По назначению*: с нерегулируемым передаточным числом (рис. 2.4, 2.5, а, б); с бесступенчатым регулированием передаточного числа (*вариаторы*) без промежуточного звена (рис. 2.5, в) и с промежуточным звеном (рис. 2.5, г, д).

- *По взаимному расположению осей валов*: цилиндрические или конусные с параллельными осями (рис. 2.4, 2.5, а, д); конические и лобовые с перпендикулярными осями (рис. 2.5, б, в); торовые соосные (рис. 2.5, г).

- *По условиям работы*: открытые (рис. 2.5, г); закрытые (работают в масляной ванне).

Преимущества ФП:

- 1) простота конструкции и обслуживания;
- 2) плавность передачи и бесшумность работы;
- 3) большие кинематические возможности – преобразование вращательного движения в поступательное, бесступенчатое изменение скорости; возможность изменения направления движения (реверсирования) «на ходу», включение и выключение передачи «на ходу» без остановки, при резком изменении условий работы.

- 4) предохранительные свойства из-за возможности пробуксовки.

Недостатки ФП:

- 1) непостоянное передаточное число из-за проскальзывания;
- 2) небольшая передаваемая мощность (10 – 20 кВт – открытые; 200 – 300 кВт – закрытые);

- 3) сравнительно низкий КПД (открытые 0,68 – 0,86; закрытые 0,88 – 0,93);
- 4) большой и неравномерный износ катков при пробуксовке;
- 5) наличие громоздких прижимных устройств опор валов.

Область применения ФП с постоянным передаточным числом в машиностроении достаточно ограничена (фрикционные прессы, молоты, лебедки). Чаще они применяются в приборах (магнитофоны, проигрыватели, спидометры и т.д.) где требуется плавность и бесшумность работы. Широко используют в машиностроении *вариаторы*, например в металлорежущих станках, приводах транспортных машин и т.п.

Материалы: а) «сталь по стали» в закрытых быстроходных силовых передачах (ШХ15, 40ХН, 18ХГТ и др.); б) «чугун по чугуну» в открытых силовых передачах или там же «сталь по чугуну», что снижает шум при работе; в) «сталь (чугун) по коже, резине, пластмассе, текстолиту», которыми покрывают чаще всего *ведущий* каток.

Если допустить, что в ФП отсутствует проскальзывание, то окружные скорости будут равны $v_1 = v_2$. Учитывая, что

$$v_1 = \frac{D_1 \omega_1}{2} \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{D_2 \omega_2}{2}, \quad (2.13)$$

то передаточное число i

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}. \quad (2.14)$$

Фактически $v_1 \neq v_2$ и величина скольжения $\varepsilon = \frac{\omega_2^T - \omega_2}{\omega_2}$, где ω_2^T – теоретическая угловая скорость; ω_2 – фактическая скорость *ведомого колеса*, $\varepsilon = 0,005 - 0,03$.

2.2.1 Фрикционные вариаторы

ФП наиболее часто используются как *вариаторы* – фрикционные механизмы, предназначенные для бесступенчатого регулирования передаточного числа.

На рис. 2.5, в показан *лобовой вариатор*. *Ведущим* звеном в лобовом *вариаторе* может быть как ролик, так и работающий торцом диск. Диапазон регулирования D

$$D = \frac{R_{\max}}{R_{\min}}. \quad (2.15)$$

На рис. 2.5, *г* показан *торовый вариатор* (1, 2 – торовые чашки; 3 – промежуточные диски, свободно вращающиеся на осях 4; 5 – шарнир). Наклон осей двух промежуточных роликов (дисков) должен одновременно меняться, что приводит к изменению передаточного отношения и, как следствие, угловой скорости ведомого звена.

$$D = \frac{R_{\max}^2}{R_{\min}^2} \approx 3 \dots 6,25. \quad (2.16)$$

На рис. 2.5, д показан двухконусный вариатор (1, 2 – конические катки; 3 – промежуточный каток).

Изменение передаточного отношения происходит за счет перемещения с помощью винтового механизма промежуточного катка, зажато между рабочими катками. Так как

$$i_{\max} = \frac{D_{\max}}{D_{\min}} \quad \text{и} \quad i_{\min} = \frac{D_{\min}}{D_{\max}}, \quad (2.17)$$

$$D = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{D_{\max}^2}{D_{\min}^2}, \quad (2.18)$$

где D – диапазон варьирования.

2.3 Ременные передачи

**Ременная передача (РП) относится к передачам трением с гибкой
связью и может применяться для передачи движения 8.1
между валами,
которые находятся на значительном расстоянии друг от друга.**

РП состоит (рис. 2.6) из *ведущего 1* и *ведомого 2* шкивов и охватывающего их бесконечного ремня 3.

Вращающийся *ведущий* шкив (на валу электродвигателя) благодаря силе трения увлекает за собой ремень, а последний, по той же причине, заставляет вращаться *ведомый* шкив.

**Ветвь, набегающая на ведущий шкив, называется ведущей 3' рис. 2.6, а, сбегаящая –
ведомой 3. Дуга обода шкива, на которой он соприкасается с ремнем, называется дугой обхвата, а
соответствующий ей центральный угол называется углом обхвата (α_j).**

Для нормальной работы РП необходимо предварительное натяжение ремня, обеспечивающее на участках контакта (ремень – шкив) возникновение сил трения. В РП для создания и регулирования уровня натяжения ремней предусматривают натяжное устройство 4 (рис. 2.6, 2.8, *д, и*). В передачах без специального устройства натяжение создается за счет упругой деформации ремня, надеваемого на шкивы с натягом.

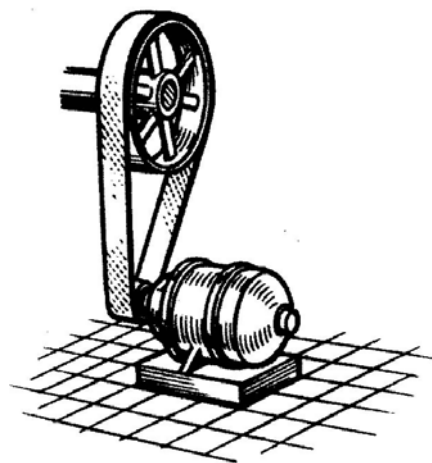
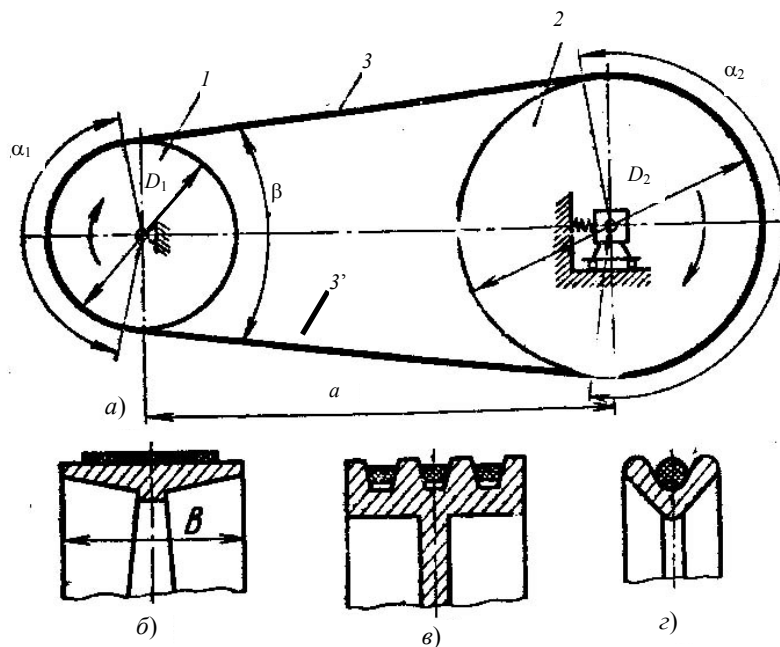


Рис. 2.6 Схема работы ременной передачи

Рис. 2.7 Конструкция ременной передачи

РП классифицируются по следующим принципам.

- По форме сечения ремня: а) плоскоременные (рис. 2.6, б); б) клиноременные (рис. 2.6, в); в) круглоременные (рис. 2.6, г); с зубчатыми ремнями (рис. 2.8, з).

- По взаимному расположению осей валов: а) с параллельными осями (рис. 2.8, а, б, е, ж); б) с пересекающимися осями – угловые (рис. 2.8, г) с направляющими роликами; в) со скрещивающимися осями (рис. 2.8, в)

- По направлению вращения шкивов: а) с одинаковым направлением (открытые и полуперекрестные) (рис. 2.8, а, в – ж); б) с противоположным направлениями (перекрестные) (рис. 2.8, б).

- По способу создания натяжения ремня: а) простые (рис. 2.6); б) с натяжным роликом (рис. 2.8, д); в) с натяжным устройством (рис. 2.8, и)

- По конструкции шкивов: а) с однорядными шкивами (рис. 2.8, а – д); б) со ступенчатыми шкивами (рис. 2.8, е); в) с раздвижными конусными шкивами – клиноременный вариатор (рис. 2.8, ж); г) многорядные шкивы (рис. 2.6, в).

При применении плоских ремней возможно осуществление передач на большие межцентровые расстояния – a (рис. 2.6) (до 15 м и даже больше).

Плоские ремни изготавливают кожаными, хлопчатобумажными, синтетическими, а клиновыми – кордотканевыми и кордошнуровыми.

Наибольшее распространение получили резинотканевые ремни, у которых ткань передает нагрузку, а резина подвергаемая вулканизации, предохраняет ткань от повреждений и повышает коэффициент трения между ремнем и ободом шкива.

В последние годы все больше применяются полиамидные ремни, пригодные для высокоскоростных передач. Они допускают значительные нагрузки, обладая высокой прочностью.

Материал шкивов – чугун, в сварных шкивах – малоуглеродистые стали (ст. 1 – б), алюминиевые сплавы, текстолит.

Достоинства РП:

- 1) расположение *ведущего* и *ведомого* колес на большом расстоянии друг от друга;
- 2) плавность хода, бесшумность работы, способность смягчать удары благодаря эластичности ремня;
- 3) простота и дешевизна конструкции.

Недостатки РП:

- 1) сравнительно большие габариты;
- 2) вытягивание и значительный износ ремня;
- 3) непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания ремней.

Предельные скорости в РП до 40 м/с.

Чем короче ремень тем чаще при данной скорости он подвергается напряжениям изгиба и следовательно изнашивается.

Поэтому межцентровые расстояния – a (рис. 2.6) выбирают:

$$a \approx (0,1 \dots 0,07)v, \quad (2.19)$$

или

$$a \geq (1,5 \dots 2,0) (D_1 + D_2). \quad (2.20)$$

Если не учитывать проскальзывание то передаточное число

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}. \quad (2.21)$$

Практически $v_1 \neq v_2$, так как имеется упругое скольжение ремня по ободу. Оно объясняется тем, что при перемещении ремня вместе с ободом *ведущего* шкива по дуге обхвата, каждый элемент ремня переходит из зоны большего натяжения в зону меньшего натяжения. В результате этого, элементы ремня несколько укорачиваются и он отстает от шкива. На ведомом шкиву, наоборот, ремень опережает шкив. Таким образом $v_1 > v_2$. Упругое скольжение, характеризуется *коэффициентом скольжения* ε

$$\varepsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} \quad (2.22)$$

и изменяется в пределах $\varepsilon = 0,01 \dots 0,03$.

Следовательно
$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{(1-\varepsilon)D_1}.$$

Не следует смешивать явление упругого скольжения, неизбежного в РП, с вредным явлением буксования (пробуксовки) при перегрузе РП.

Средние значения кпд:

плоскоремennая открытая – 0,93...0,98;

клиноремennая – 0,87...0,97;

РП с натяжным роликом – 0,95;

зубчато-ремennая – 0,94...0,98.

Наибольшее распространение в машиностроении получила *клиноремennая передача* (КРП), в частности, в автомобилях, тракторах, вентиляторах, транспортерах, в приводах станков и т.п. (рис. 2.9).

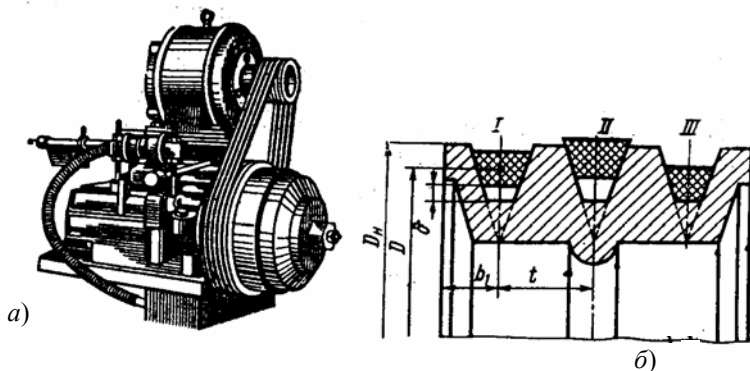


Рис. 2.9 Конструкция многоручьевой РП (а) и

варианты расположения ремня (б):

I – правильное; II – III – неправильное

Достоинства КРП (по сравнению с плоскоременными):

- 1) более высокие передаточные отношения i (до 7 – 10);
- 2) возможность работы при любом расположении РП (даже вертикальном);
- 3) использование в качестве вариатора (рис. 2.8, ж);
- 4) значительная передаваемая мощность до 200 кВт и скорость v до 30 м/с.

Это объясняется значительно большей тяговой способностью за счет повышения сцепления ремня со шкивом, обусловленного приведенным коэффициентом сцепления f' .

Известно, что

$$f' = \frac{f}{\sin \frac{\beta}{2}}, \quad (2.24)$$

где f – коэффициент трения по чугуну = 0,3; β – угол профиля канавки (рис. 2.9, б), часто $\approx 40^\circ$.

Тогда

$$f' = \frac{f}{\sin 20^\circ} \approx 3f. \quad (2.25)$$

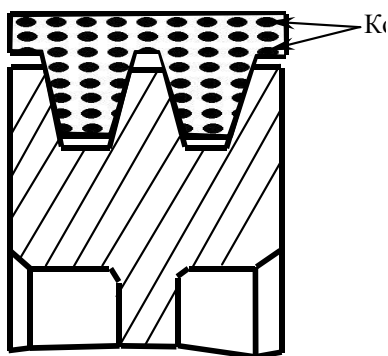


Рис. 2.10 Поликлиновой ремень

Таким образом, при прочих равных условиях, клиновые ремни способны передавать в три раза большую окружную силу, чем плоские.

Главным достоинством *зубчатых ремней* (рис. 2.8, з) является работа без проскальзывания, т.е. $i = \text{const}$. Они также обладают высокой несущей способностью, вследствие высокой разрывной прочности (использование скрученных кордных нитей и облицовки нейлоновой тканью), устойчивостью к маслам, теплу, влаге.

Применяются, например, в механизме газораспределения двигателей внутреннего сгорания.

У многорядных конструкций РП вследствие разной длины и упругих свойств, нагрузка между ремнями распределяется неравномерно. Поэтому в последнее время начали использоваться *поликлиновые ремни* – бесконечные плоские ремни с продольными ребрами на внутренней стороне (рис. 2.10).

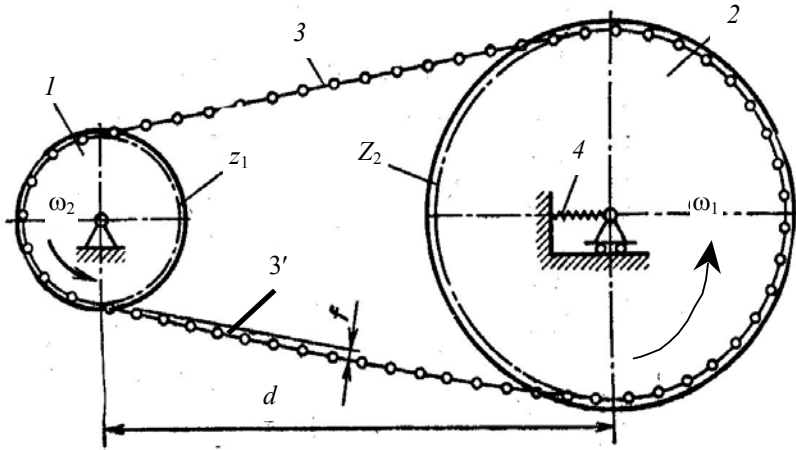
Ширина такого ремня в 1,5 – 2 раза меньше, чем ширина комплекта ремней той же передаваемой мощности, а по всей ширине расположен высокопрочный синтетический шнуровой корд.

2.4 Цепные передачи

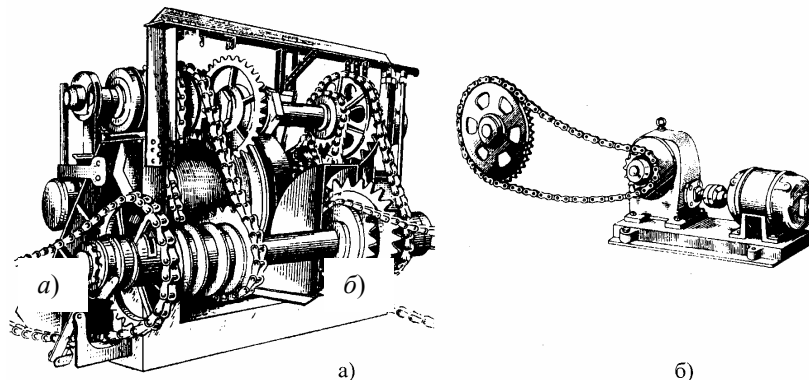
Цепная передача (ЦП) – механической энергии между параллельными валами с помощью двух колес (звездочек) 1 и 2 и охватывающей звездочки бесконечной цепи 3, 3' (рис. 2.11).

Цепная передача так же как и ременная принадлежит к числу передач с гибкой связью – цепью, входящей в зацепление с зубьями звездочки. Таким образом ЦП можно классифицировать как *передачу зацеплением* с гибкой связью (ременная – трение с гибкой связью).

Наличие зацепления позволяет обойтись без предварительного натяжения цепи. В конструкциях ЦП иногда предусматривают натяжные устройства 4 (рис. 2.11) для компенсации удлинения цепи при «вытяжке» и обеспечения эксплуатационной (заданной) величины провисания f ведомой ветви цепи 3'. Угол обхвата звездочки цепью не имеет такого значения как в РП.



9 Рис. 2.11 Схема работы цепной передачи



10

11 Рис. 2.12 Конструкции цепной передачи

ЦП можно применять как при больших, так и при малых межосевых расстояниях – а (рис. 2.11). Они могут передавать мощность от одного ведущего звена 1 нескольким звездочкам 2 (рис. 2.13, д, з).

Цепные передачи можно классифицировать по следующим признакам.

- По типу цепей: а) роликовые (рис. 2.14, б); б) втулочные (рис. 2.14, а); в) зубчатые (рис. 2.14, в);
- По количеству рядов: а) однорядные (рис. 2.12, б, рис. 2.13, а); б) многорядные (рис. 2.13, б, в, рис. 2.14, з);
- По количеству ведомых звездочек: а) нормальные (двухзвенные) (рис. 2.13, а, в); б) специальные – многозвенные (рис. 2.13, д, з);
- По конструктивному исполнению: а) открытые (рис. 2.13); б) закрытые (рис. 2.13, е).

Достоинство ЦП:

- 1) принцип зацепления, а также прочность цепи (по сравнению с РП) позволяет передать цепью большие нагрузки с постоянным передаточным числом и при значительно меньшем межосевом расстоянии (меньшие габариты !);
- 2) возможность передачи движения одной цепью нескольким звездочкам;
- 3) возможность передачи вращения на большие расстояния (до 7 метров) по сравнению с зубчатыми передачами (ЗП) и ФП;
- 4) меньшие, чем у РП, нагрузки на валы;
- 5) высокий КПД $\approx 0,98$.

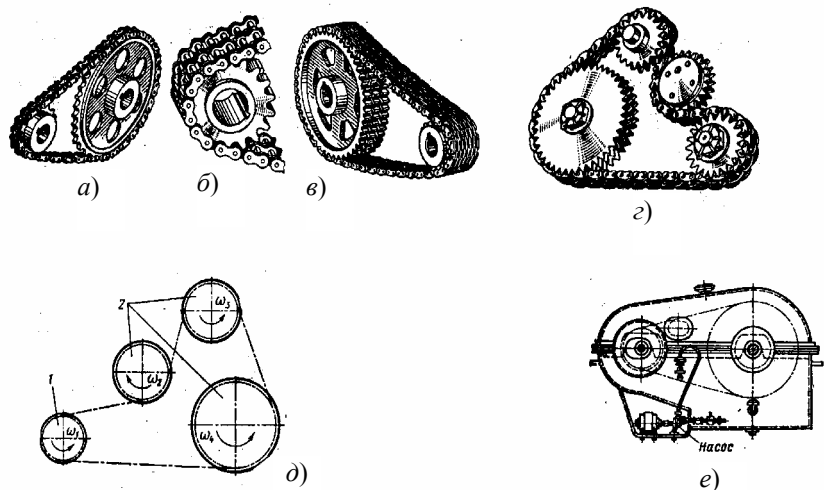


Рис. 2.13 Варианты конструкций ЦП

Недостатки ЦП:

- 1) сравнительно высокая стоимость цепей;
- 2) вытягивание цепей из-за износа в шарнирах;
- 3) повышенный шум вследствие удара звеньев цепи при входе в зацепление;
- 4) необходимость качественного монтажа и тщательного ухода за передачей;
- 5) невозможность реверса без остановки;
- 6) небольшой срок службы цепей, в основном это касается открытых ЦП.

Область применения: для передачи больших мощностей (до 150 кВт) при высоких скоростях (до 25 – 30 м/сек).

ЦП широко применяются в транспортирующих устройствах (элеваторы, конвейеры, мотоциклы, велосипеды и т.п.), в приводах станков и сельхозмашин, в химическом, нефтехимическом машиностроении и т.д. ЦП выполняют как понижающими, так и повышающими передачами.

Цепи (рис. 2.14) представляют из себя многозвенную конструкцию, изготовленную из малоуглеродистых (Ст. 15, 20), закаленных (HRC 40...60) сталей. Зубчатые цепи (рис. 2.14, в) имеют пластины с профилем зубьев звездочек, поэтому имеют большую плавность и бесшумность работы.

Звездочки напоминают зубчатые колеса. Их профиль зависит от типа используемой цепи: для роликовых и втулочных – дуга окружности, для зубчатых – прямолинейный профиль. Материал – Сталь 20, 40Х, 45ХН (закалка, отпуск).

Иногда их делают из пластмассы (капролон), что снижает шум и износ цепи.

Геометрические параметры ЦП:

- межосевое расстояние $a \geq (30 \dots 50)P$, где P – шаг цепи;
- допустимое провисание $f = (0,002 \dots 0,004) \cdot a$;
- передаточное отношение.

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (2.26)$$

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

Для одноступенчатой ЦП

$$i \leq 7. \quad (2.27)$$

Коэффициент полезного действия ЦП колеблется от 0,92 до 0,98.

2.5 Зубчатые передачи

2.5.1 Основные характеристики и принципы зацепления

Зубчатые передачи (ЗП) служат для передачи вращательного движения (реже для преобразования вращательного в поступательное или наоборот). Зубчатое колесо ЗП с меньшим числом зубьев называется *шестерней*, а с большим – *колесом*. Движение передается путем непосредственного зацепления нанесенных на одной из поверхностей колес зубьев различной формы.

Зуб вращающегося ведущего колеса заставляет ведомое колесо повернуться на некоторый угол, после чего в зацепление входит следующая пара зубьев. Таким образом ведомое колесо приводится в непрерывное вращение.

Зубчатые передачи классифицируются (рис. 2.15) по признакам, приведенным ниже.

- *По взаимному расположению осей колес:* с параллельными осями (цилиндрическая передача (рис. 2.15, I – IV); с пересекающимися (коническая передача – рис. 2.15, V, VI); со скрещивающимися осями (винтовая передача – рис. 2.15, VII); червячная передача (рис. 2.15, VIII).

- *В зависимости от относительного вращения колес и расположения зубьев* различают передачи с внешним и внутренним зацеплением. В первом случае (рис. 2.15, I – III) вращение колес происходит в противоположных направлениях, во втором (рис. 2.15, IV) – в одном направлении. Реечная передача (рис. 2.15, IX) служит для преобразования вращательного движения в поступательное.

- *По форме профиля различают* зубья эвольвентные (рис. 2.15, I, II) и неэвольвентные, например, цилиндрическая передача Новикова, зубья колес которой очерчены дугами окружности.

- *В зависимости от расположения теоретической линии зуба* различают колеса с прямыми зубьями (рис. 2.16, I), косыми (рис. 2.16, II), шевронными (рис. 2.16, III) и винтовыми (рис. 2.16, IV).

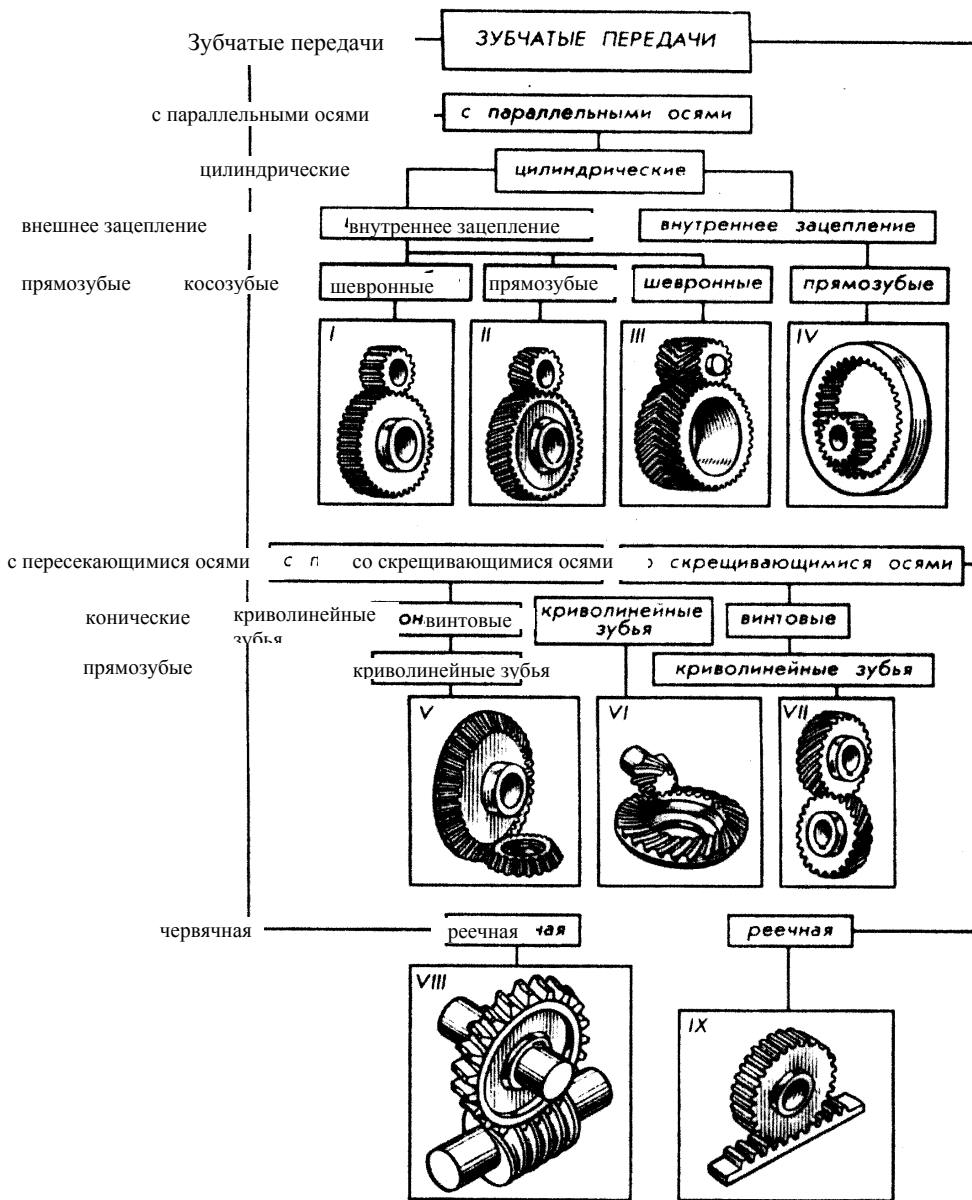


Рис. 2.15 Классификация зубчатых передач

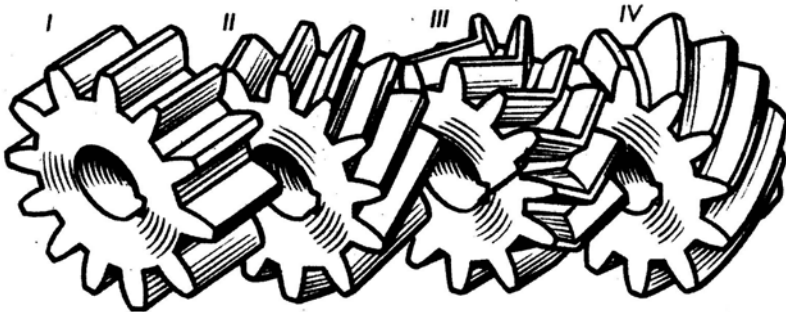


Рис. 2.16 Формы зубьев ЗП

В непрямозубых передачах возрастает плавность работы, уменьшается износ и шум. Благодаря этому непрямозубые передачи большей частью применяют в установках, требующих высоких окружных скоростей и передачи больших мощностей.

- По конструктивному оформлению различают закрытые передачи, размещенные в специальном непроницаемом корпусе и обеспеченные постоянной смазкой из масляной ванны (рис. 2.17), и открытые, работающие без смазки или периодически смазываемые консистентными смазками.

• По величине окружной скорости различают: тихоходные передачи (до 3 м/с), среднескоростные (от 3...15 м/с) и быстроходные (более 15 м/с).

Достоинство ЗП:

- 1) компактность;
- 2) высокий КПД до
- 3) постоянство
- 4) низкие нагрузки
- 5) долговечность и
- 6) высокая

скорость до 150 м/с, тен).

Недостатки ЗП:

- 1) сложность из-
 - 2) шум и вибрация
- изготовления и сборки;

3) невозможность бесступенчатого регулирования частоты вращения ведомого вала, т.е. зубчатые вариаторы – нонсенс!

Область применения – во всех отраслях машиностроения:

- 1) металлорежущие станки;
- 2) автомобили, трактора;
- 3) приборостроение;
- 4) часовая промышленность и т.д.

Габариты: от долей миллиметров до десяти и более метров.

Передаточное число i ЗП определяется отношением числа зубьев колеса (z_2) к числу зубьев шестерни (z_1)

$$i = \frac{z_2}{z_1} \geq 1. \quad (2.28)$$

Кривые, которыми отчерчены профили зубьев, должны обеспечивать постоянство передаточного отношения. Для этого необходимо, чтобы выполнялся основной закон зацепления – для сохранения постоянства передаточного отношения необходимо и достаточно, чтобы

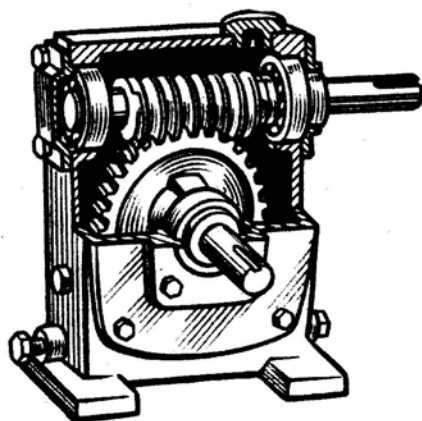
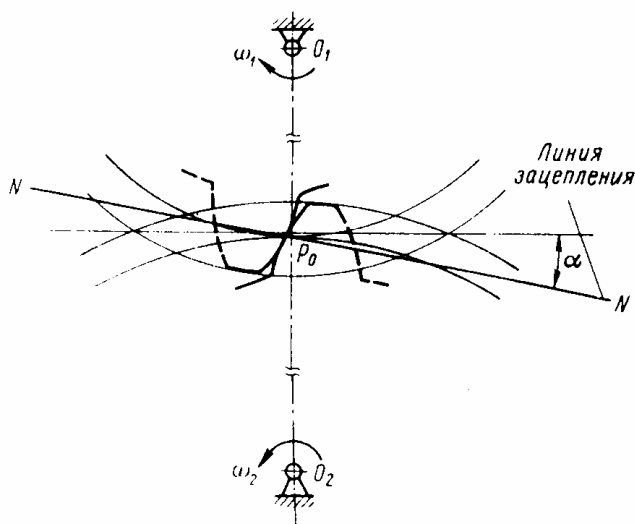


Рис. 2.17 Червячный редуктор

0,99 в одной ступени;
передаточного числа;
на опоры;
надежность;
мощность (до десятков тысяч киловатт),
передаточное число (до нескольких со-

готовления;
в случае недостаточной точности

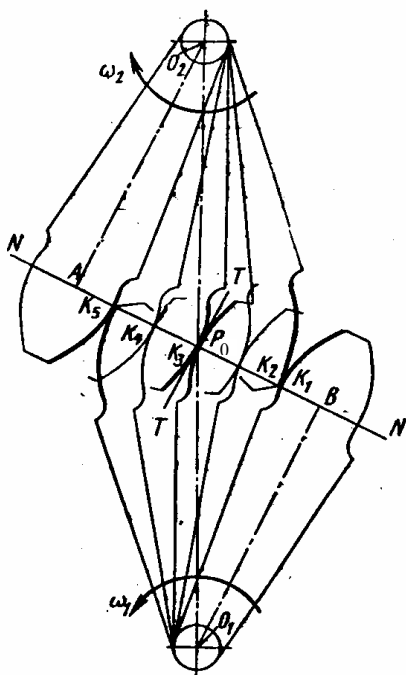


нормаль NN к сопрягаемым профилям зубьев в точке их соприкосновения всегда пересекала линию

12 *Рис. 2.18* Параметры зубчатого зацепления

центров O_1O_2 в одной и той же точке P_0 , называемой полюсом зацепления. Эта точка делит линию центров в отношении равном передаточному числу i .

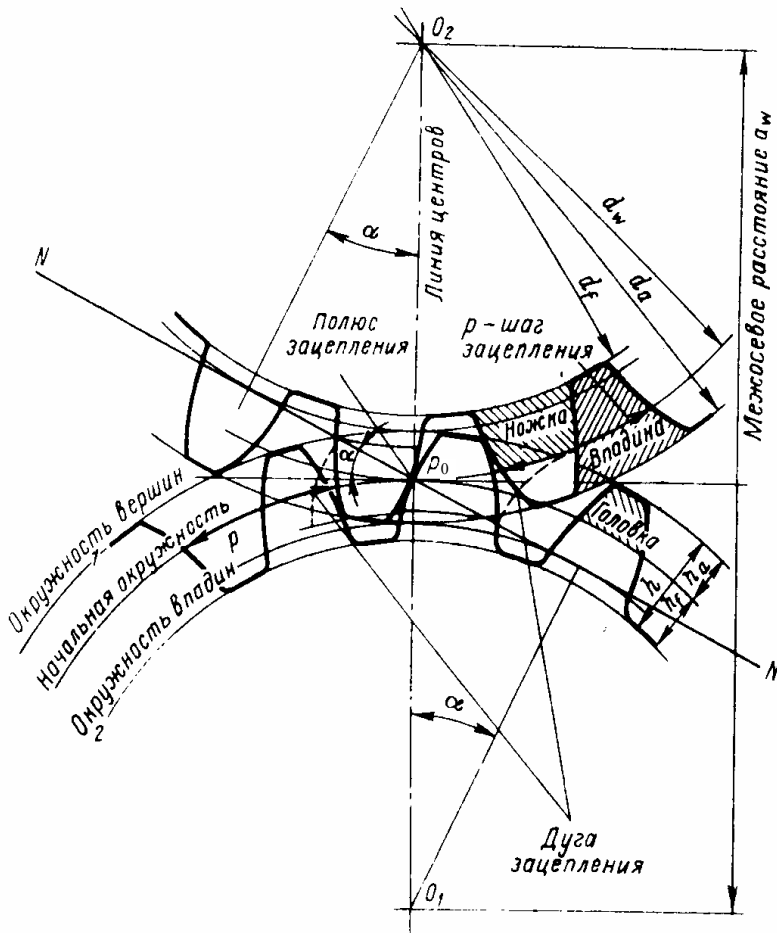
Основному закону зацепления удовлетворяет множество кривых (эпициклоиды, гипоциклоиды, окружности). Однако практически используются эвольвентный профиль (автор – Эйлер), так как он наиболее технологичен и допускает смещение межосевого расстояния при постоянстве передаточного отношения. Придание профилям зубьев таких очертаний не является случайным. Чтобы зубья двух колес, находящихся в зацеплении, могли плавно перекатываться один по другому, необходимо выбрать такой профиль для зубьев, при котором не происходило бы перекосов и защем-



ления головки одного зуба во впадине другого. Если проследить за движением пары зубьев двух колес (рис. 2.19), то окажется, что все точки касания (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5) будут лежать на одной прямой – NN .

Линия NN , неподвижная относительно O_1O_2 по которой перемещается точка касания K_i сопряженных профилей, называется *линией зацепления* (рис. 2.19).

Линия зацепления образует с перпендикуляром к линии центров O_1O_2 угол α (рис. 2.20) называемым *углом зацепления* (в России $\alpha = 20^\circ$)



На рис. 2.20 показаны основные геометрические параметры ЗП.

Рис. 2.20 Основные параметры зубчатой передачи

Соприкасающиеся друг с другом окружности на *ведущих* и *ведомых* колесах, которые имеют общие оси с зубчатыми колесами называются *начальными окружностями*. Они обозначаются $d\omega_1$ и $d\omega_2$.

Расстояние между одноименными сторонами двух соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности, называется *шаг зубчатого зацепления* P .

Из определения следует, что

$$\pi d = Pz, \quad (2.29)$$

тогда

$$d = \frac{Pz}{\pi}. \quad (2.30)$$

Частное от деления P/π называется *модулем зубьев* и обозначается m . Тогда, если

$$m = P/\pi, \quad ad = mz \quad (2.31)$$

или

$$m = \frac{d}{z}. \quad (2.32)$$

Модуль m можно определить как часть диаметра d , приходящуюся на один зуб. Поэтому его иногда называют *диаметральным шагом*.

12.1.1 Базой для определ ная окружность, в частном

НЬ

Для пары колес, находящихся в зацеплении, модуль должен быть *одинаковым*.

Для унификации инструмента и взаимозаменяемости зубчатых колес численные значения модуля стандартизованы (от 0,05 до 100 мм).

Предпочтительный ряд: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25 (мм).

Часть зубчатого колеса, содержащая все зубья, называется *венцом*, а часть колеса, насаживаемая на вал, называется *ступицей*. Делительная окружность диаметром d делит зуб на две части – головку зуба высотой h_a и ножку зуба высотой h_f .

Согласно ГОСТ 15755–81:

$$1) \text{ высота головки зуба } h_a = m; \quad (2.33)$$

$$2) \text{ высота ножки зуба } h_f = 1,25m; \quad (2.34)$$

$$3) \text{ высота зуба } h = h_f + h_a = 2,25m; \quad (2.35)$$

4) диаметр окружности выступов (вершин)

$$d_a = d + 2h_a = zm + 2m = m(z + 2); \quad (2.36)$$

5) диаметр окружности впадин

$$d_f = d - 2h_f = zm - 2,5m = m(z - 2,5). \quad (2.37)$$

Для цилиндрических зубчатых колес установлены 12 степеней точности (первая – наивысшая точность).

В машиностроении ЗП изготавливается по шести степеням точности. При скорости до 15 м/с – шестая степень, до 10 м/с – седьмая, до 6 м/с восьмая, до 2 м/с – девятая.

2.5.2 Косозубые, шевронные и конические передачи

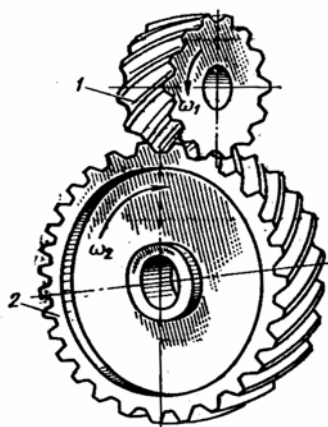
Косозубые ЗП, так же как и прямозубые, предназначены для передачи момента между параллельными валами. У косозубых колес оси зубьев располагаются не по образующей делительного цилиндра, а по винтовой линии с углом $8 - 15^\circ$ (рис. 2.21). Профили косых зубьев постепенно вступают в контакт не только по высоте, но и по ширине колеса.

Это позволяет:

- уменьшить шум при работе и габариты;
- обеспечить плавность зацепления;
- увеличить нагрузочную способность и т.д.

Недостаток косозубой ЗП состоит в наличии осевой составляющей силы взаимодействия между зубьями, увеличивающей нагрузку на опоры вала.

Этот недостаток устранен в *шевронных колесах* (рис. 2.22), венец которых состоит из участков с правыми и левыми зубьями (полушевронами). Различают шевронные колеса с жестким углом (рис. 2.22, а) и с канавкой посередине обода, предназначенной для выхода режущего инструмента (рис. 24, б). Обладая всеми преимуществами косозубых ЗП шевронные колеса имеют большее *передаточное число* (до 20) и нагрузочную способность. Недостаток – высокая сложность изготовления и стоимость. Применяют ЗП с тремя (рис. 2.23) и более полушевронами.



1

2 Рис. 2.21 Косо-

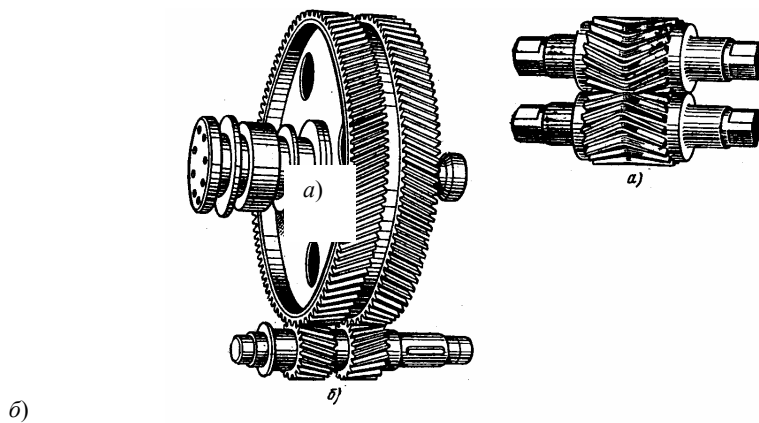


Рис. 2.22 Общий вид шевронных колес в косозубой передаче

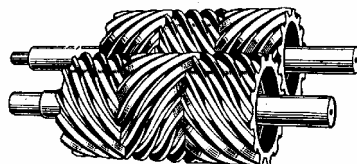


Рис. 2.23 Зубчатая передача с тремя полушевронами

Для передачи момента под углом между осями колес применяют *конические передачи* (рис. 2.15, *V*, *VI*), у которых колеса представляют собой конусы, вершины которых пересекаются в точке пересечения осей валов. Наибольшее распространение получили конические передачи (ортогональные) с углом между осями равным 90° . Наибольшую бесшумность и плавность обеспечивают конические колеса с криволинейными зубьями (рис. 2.15, *VI*). Конические передачи имеют по сравнению с цилиндрическими большую массу и габариты из-за консольного расположения опор. Они сложнее в изготовлении и при монтаже, вследствие необходимости точной фиксации осевого положения колес.

2.5.3 Червячные передачи

Разновидность ЗП является *червячные передачи* (ЧП).

ЧП – *механизм* для передачи вращения между валами посредством винта (червяка) и сопряженного с ним червячного колеса (рис. 2.24). Геометрические оси валов при этом скрещиваются, как правило, под углом 90° . *Ведущий элемент* ЧП – червяк (винт с трапецеидальной резьбой), а *ведомый* – червячное колесо с зубьями особой формы. Витки червяка и зубья червячного колеса соприкасаются по линии – поэтому представляют собой высшую кинематическую пару.

Различают цилиндрические (рис. 2.24, *а, в*) и глобоидные (рис. 2.24, *б*) червячные передачи.

По числу витков ЧП делятся на *однозаходные* и *многозаходные*. С увеличением количества заходов возрастает угол подъема винтовой линии, что повышает КПД передачи.

Червячное колесо, в отличие от косозубого, имеет вогнутую форму зуба (рис. 2.24, *а*) и изготавливается цельным или сборным (так же как и червяки). Глобоидные ЧП (рис. 2.24, *б*) отличаются тем, что витки червяка расположены по глобоидной поверхности (седлообразной), и поэтому в зацеплении находится большое число зубьев, что увеличивает в 1,5 – 3 раза нагрузочную способность.

1) большое передаточное отношение $i = 8 - 100$ для одной пары и до 1000 в кинематических пере-

13 Достоинства ЧП:

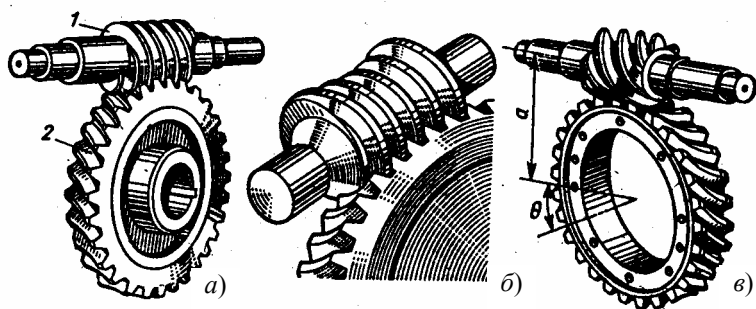
дачах;

- 2) плавность и бесшумность работы;
- 3) компактность;
- 4) самоторможение (ручные тали).

1) невысокий КПД (0,7 – 0,85), из-за значительного скольжения в зацепления и связанного с ним трения, склонности к заклиниванию, нагреву передачи;

13.1 Недостатки ЧП:

2) применение дорогих антифрикционных материа-



лов;

3) небольшие мощности (до 200 кВт, чаще до 50 кВт).

Рис. 2.24 Червячные передачи:

1 – червяк; 2 – червячное колесо

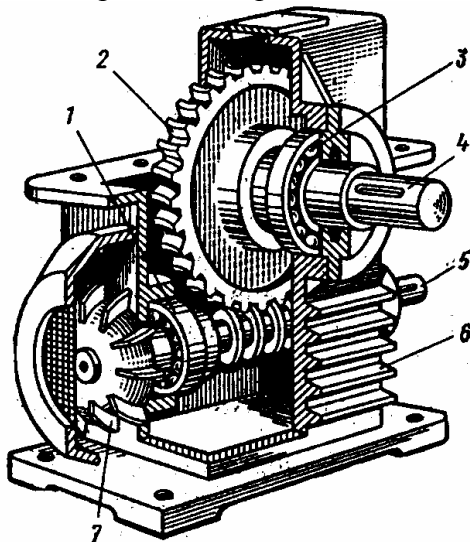


Рис. 2.25 Общий вид червячного редуктора:

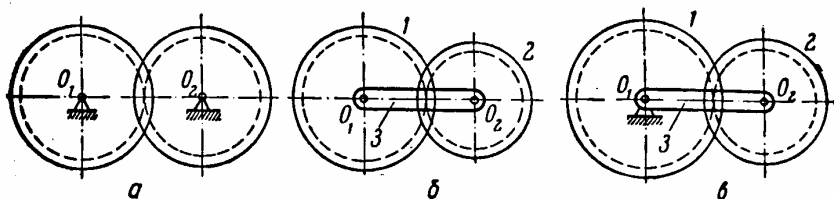
1, 3 – подшипники опорные; 2 – червячное колесо; 4 – ведомый вал;
5 – ведущий вал; 6 – корпус редуктора; 7 – крыльчатка

Учитывая, что в ЧП имеет место большое выделение тепла из-за трения в паре, то эти передачи выполняют в закрытом варианте с принудительным охлаждением зоны контакта. Вариант компоновки одноступенчатого червячного редуктора показан на (рис. 2.25).

2.5.4 Планетарные передачи

Планетарная передача (ПП) – передача у которой оси некоторых колес являются подвижными.

Звено, на котором установлены зубчатые колеса с подвижными осями называется *водило* 3 (рис.



2.26, б, в). Зубчатые колеса, оси которых подвижны, называются *сателлитами 2* (рис. 2.26, б, в). При подвижном водиле сателлиты вращаясь вокруг своих осей в то же время вращаются вместе с ними. Этим они напоминают движение планет, отсюда термин «планетарные механизмы». *Ведущими* в планетарном механизме могут быть либо центральное колесо, либо водило. Планетарные передачи в отличие от простых, колеса которых находятся на неподвижных осях (рис. 2.26, а), делятся на:

- **Эпициклические** – отдельные зубчатые звенья которых (рис. 2.26, б звено 1) неподвижны относительно оси O_1 , а остальные (звено 2) вращаются вокруг осей O_2 и O_1 .

- **Дифференциальные**, все звенья которых (рис. 2.26, в) вращаются вокруг оси O_1 , а звено 2 еще и вокруг собственной оси O_2 . В этом случае *передаточное отношение* будет зависеть от угловых скоростей сразу двух звеньев. На рис. 2.27 показаны кинематические схемы планетарного механизма с цилиндрическими (а) и коническими (б, в) колесами. У этих передач z_1 и z_4 – центральные колеса, z_2 и z_3 – сателлиты, а звено 1 – водило.

На рис. 2.28 показана схема четырехзвенного планетарного механизма.

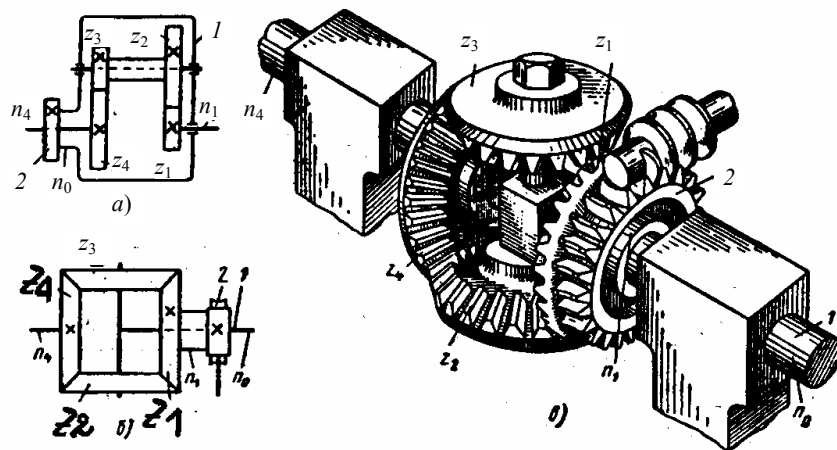


Рис. 2.27 Кинематическая схема планетарного механизма

Используя так определить *передаточное*

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_3} = 1 + \frac{z_4}{z_1}, \quad (2.38)$$

где z_4 – число зубьев неподвижного колеса.

Если в механизме (рис. 2.28) сообщить ω_1 и ω_3 отношение ведущего вала ω_1 и колеса ω_3 дифференциалом. Этот металлорежущих станках,

Рассмотрим схему состоит из конический на ведущие полуоси сателлитом 4, свободно вращающемся водиле h .

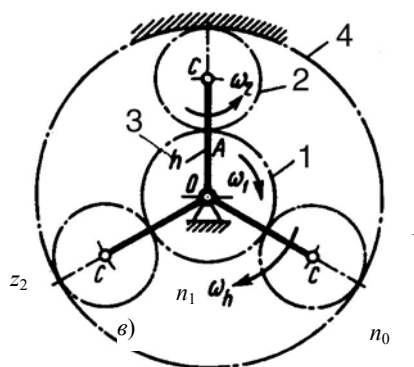


Рис. 2.28 Схема планетарного механизма:

1 – центральное колесо с неподвижной осью; 2 – сателлиты; 3 – водило (h);

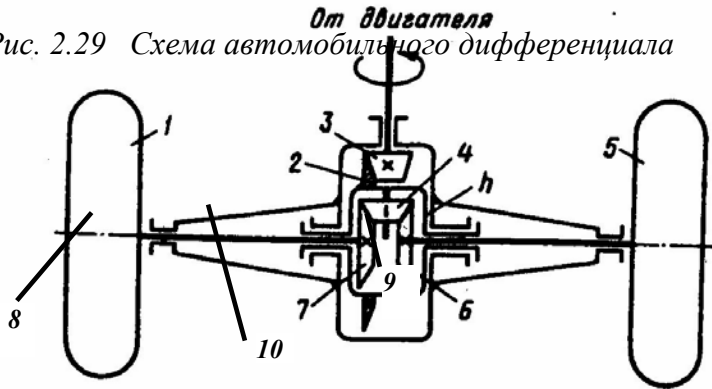
называемый «метод обращения» можно число данной передачи

центрального колеса; z_4 – число зубьев

2.28) освободить неподвижное колесо 4 и дополнительное движение, то будет зависеть от угловых скоростей и ω_4 . Такой механизм широко применяется в тракторах, автомобилях.

автомобильного дифференциала. Он зубчатых колес 6 и 7, которые насажены автомобиля 8 и 9 и сцепляются с сидящим на оси 10, закрепленной на

15 Рис. 2.29 Схема автомобильного дифференциала



14

Водило h приводится в движение от двигателя с помощью конической зубчатой пары 3 – 2.

Если автомобиль движется по прямой и ровной дороге и силы сцепления колес 1 и 5 с дорогой одинаковы, то угловые скорости полуосей 8 и 9 также будут одинаковы и равны угловой скорости водила. При движении автомобиля по кривой, колесо, движущееся по внешней кривой проходит большее расстояние, чем колесо, движущееся по внутренней кривой. Если оба колеса закрепить на одной оси, то неизбежно скольжение покрышек по дороге и их повышенный износ. При наличии дифференциала сателлит 4 обкатывает колеса 6 и 7 и одновременно вращается вокруг своей оси, в результате чего угловые скорости полуосей и ведущих колес автомобиля окажутся различными и скольжение покрышек будет предотвращено.

Планетарные передачи позволяют получить широкий диапазон передаточных отношений, имеют малые размеры и вес, незначительные потери на трение. Это объясняется тем, что мощность передается по нескольким потокам число которых равно числу сателлитов. Нагрузка на зубья в каждом зацеплении уменьшается, а значит уменьшается нагрузка на опоры и их размеры.

2.6 Передача винт – гайка

Передача винт – гайка (ВГ) состоит из винта 1 и гайки 2, соприкасающихся винтовыми поверхностями (рис. 2.30).

ВГ предназначена для преобразования вращательного движения одного из элементов пары в поступательное.

Различают:

- Передачи трения скольжения – винтовые пары трения скольжение (рис. 2.30, 2.31, 2.32);
- Передачи трения качения – шариковые винтовые пары (рис. 2.33);

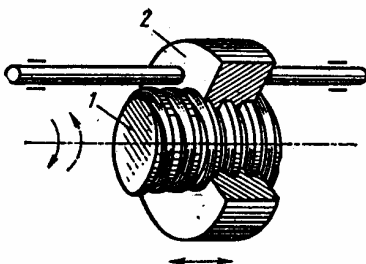


Рис. 2.30 Схема передачи

винт гайка

ВГ конструктивно может быть выполнено:

- с вращением винта 1 и поступательным движением гайки 2 (рис. 2.30);
- с вращающимся и одновременно поступательно перемещающимся винтом 1 при неподвижной гайке 2 (рис. 2.31);

Рис. 2.31 Схема ручного домкрата

1 – винт; 2 – гайка; Н- высота гайки; Р – шаг винта;
Q – нагрузка, преодолеваемая домкратом

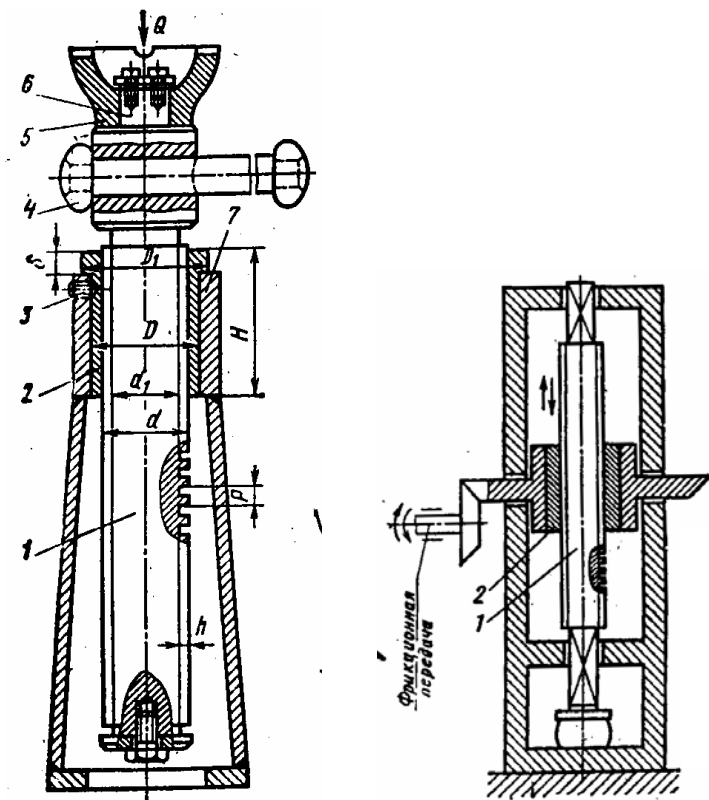


Рис. 2.31 Схема ручного домкрата:

1 – винт; 2 – гайка; H – высота гайки;
 P – шаг винта; a – нагрузка, преодолеваемая домкратом

Рис. 2.32 Винтовой пресс

– С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ГАЙКИ 2 И ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВИНТА 1 (РИС. 2.32).

Ведущим элементом, как правило, является винт, а ведомым – гайка.

Винты передачи делятся на *грузовые*, применяемые для создания больших осевых усилий и *ходовые*, применяемые для осуществления точных перемещений.

Чтобы обеспечить износостойкость передачи и увеличить ее КПД материалы винта – гайки должны представлять *антифрикционную* пару. Поэтому винты изготавливают из углеродистых или легированных сталей, а гайки делают из бронзы, чугуна.

Рабочие поверхности винта и гайки в зависимости от условий работы смазывают пластичной (густой) или жидкой смазкой.

По форме профиля резьбы (винтовые поверхности) делятся на: треугольные; трапецеидальные; упорные; прямоугольные; круглые (рис. 2.34).

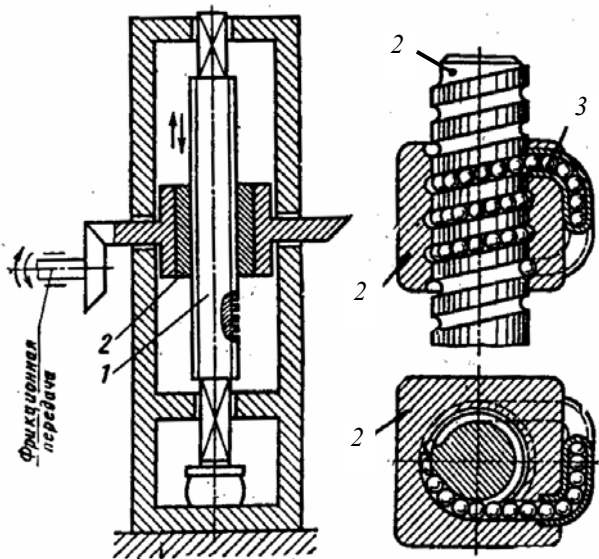


Рис. 2.33 Общий вид шариковой винтовой пары

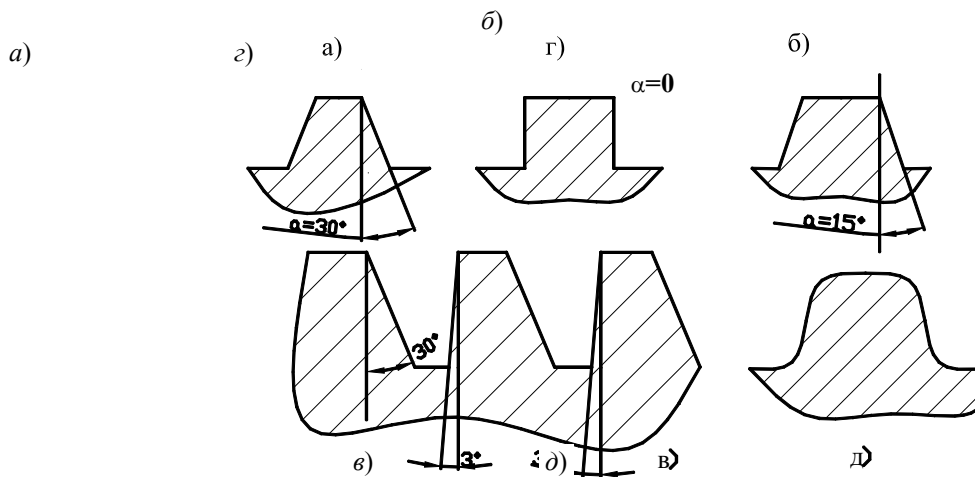


Рис. 2.34 Профили зубьев

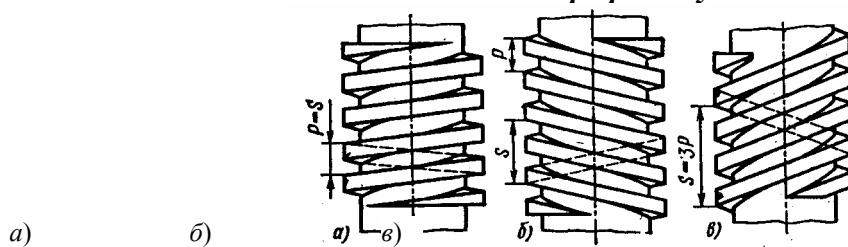


Рис. 2.35 Схемы заходов резьбы

Для кинематических (ходовых) механизмов (ВГ) $k_{пд}$ равен $0,9 - 0,92$, а для домкратов и винтовых прессов – $0,6$.

Винтовая линия может быть левая или правая. Правые идут слева направо и вверх, левые – справа налево и вверх.

По числу заходов резьбы бывают однозаходные (рис. 2.35, а), двухзаходные (рис. 2.35, б), трехзаходные (рис. 2.35, в) и многозаходные.

Многозаходность возникает, если по «параллельным» винтовым линиям перемещается два или несколько рядом расположенных профиля.

Шариковая винтовая пара (рис. 2.33) состоит из винта 1, гайки 2 и шариков 3, заполняющих пространство, образованное впадинами резьбы и циркулирующие в них.

Возвращение шариков происходит по каналу, соединяющему первый и последний витки резьбы гайки.

- 1) возможность получения большого выигрыша в силе;
- 2) высокая точность перемещения;
- 3) плавность и бесшумность работы;
- 4) большая несущая способность при малых габаритах;
- 5) технологичность и простота конструкции.

15.1.1 Достоинства перед

Недостатки передачи ВГ:

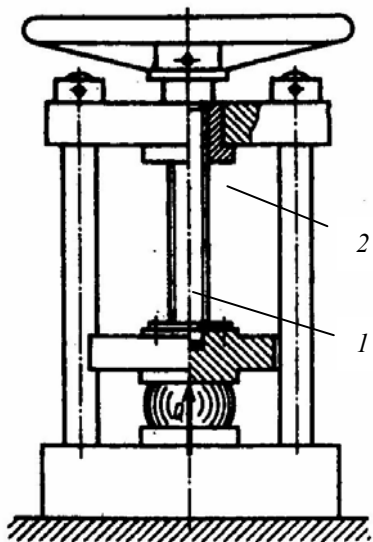
- 1) большое трение в паре и, следовательно, низкий КПД;
- 2) низкая частота вращения.

Область применения:

- 1) грузовые устройства (домкраты (рис. 2.31), прессы (рис. 2.32));
- 2) ходовые передачи для точной передачи движения в станках, измерительных устройствах (микрометры).

В качестве примера рассмотрим схему ручного винтового пресса (рис. 2.36), используемого для создания сжимающего давления. Винт устройства 1 имеет однозаходную резьбу с малым углом подъема, чтобы обеспечить самоторможение и большой выигрыш в силе. На схеме, 2 – гайка.

На рис. 2.31 показана конструкция ручного домкрата. На рис. 2.32 показана конструкция винтового пресса с фрикционным приводом на гайку



3 Рис. 2.36 Схема ручного

2.7 Храповые и мальтийские механизмы

Такие механизмы относятся к числу устройств, осуществляющих прерывистое движение.

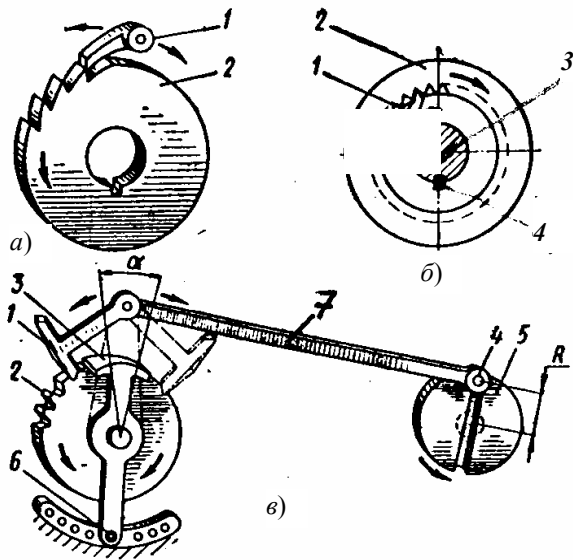
Храповые механизмы могут быть с наружным и внутренним зацеплением.

При наружном зацеплении (рис. 2.37, а) «собачка» 1 сообщает качательное движение. При движении справа налево собачка через зубья храпового колеса 2 поворачивает его на некоторый угол. При обратном ходе собачка проскальзывает по зубьям колеса не вращая его.

При внутреннем зацеплении (рис. 2.37, б) вал 3 с жестко насаженным через шпонку 4 на нем диском, к которому прикреплена собачка 1, имеет колебательное движение, и собачка, вращаясь слева направо, поворачивает храповое колесо 2. Когда собачка движется в обратном направлении, храповое колесо не вращается.

На рис. 2.37, в показана схема привода храпового механизма. Качательное движение собачка 1 получает через шатун 7 от ведущего кривошипного диска 5 с пальцем 4. Изменение положения пальца 4 в пазу (т.е. радиуса R) позволяет регулировать угол поворота собачки 1 и тем самым угол поворота храпового колеса 2 за один полный оборот ведущего диска 5. Движение храпового колеса реверсируется переводом собачки в положение, показанное тонкой линией.

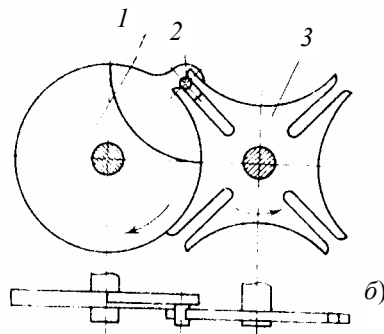
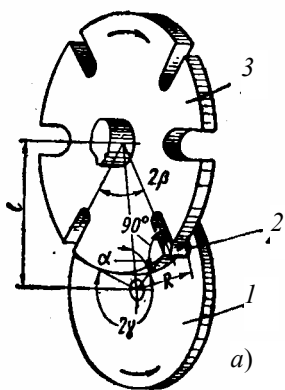
Изменять угол поворота храпового колеса можно при неизменном положении кривошипного пальца 4 с помощью щитка 3, которая закрывает часть зубьев храпового колеса 2. Положение щитка 3 определяется фиксатором б.



16 Рис. 2.37 Схема работы храпового механизма

Храповые механизмы используются также в качестве тормозных устройств, препятствующих обратному ходу. На рис. 2.38 таким образом предотвращается несанкционированное опускание груза.

Мальтийские механизмы применяют для преобразования непрерывного движения ведущего звена 1 в прерывистое движение ведомого звена 3 (рис. 2.39).



1

16.1.1
16.1.2

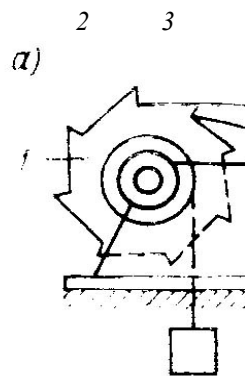


Рис. 2.38 Схема устройства для предотвращения груза

Рис. 2.39 Схема работы мальтийского механизма

Палец (цевок) 2, закрепленный на ведущем звене (диске) 1, последовательно входит в прорези ведомого звена – «креста» 3. На рис. 2.39, б показан момент начала движения креста. Палец находится в начале прорези. При вращении ведущего диска 1 по часовой стрелке палец входит внутрь прорези, приближаясь к оси вращения ведомого креста, а затем начинает удаляться от оси и выходит из прорези. Пока палец перемещается по прорези крест поворачивается, а после выхода пальца из прорези крест останавливается. Палец, продолжая вращаться, через некоторое время входит в следующую прорезь креста и цикл его вращения повторяется.

Чтобы крест 3 во время остановки не поворачивался самопроизвольно, поверхность между его прорезями делается вогнутой, а поверхность ведущего диска 1 – выпуклой.

Мальтийские механизмы изготавливаются с тремя, четырьмя, пятью, шестью и восемью прорезями креста, что соответствует $1/3$, $1/4$, $1/5$, $1/6$ и $1/8$ оборота ведомого звена за один полный оборот ведущего звена.

3 МУФТЫ И РЕДУКТОРЫ

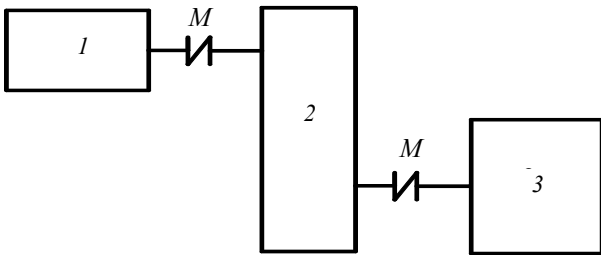
3.1 Классификация муфт

Муфтами называются устройства, служащие для соединения валов между собой или с деталями, свободно насаженными на валы (зубчатые колеса, шкивы) с целью передачи вращающего момента. Основной характеристикой муфт является величина передаваемого крутящего момента.

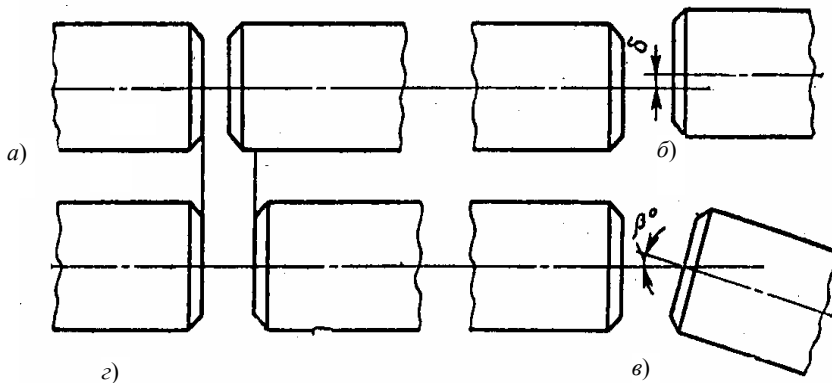
Муфты делятся на: постоянные, сцепные и предохранительные.

- **Постоянные муфты:** а) глухие (жесткие), требующие строгой соосности соединяемых валов; б) компенсирующие, допускающие параллельное смещение (рис. 3.2, б) и взаимный перенос осей (рис. 3.2, в), осевое смещение (рис. 3.2, а, г) вследствие температурных деформации валов при работе механизма (рис. 3.2);

- **Сцепные муфты:** а) фрикционные, осуществляющие сцепление за счет сил трения; б) кулачковые.



1 – двигатель; 2 – редуктор; 3 – исполнительный механизм; М – муфта



- **Предохранительные муфты** – предохраняющие механизм от чрезмерных (аварийных) нагрузок.

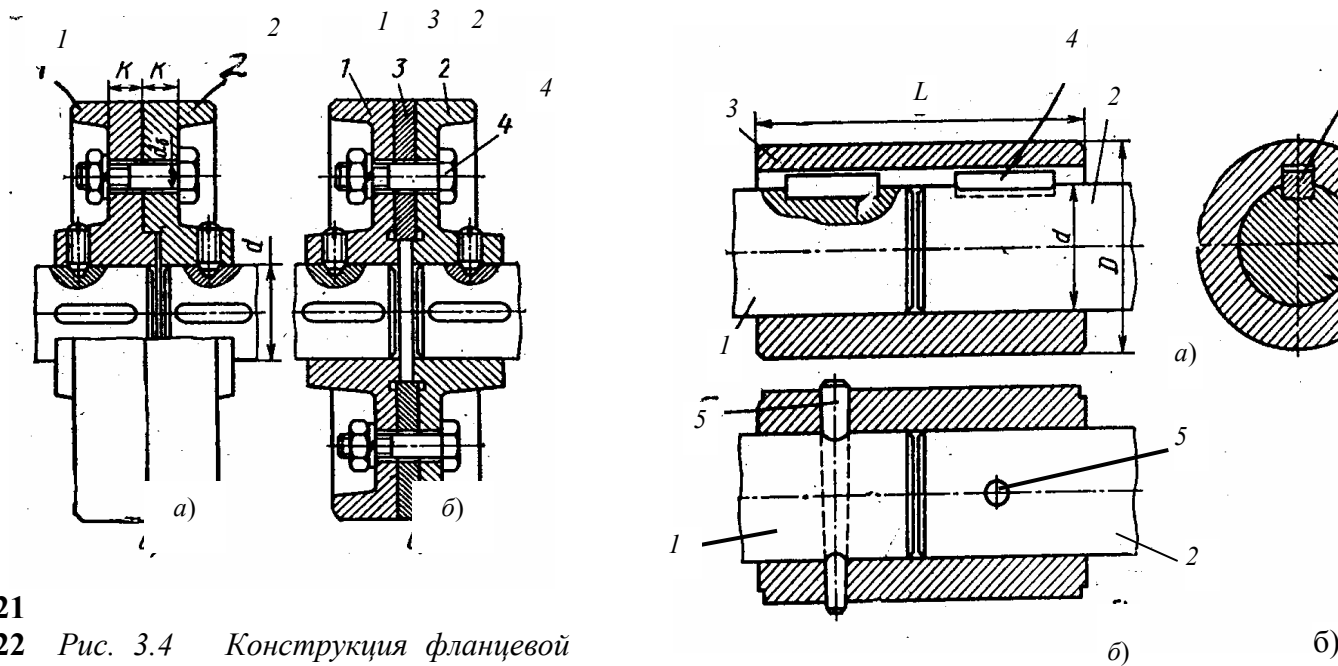
3.2 Постоянные муфты

- **Втулочная муфта** – простейшая из жестких муфт. Представляет собой (рис. 3.3) втулку 3, посаженную с помощью шпонок 4, шлицов или штифтов 5 (рис. 3.3, б) на выходные концы валов 1, 2. Находит применение в тихоходных, неответственных конструкциях при $d \leq 70$ мм.

Недостатки:

- 1) необходимость при монтаже или демонтаже раздвигать концы валов на полную длину муфты, либо сдвигать муфту на $1/2$ длины L ;
- 2) необходимость очень точного совпадения осей валов.

- **Фланцевая муфта** (рис. 3.4) состоит из двух полумуфт 1, 2, соединенных болтами 4. Для лучшей центровки фланцев на одной из полумуфт делают круговой выступ, а на другой – выточку того же размера



20

21

22 Рис. 3.4 Конструкция фланцевой муфты

(рис. 3.4, а), или предусматривают центрирующие кольцо 3 (рис. 3.4, б). Имеют широкое применение при $d \leq 350$ мм.

Недостаток – общий для жестких муфт – необходимость обеспечения точного совмещения осей валов.

• **Продольно-свертная муфта** (рис. 3.5, а, б) состоит из двух половин, соединенных болтами. Для создания давления (силы трения) между поверхностью вала и муфтой в плоскости разъема имеется небольшой зазор δ (рис. 3.5, б).

Достоинства – удобный монтаж без осевых смещений. При отсутствии шпонки – возможность регулировать расположение валов по углу поворота.

Недостаток – общий для всех жестких муфт – необходимость точности взаимного расположения валов. Постоянные муфты изготавливаются из стали 40, 35Л, чугуна (для больших размеров).

• **Компенсирующие муфты** применяются для компенсации того или иного отклонения взаимного положения соединяемых валов (рис. 3.2).

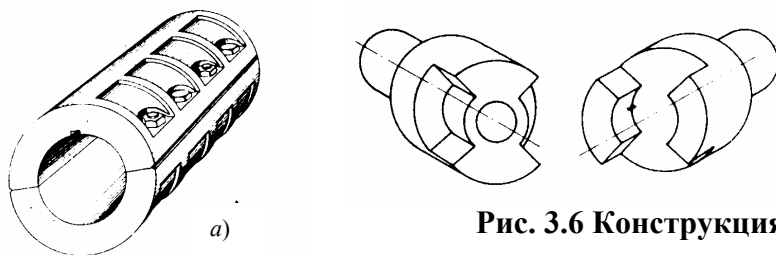
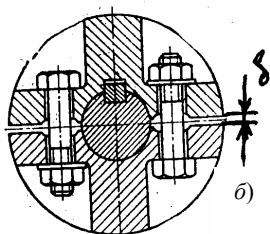


Рис. 3.6 Конструкция кулачково-расширительной муфты

А. Жесткие:

– **Кулачково-расширительная муфта** (рис. 3.6) компенсирует только осевое смещение.

– **Крестово-кулисная (или муфта Ольдгема)** служит для компенсации параллельного смещения осей валов (до $0,05d_B$), а также небольших осевых смещений (рис. 3.7). Состоит из двух полумуфт 1, 2 с пазами на торцевой поверхности и среднего диска 3 с двумя взаимоперпендикулярными выступами, входящими при сборке в пазы полумуфт. При вращении соединенных муфтой валов, оси которых смещены но параллельны, выступы среднего диска скользят по впадинам полумуфт.



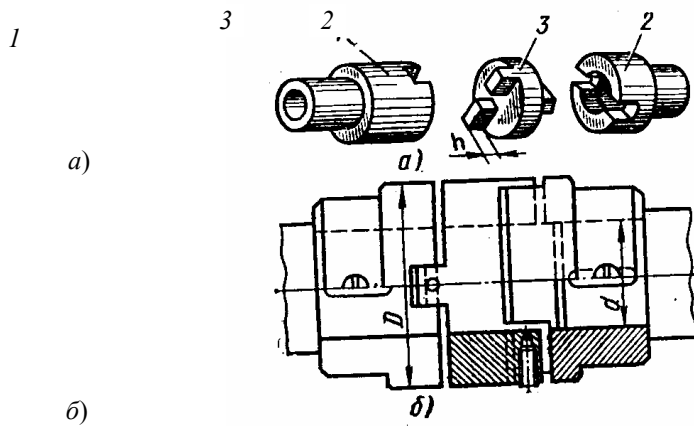
4.1 Рис. 3.5 Конструкция продольно-свертной муфты

– **Крестово-шарнирная муфта (муфта Кардана-Гука)** широко применяется в автостроении, станкостроении и других отраслях. Муфта состоит (рис. 3.8) из двух вилок 1, 2, закрепляемых на концах соединяемых валов 3 и 4, и крестовины 5, несущий на себе четыре цапфы (шарнира) 6 входящих в отверстие вилок. Валы при использовании этой муфты могут располагаться под углом друг к другу α до 20° (рис. 3.8, б), но это требует установку промежуточного вала III с муфтами на обоих концах.

Б. Упругие, которые допускают не только некоторое смещение и наклон валов, но и смягчают толчки и удары, при передаче крутящего момента.

– **Муфта втулочно-пальцевая (МУВП).**

По конструкции аналогична фланцевой муфте (рис. 3.4), но вместо соединительных болтов у МУВП имеются стальные пальцы 1, на которые установлены эластичные (чаще резиновые) втулки 2 (рис. 3.9). Это позволяет компенсировать осевые (5...10 мм), радиальные (до 0,6 мм) и угловые (до 1°) смещения валов.



22.1.1 Рис. 3.7 Конструкция крест

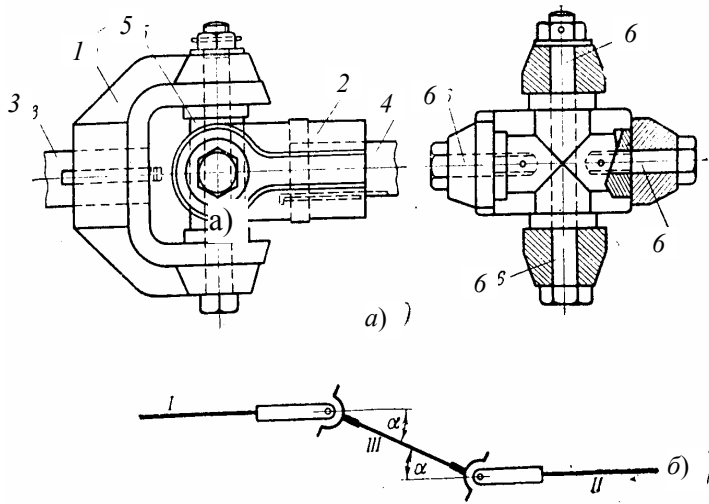
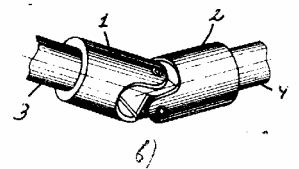
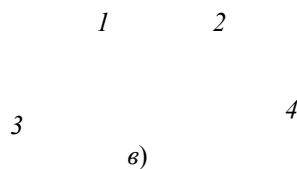


Рис. 3.8 Конструкции крестово-шарнирной муфты



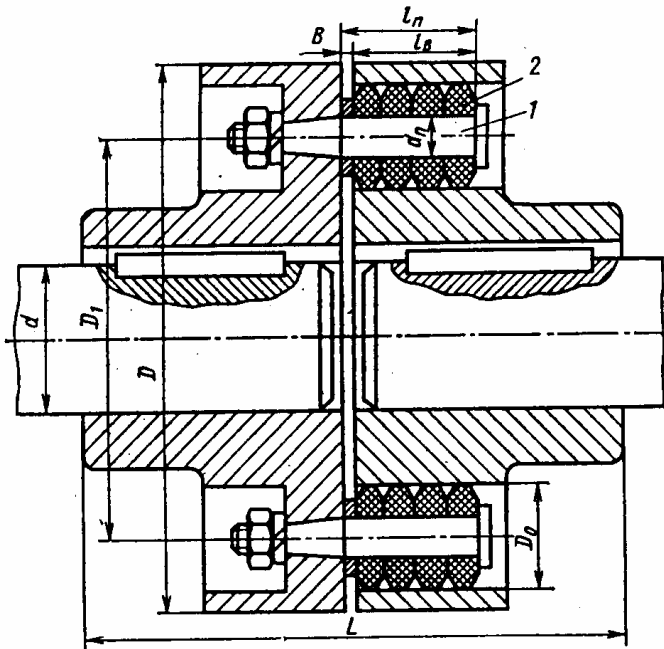


Рис. 3.9 Конструкция втулочно-пальцевой муфты

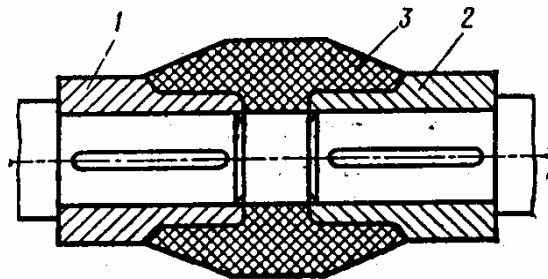


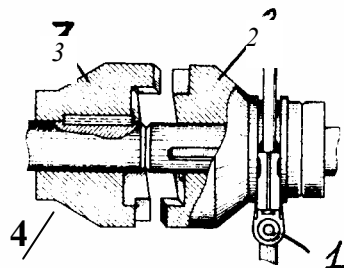
РИС. 3.10 ВАРИАНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ УПРУГИХ МУФТ:

1, 2 – ПОЛУМУФТЫ; 3 – ЭЛАСТИЧНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ

Имеют очень широкое применение из-за хорошей эластичности, простоты изготовления и сборки, надежности при D до 150 мм. Вариант использования эластичного материала при конструировании упругих муфт показан на (рис. 3.10).

3.3 СЦЕПНЫЕ МУФТЫ

Сцепные муфты – предназначены для периодического соединения и разъединения валов во время вращения (на ходу) или во время остановки (в покое). Известны следующие конструкции таких муфт.

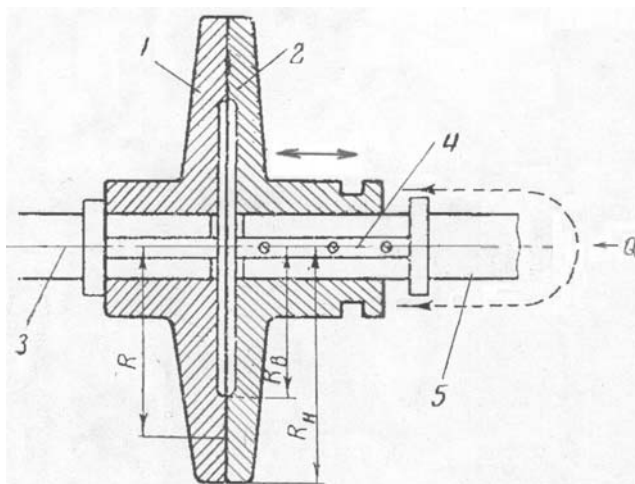


• Кулачковые (рис. 3.11), у которых одна из полу муфт 2 может перемещаться вдоль вала по шпонке 4 с помощью рычага управления 1, а другая полу муфта 3 неподвижно закрепляет

РИС. 3.11 КОНСТРУИРОВАНИЕ МУФТЫ

валу. При сцеплении кулачки подвижной полумуфты 2 входят во впадины неподвижной полумуфты 3, передавая крутящий момент.

• **Фрикционные** – наиболее распространенные в машиностроении. Они передают крутящий момент за счет трения одной полумуфты о другую. Простейшая из этих муфт *дисковая* (рис. 3.12). Она состоит из двух дисков 1 и 2, причем диск 1 закреплен неподвижно шпонкой на *ведущем* валу 3, а диск 2 может скользить по направляющей шпонке 4 вдоль *ведомого* вала 5. Для включения в работу *ведомого* вала необходимо передвинуть диск 2 в осевом направлении и прижать его силой Q ,



23

24 Рис. 3.12 Конструкция дисковой фрикционной муфты

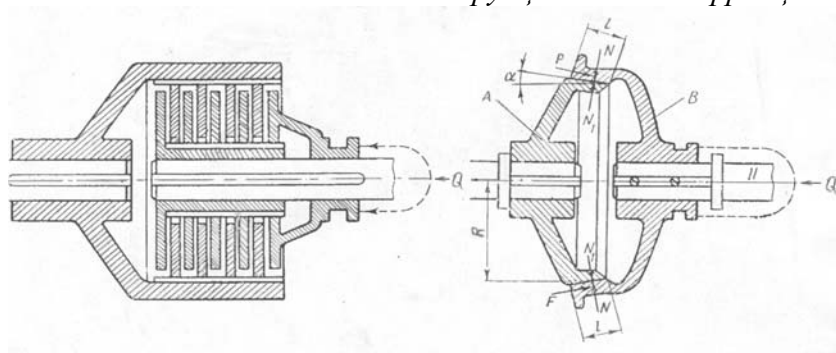


Рис. 3.13 Конструкция
многодисковой муфты

Рис. 3.14 Конструкция
конической муфты

чтобы сила трения $F_{тр} = f \cdot Q$ была больше окружного усилия P , отнесенного к среднему радиусу R дисков, т.е. $f \cdot Q > P$, где f – коэффициент трения скольжения.

При передаче значительных $M_{кр}$ требуется слишком большой диаметр дисков или большая сила нажатия Q . Для снижения этих параметров используются *многодисковые* (рис. 3.13) и *конические* (рис. 3.14) муфты.

Рис. 3.14 Конструкция конической

3.4 Предохранительные муфты

Предохранительные муфты применяют в *механизмах* для ограничения передаваемого момента и предохранения машины от значительных перегрузок.

Наиболее простой вариант такой разрушающейся муфты (рис. 3.15) предусматривает передачу момента через стальной штифт 3, установленный в закаленных втулках 4. При перегрузках штифт срезается, и передача движения прекращается. Применяется при маловероятных нагрузках.

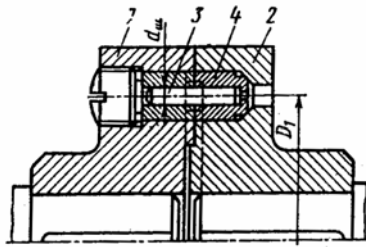
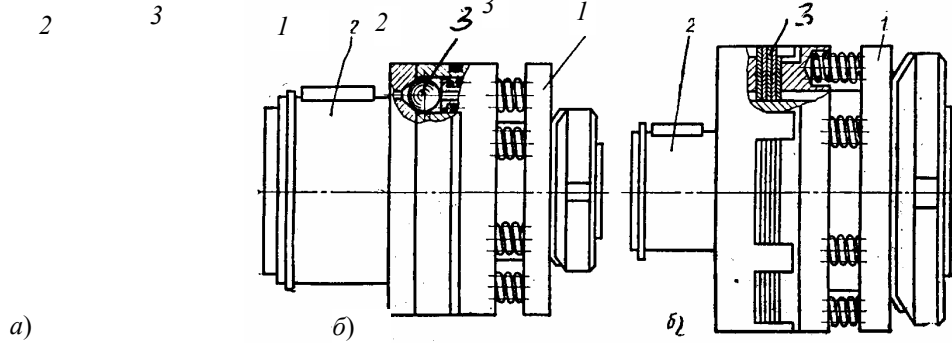


Рис. 3.15 Конструкция предохранительной муфты:

1, 2 – полумуфты; 3 – штифты; 4 – втулки



25 Рис. 3.16 Конструкции предохранительных муфт

Наибольшее распространение получили:

- неразрушающиеся шариковые (кулачковые) муфты (рис. 3.16, а);
- фрикционные предохранительные муфты (рис. 3.16, б).

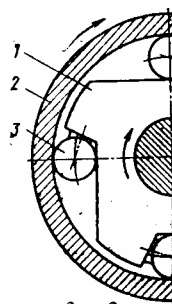
Они отличаются от сцепных муфт отсутствием механизма включения, т.е. они постоянно замкнуты. При чрезмерных нагрузках шарики 3 выдавливаются из впадин полумуфты 2, и муфта размыкается (рис. 3.16, а). Во фрикционных муфтах происходит пробуксовка поверхностей контакта 3 полумуфт (рис. 3.16, б).

3.5 Самоуправляемые муфты

Самоуправляемые муфты – обеспечивают автоматическое соединение или разъединение валов при изменении заданного режима работы.

Муфты свободного хода значены для передачи направления (например, для велосипеда). Ролики муфты 3 полумуфт 1 и 2. При полумуфты 1, вследствие участки вырезов и муфта

(обгонные муфты) (рис. 3.17) предна-вращающего момента в одном вращения втулки заднего колеса заклиниваются между поверхностями уменьшения скорости вращения обгона, ролики выкатываются в широкие автоматически размыкается. Данное состояние показано на рис. 3.17.



Центробежная муфта (рис. 3.18) – служит для автоматического включения (за-мыкания) валов при достижении заданного значения угловых скоростей. Замыкание происходит за счет перемещения грузов-колодок 3, их прижатия к 3 едой полумуфте 2 за счет центробежных сил. Передача момента осуществляется за счет сил трения.

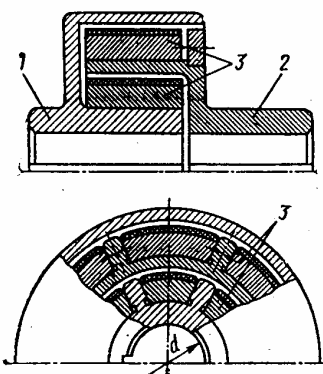


Рис. 3.18 Конструкция центробежной муфты

3.6 Редукторы

Редукторы (мультипликаторы) – механизмы, состоящие из совокупности одной или нескольких пар зубчатых или червячных передач, заключенных в отдельном, закрытом, непроницаемом корпусе и предназначенные для уменьшения (редко для увеличения) скорости движения *ведомого* вала по сравнению с *ведущим*.

Редукторы служат не только для передачи энергии двигателя и изменения скорости, но также и для изменения (чаще увеличения) вращающего момента на величину примерно равную *передаточному числу*.

В современном машиностроении существует большое разнообразие кинематических схем редукторов, их форм и конструкций.

- По виду *звеньев передачи* редукторы делятся на *цилиндрические* (оси ведущего и ведомого валов параллельны), *конические* (оси валов перекрещиваются в пространстве). Встречаются также *комбинированные* редукторы, представляющие собой сочетание зубчатых и червячных пар.

- По числу *пар передач* редукторы делятся на *одноступенчатые* и *многоступенчатые*. В качестве примера рассмотрим наиболее часто встречающиеся схемы редукторов.

- **Одноступенчатые цилиндрические редукторы** (рис. 3.19, а). Обычно имеет $i \leq 7$, прост и надежен в работе. Мощность до 40000 кВт.

- **Двухступенчатые цилиндрические редукторы** (рис. 3.19, б) $i \leq 40$. Первая (быстроходная) ступень часто косозубая, а тихоходная – прямозубая. Не менее часто применяются редукторы, у которых обе ступени имеют колеса одинакового типа (прямозубые, косозубые или шевронные).

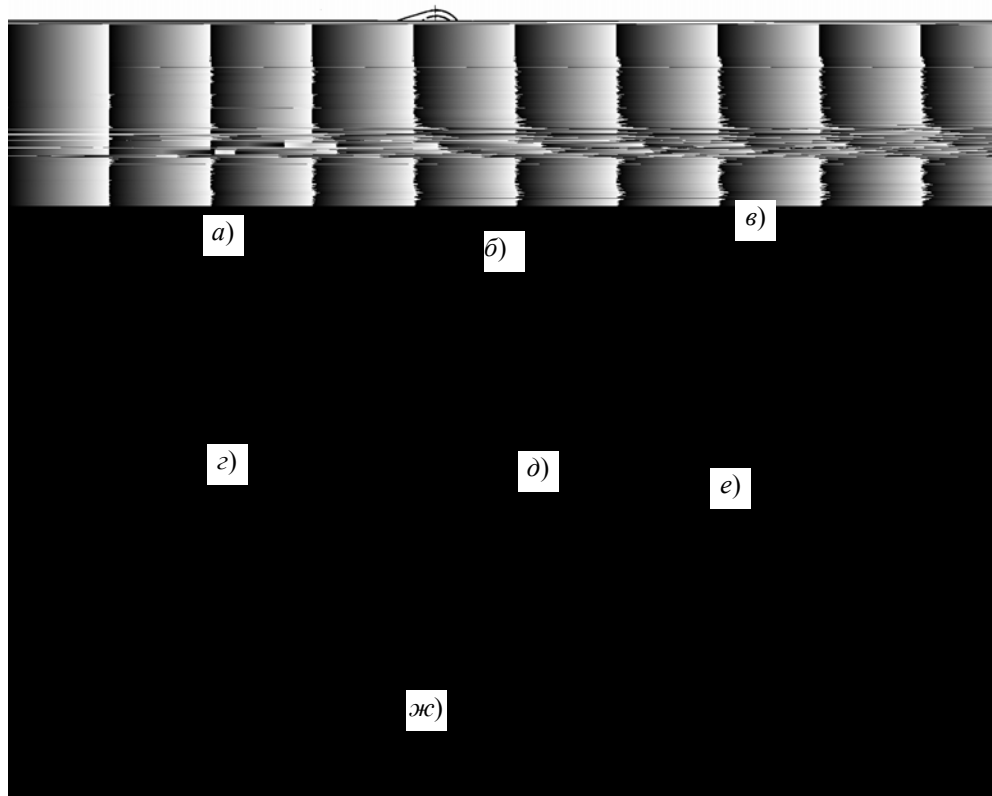


Рис. 3.19 Варианты конструкций редукторов

- **Трехступенчатые цилиндрические редукторы** (рис. 3.19, в, ж). $i \leq 150$ и выше. Достоинство – симметричное расположение зубчатых колес всех ступеней, а значит равномерная нагрузка на опоры.

- **Двухступенчатые коническо-цилиндрические редукторы** (рис. 3.19, з). $i \leq 25$. Применяют при пересекающихся осях ведомого и ведущего валов.

– **Червячные редукторы** с нижним (рис. 3.19, *д*) и верхним (рис. 3.19, *е*) червяком. Такие редукторы имеют малые габариты, бесшумны и имеют плавный характер работы, однако – низкий КПД ($i = 10 \dots 70$).

При необходимости получения различных угловых скоростей выходного вала в корпусе размещают несколько пар зубчатых колес с различными *передаточными числами* и специальный *механизм переключения*. Этот *механизм*, включающий ту или иную пару зубчатых колес называется *коробкой передач*. Они широко применяются в станкостроении и в автомобилестроении.

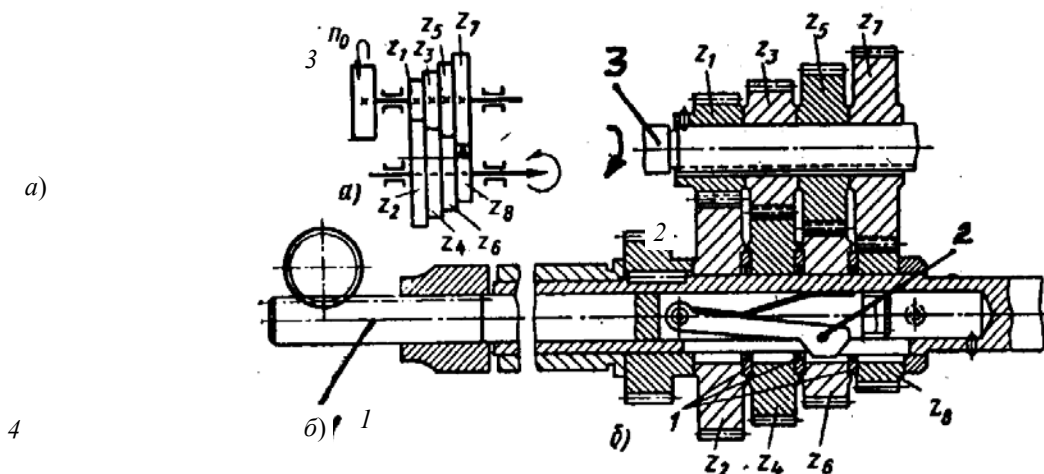
В качестве примера на (рис. 3.20) показана схема (*а*) и конструкция (*б*) коробки передач со встречными ступенчатыми конусами колес и вытяжной шпонкой на четыре *передаточных отношения* (может до 10).

В *механизме* (рис. 3.20, *б*) на верхнем ведущем валу 3 жестко насажены зубчатые колеса z_1, z_3, z_5, z_7 , которые находятся в постоянном зацеплении соответственно с колесами – z_2, z_4, z_6 и z_8 . Одно из колес на *ведомом* валу 4 может быть жестко связано с ним посредством вытяжной шпонки 2 и тогда вращение ведомого вала 4 передается через это колесо (на рис. – z_6). Остальные (z_2, z_4, z_8) колеса вращаются вхолостую.

На (рис. 3.21) показана схема устройства двухступенчатого редуктора с цилиндрическими зубчатыми колесами.

На (рис. 3.22) показана схема устройства конического одноступенчатого редуктора с прямозубыми колесами.

На (рис. 3.23) показана схема устройства червячных редукторов с нижним (*б*) и верхним (*в*) расположением червяков.



26 Рис. 3.20 Конструкция коробки передач

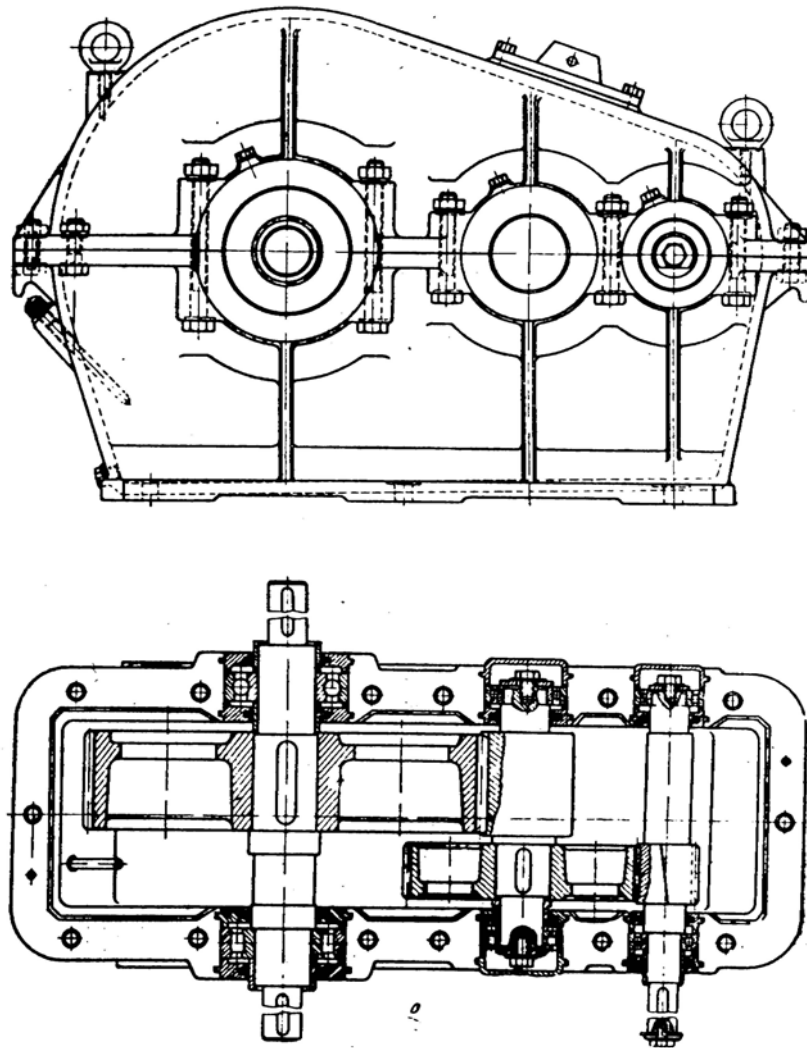


Рис. 3.21 Двухступенчатый редуктор с цилиндрическими зубчатыми колесами

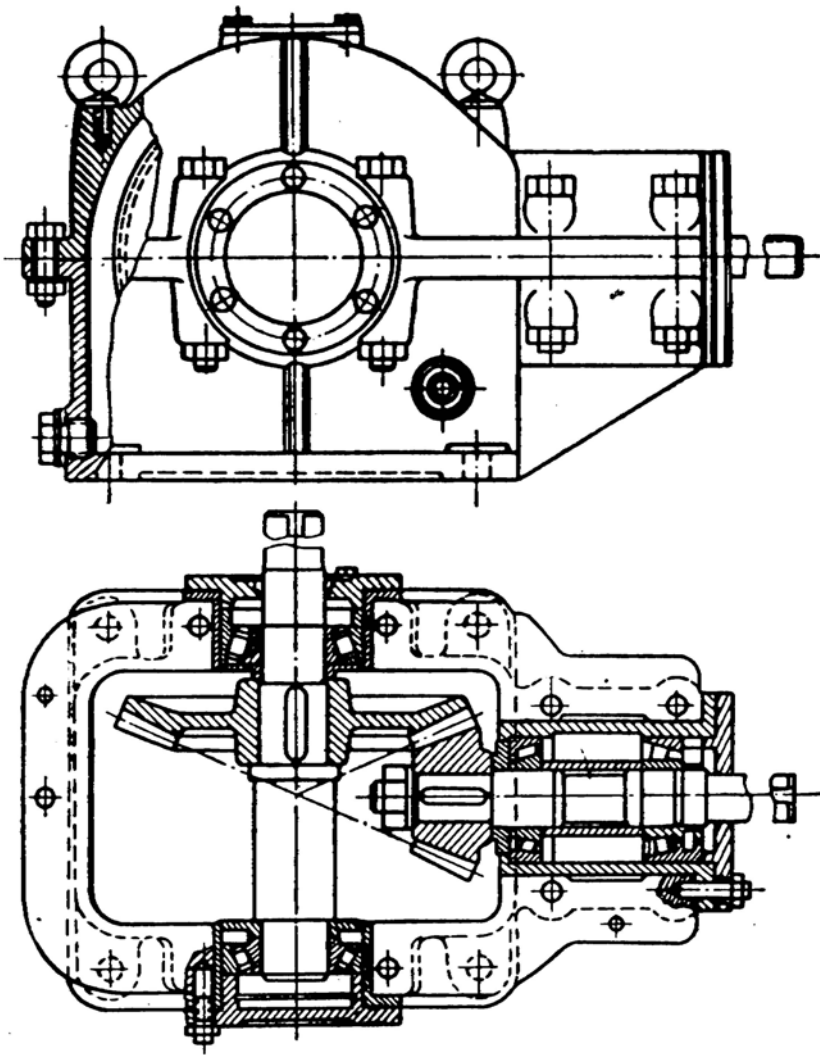


Рис. 3. 22 Одноступенчатый редуктор с коническими зубчатыми колесами

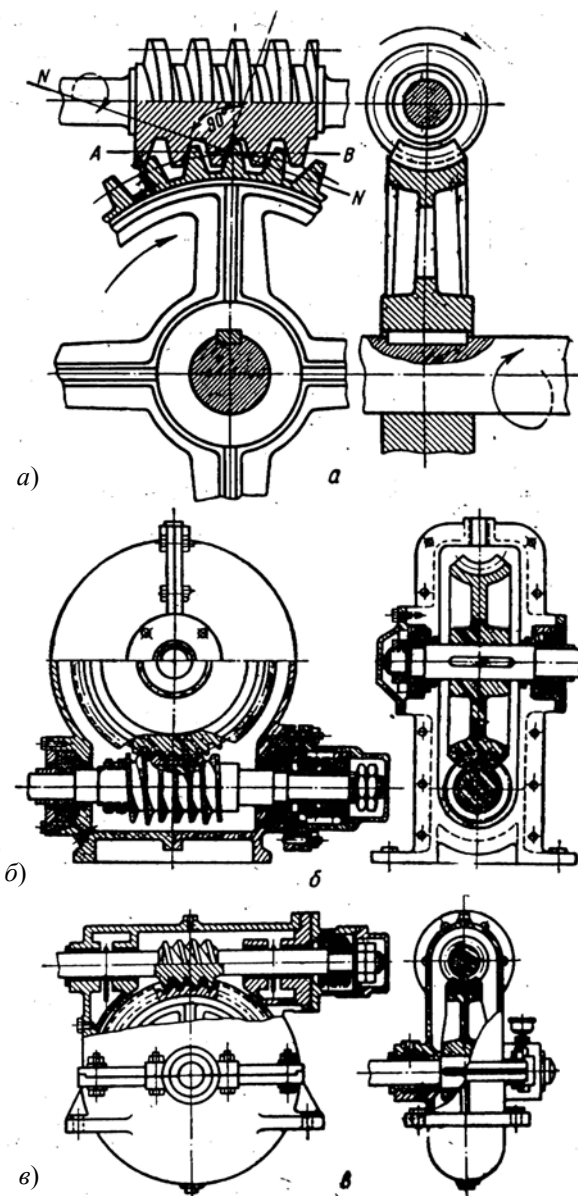


РИС. 3.23 СХЕМЫ УСТРОЙСТВ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ С НИЖНИМ И ВЕРХНИМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЧЕРВЯКОВ
4 МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СТАНКИ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМ ВИДОМ ЗАВОДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАШИН, ПРИБОРОВ, ИНСТРУМЕНТОВ И ДРУГИХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЭТОМУ КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ, ИХ ТЕХНИЧЕСКАЯ ОСНАЩЕННОСТЬ В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ХАРАКТЕРИЗУЮТ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩЬ СТРАНЫ.

Металлорежущие станки предназначены для обработки изделий, в основном, путем снятия стружки режущим инструментом. Наряду с металлическими изделиями на таких станках можно обрабатывать пластмассы, стекло, керамику и др.

4.1 Классификация металлорежущих станков

По характеру выполняемых работ и применяемому режущему инструменту металлорежущие станки подразделяются на 9 групп.

Группы и типы металлорежущих станков приведены в табл. 4.1.

- **Токарные** станки, у которых главным движением является вращение заготовки.

- **Сверлильные и расточные** станки для обработки отверстий; главное движение – вращение режущего инструмента (сверла, резца).
- **Шлифовальные** станки, у которых режущим инструментом служит абразив; главное движение – вращение абразивного инструмента.
- **Полировальные и доводочные** станки, режущим инструментом которых являются абразивы в виде брусков и лент, а также порошки и пасты; главное движение – движение абразивного инструмента или приспособления, несущего порошок или пасту.
- **Зубообрабатывающие** станки для обработки зубьев зубчатых колес и реек; главное движение вращение режущего инструмента – фрезы.
- **Фрезерные** станки с режущим многолезвийным инструментом – фрезой; главное движение – вращение фрезы.
- **Строгальные** станки с прямолинейным возвратно-поступательным движением резца или заготовки; режущий инструмент – резец; главное движение: у поперечно-строгального станка – движение резца, у продольно-строгального – движение заготовки.
- **Разрезные** станки для разрезания и распиловки сортового проката (прутков с сечением различной формы, уголков, швеллеров, балок); режущий инструмент – сегментная дисковая пила, абразивные диски или ножовочное полотно; главное движение – вращение диска или возвратно-поступательное движение ножовочного полотна.

- **Протяжные** станки для точной обработки наружных и внутренних поверхностей любого профиля; обработка производится специальным многолезвийным инструментом, зубья которого за один проход снимают весь припуск.

- **Резьбообрабатывающие** станки для получения наружных и внутренних резьб в мелкосерийном, серийном и массовом производствах; главное движение – вращение режущего инструмента.

Различные станки, не относящиеся ни к одной из перечисленных групп.

По степени специализации станки подразделяются на универсальные – для выполнения разнообразных операций при изготовлении деталей широкой номенклатуры, *станки широкого назначения* – для выполнения ограниченного количества операций на деталях широкой номенклатуры, *специализированные* – для обработки однотипных деталей различных размеров, но сходных по конфигурации (валы, кольца, фланцы, втулки), *специальные* – для обработки деталей одного типоразмера.

По степени точности различают 5 классов металлорежущих станков: Н – станки нормальной точности (большинство универсальных станков); П – станки повышенной точности с ужесточенными требованиями к точности отдельных деталей, качеству сборки и регулировки; В – станки высокой точности, достигаемой за счет изменения конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки; А – станки особо высокой точности, при изготовлении которых предъявляются очень высокие требования; С – особо точные, прецизионные или мастер-станки, предназначенные для изготовления особо точных деталей, например, для станков классов А и В.

По массе различают *легкие* станки – массой до 10 кН, *средние* – до 100 кН и *тяжелые* – свыше 100 кН; тяжелые станки подразделяются на крупные – массой от 100 до 300 кН; собственно-тяжелые – от 300 до 1 МН и особо тяжелые (уникальные) – более 1 МН.

Система обозначений станков основана на присвоении каждой модели шифра или номера, построенного по десятичной системе. *Первая* цифра шифра означает группу, к которой относится станок, *вторая* – тип или разновидность станка в группе, *третья и четвертая* – условный размер обрабатываемой детали инструмента или станка (для токарных станков – высота центров, токарно-револьверных станков и автоматов – максимальный диаметр обрабатываемого прутка материала, для сверлильных станков – максимальный диаметр сверления отверстий в детали, консольно-фрезерных – типоразмер стола, протяжных – усилие).

Буква после первой цифры указывает на различие в конструкциях станков одного и того же размера. Например, токарно-винторезный станок модели 162 имеет максимальную частоту вращения шпинделя 600 об/мин, модели 1А62 – 1200 об/мин и модели 1К62 – 2000 об/мин.

Буква в конце всех цифр означает различные модификации станков одной и той же базовой модели. Например, вертикально-фрезерный станок модели 6Н12 модифицирован в копировально-фрезерный, которому присвоен шифр 6Н12К.

Индексация станков с ПУ. К основному обозначению модели станка добавляется один из следующих индексов: Ц – станки с цифровым управлением; Ф1 – станки с цифровой индикацией положения, а также станки с цифровой индикацией и ручным вводом данных; Ф2 – станки с позиционными СЧПУ; Ф3 – станки с контурными СЧПУ; Ф4 – станки со смешанными системами ЧПУ.

Кроме того, введены индексы, отражающие *конструктивные особенности* станков, связанные с автоматической сменой инструмента: Р – смена инструмента поворотом револьверной головки; М – смена инструмента из магазина. Индексы Р и М записываются перед индексами Ф2 и Ф3, например: РФ2 – станки с позиционной СЧПУ револьверной инструментальной головкой; МФ3 – станки с контурной СЧПУ со сменой инструмента из магазина; МФ4 – станки со смешанными системами управления с магазином инструментов.

4.2 Движения в металлорежущих станках

Для получения на металлорежущем станке детали требуемых формы и размеров рабочим органам станка необходимо сообщить определенный, иногда довольно сложный комплекс согласованных друг с другом движений. Эти движения можно подразделить на основные (рабочие) и вспомогательные. К основным движениям относят главное движение резания или, иначе, *главное движение* и *движение подачи*.

Вспомогательные движения необходимы для подготовки процесса резания, обеспечения последовательной обработки нескольких поверхностей на одной заготовке или одинаковых поверхности на различных заготовках к вспомогательным относят движения:

- для наладки станка на заданные режимы резания;
- для наладки станка в соответствии с размерами и конфигурацией заготовки;

- управления станком в процессе работы;
- соответствующих рабочих органов для подачи и зажима прутка или штучных заготовок;
- для закрепления и освобождения рабочих органов станка.

Вспомогательные движения можно выполнять как автоматически, так и в ручную. В станках-автоматах все вспомогательные движения автоматизированы, их выполняют механизмы станка в определенные моменты времени в соответствии с технологическим процессом обработки детали.

Главное движение резания (D_r) – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента. Главное движение может входить в состав сложного формообразующего движения (например, при точении резьбы).

Скорость главного движения (v) – скорость перемещения рассматриваемой точки режущей кромки инструмента или заготовки, участвующих в главном движении. У станков токарной группы главным движением является вращение заготовки; у фрезерных, шлифовальных и сверлильных – вращение инструмента; у долбежных, протяжных, части зубообрабатывающих и некоторых других – возвратно-поступательное движение инструмента; у продольно-строгательных станков – возвратно-поступательное движение заготовки и т.д.

Движение подачи (D_s) – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. Движение подачи может быть непрерывным или прерывистым. В зависимости от направления различают движение подачи: продольное, поперечное и др.

Скорость движения подачи (v_s) – это скорость рассматриваемой точки режущей кромки в направлении движения подачи.

Подача (s) – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания.

Под циклом движения понимают полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки.

Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

Под ходом понимают движение в одну сторону при возвратно-поступательном движении. У токарных, фрезерных, сверлильных и других станков движение подачи является непрерывным. Прерывистым оно бывает, например, у продольно-строгательных станков. Примером сложного движения подачи может служить движение подачи в зубофрезерном станке при нарезании косозубого цилиндрического колеса. У круглошлифовальных станков несколько движений подачи: вращательное движение заготовки, продольное осевое перемещение заготовки или шлифовального круга и, наконец, поперечное движение шлифовального круга. В протяжных станках движение подачи отсутствует.

4.3 Конструкция, область применения основных типов металлообрабатывающих станков

4.3.1 Токарно-винторезные станки

Станки данной группы предназначены, в основном, для обработки поверхностей вращения, соосных оси шпинделя (цилиндрических, конических, фасонных, торцевых), а также сверления отверстий, нарезания наружных и внутренних резьб.

На рис. 4.1 показана конструкция токарно-винторезного станка и его основные элементы, а на рис. 4.2 – технологические операции, выполняемые на нем.

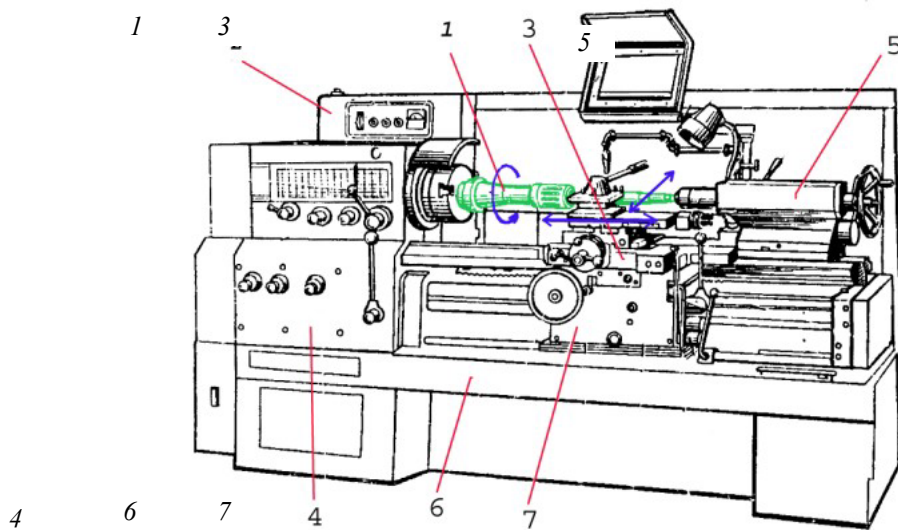


Рис 4.1 Токарно-винторезный станок 16К20:

1 – заготовка; 2 – передняя (шпиндельная) бабка; 3 – суппорт; 4 – коробка подач; 5 – задняя бабка; 6 – станина; 7 – фартук

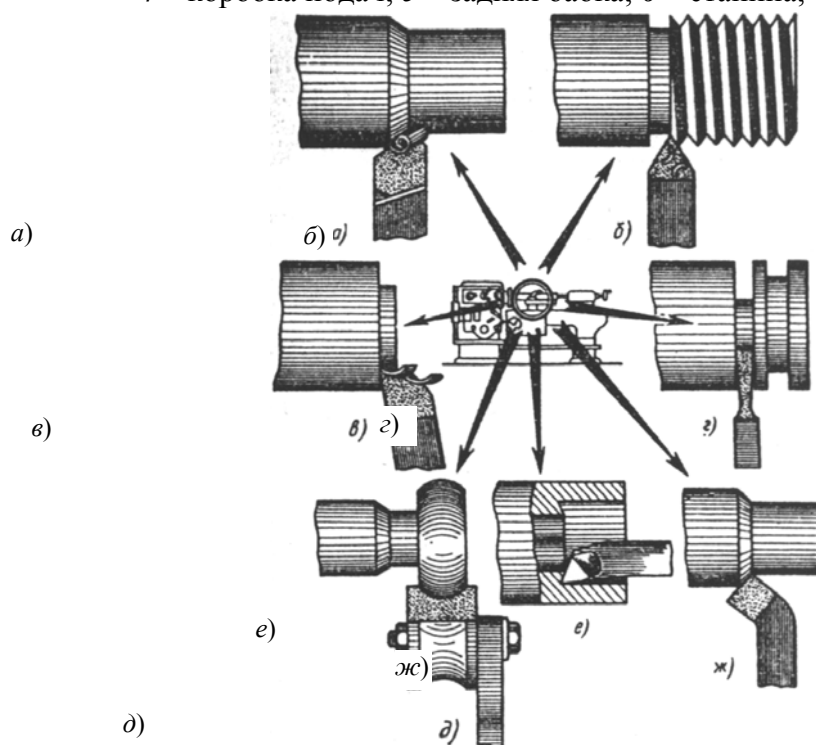
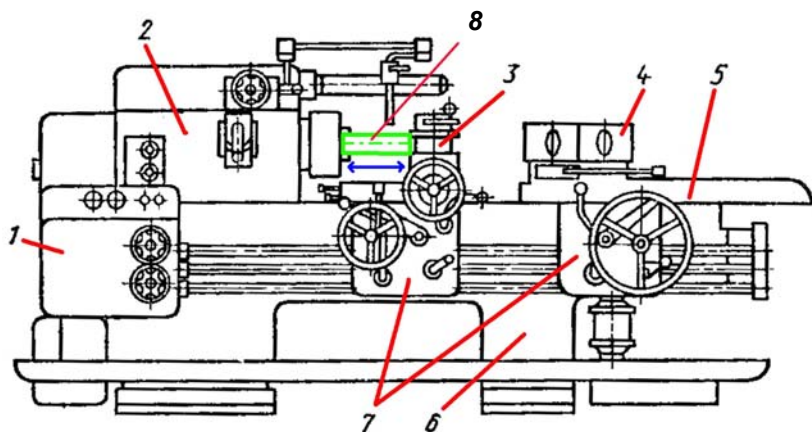


Рис 4.2 Основные операции, выполняемые на токарно-винторезных станках

4.3.2 Токарно-револьверные станки

Токарно-револьверные станки предназначены для обработки заготовок преимущественно из пруткового проката. Осуществляют разнообразную многопереходную обработку вместо отдельного исполнения тех же переходов на токарных, сверлильных и других станках. Часто применяются многоинструментальные, параллельные схемы обработки, чему способствует наличие револьверной головки (вертикального или горизонтального исполнения), в которую закрепляют до 24 и более различных инструментов.

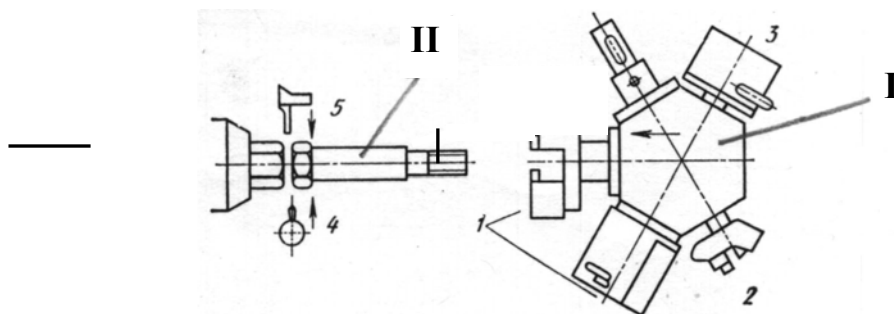
На рис.4.3 показана конструкция одного из станков этой группы, а на рис. 4.4 – типовая схема наладки станка при обработке болта.



револьверной головки:

- 1 – коробка подач; 2 – шпиндельная бабка; 3 – поперечный суппорт; 4 – револьверная головка; 5 – суппорт револьверной головки; 6 – станина; 7 – фартуки суппортов; 8 – заготовка

26.1 Рис. 4.3 Токарно-револьверный станок



26.2 Рис 4.4 Наладка токарно-револьверного станка

4.3.3 Токарно-карусельные и лобовые станки

Токарно-карусельные и лобовые станки используются для токарной обработки заготовок разнообразной формы больших диаметров до 10 000 мм и более при относительно малой длине ($L/D \leq 1$).

На рис. 4.5 показана конструкция станка, а на рис. 4.6 – типовая схема его наладки. Для обработки заготовок той же формы используются токарно-лобовые станки.

Рис.4.3. Токарно-револьверный станок с вертикальной осью револьверной головки

- 1-коробка подач; 2-шпиндельная бабка; 3-поперечный суппорт; 4-револьверная головка; 5-суппорт револьверной головки; 6-станина; 7-фартуки суппортов; 8-заготовка

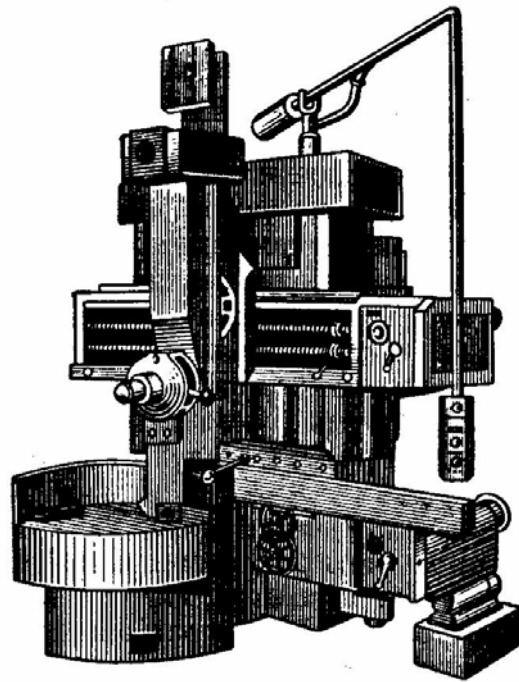


Рис. 4.5 Токарно-карусельный станок

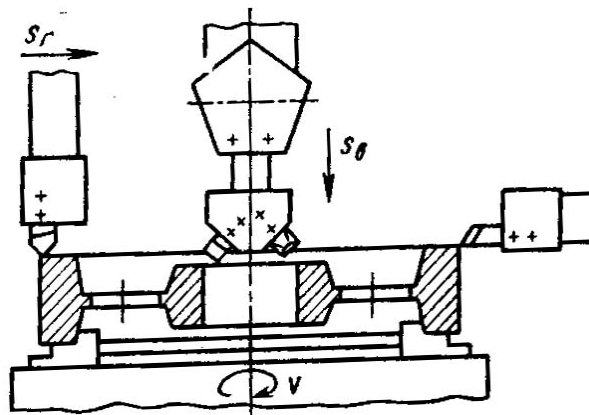


Рис. 4.6 Наладка токарно-карусельного станка
4 МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СТАНКИ

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМ ВИДОМ ЗАВОДСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАШИН, ПРИБОРОВ, ИНСТРУМЕНТОВ И ДРУГИХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЭТОМУ КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ, ИХ ТЕХНИЧЕСКАЯ ОСНАЩЕННОСТЬ В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ХАРАКТЕРИЗУЮТ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩЬ СТРАНЫ.

Металлорежущие станки предназначены для обработки изделий, в основном, путем снятия стружки режущим инструментом. Наряду с металлическими изделиями на таких станках можно обрабатывать пластмассы, стекло, керамику и др.

4.1 Классификация металлорежущих станков

По характеру выполняемых работ и применяемому режущему инструменту металлорежущие станки подразделяются на 9 групп.

Группы и типы металлорежущих станков приведены в табл. 4.1.

- **Токарные** станки, у которых главным движением является вращение заготовки.

- **Сверлильные и расточные** станки для обработки отверстий; главное движение – вращение режущего инструмента (сверла, резца).
- **Шлифовальные** станки, у которых режущим инструментом служит абразив; главное движение – вращение абразивного инструмента.
- **Полировальные и доводочные** станки, режущим инструментом которых являются абразивы в виде брусков и лент, а также порошки и пасты; главное движение – движение абразивного инструмента или приспособления, несущего порошок или пасту.
- **Зубообрабатывающие** станки для обработки зубьев зубчатых колес и реек; главное движение вращение режущего инструмента – фрезы.
- **Фрезерные** станки с режущим многолезвийным инструментом – фрезой; главное движение – вращение фрезы.
- **Строгальные** станки с прямолинейным возвратно-поступательным движением резца или заготовки; режущий инструмент – резец; главное движение: у поперечно-строгального станка – движение резца, у продольно-строгального – движение заготовки.
- **Разрезные** станки для разрезания и распиловки сортового проката (прутков с сечением различной формы, уголков, швеллеров, балок); режущий инструмент – сегментная дисковая пила, абразивные диски или ножовочное полотно; главное движение – вращение диска или возвратно-поступательное движение ножовочного полотна.

- **Протяжные** станки для точной обработки наружных и внутренних поверхностей любого профиля; обработка производится специальным многолезвийным инструментом, зубья которого за один проход снимают весь припуск.

- **Резьбообрабатывающие** станки для получения наружных и внутренних резьб в мелкосерийном, серийном и массовом производствах; главное движение – вращение режущего инструмента.

Различные станки, не относящиеся ни к одной из перечисленных групп.

По степени специализации станки подразделяются на универсальные – для выполнения разнообразных операций при изготовлении деталей широкой номенклатуры, станки широкого назначения – для выполнения ограниченного количества операций на деталях широкой номенклатуры, специализированные – для обработки однотипных деталей различных размеров, но сходных по конфигурации (валы, кольца, фланцы, втулки), специальные – для обработки деталей одного типоразмера.

По степени точности различают 5 классов металлорежущих станков: Н – станки нормальной точности (большинство универсальных станков); П – станки повышенной точности с ужесточенными требованиями к точности отдельных деталей, качеству сборки и регулировки; В – станки высокой точности, достигаемой за счет изменения конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, качеству сборки и регулировки; А – станки особо высокой точности, при изготовлении которых предъявляются очень высокие требования; С – особо точные, прецизионные или мастер-станки, предназначенные для изготовления особо точных деталей, например, для станков классов А и В.

По массе различают легкие станки – массой до 10 кН, средние – до 100 кН и тяжелые – свыше 100 кН; тяжелые станки подразделяются на крупные – массой от 100 до 300 кН; собственно-тяжелые – от 300 до 1 МН и особо тяжелые (уникальные) – более 1 МН.

Система обозначений станков основана на присвоении каждой модели шифра или номера, построенного по десятичной системе. Первая цифра шифра означает группу, к которой относится станок, вторая – тип или разновидность станка в группе, третья и четвертая – условный размер обрабатываемой детали инструмента или станка (для токарных станков – высота центров, токарно-револьверных станков и автоматов – максимальный диаметр обрабатываемого прутка материала, для сверлильных станков – максимальный диаметр сверления отверстий в детали, консольно-фрезерных – типоразмер стола, протяжных – усилие).

Буква после первой цифры указывает на различие в конструкциях станков одного и того же размера. Например, токарно-винторезный станок модели 162 имеет максимальную частоту вращения шпинделя 600 об/мин, модели 1А62 – 1200 об/мин и модели 1К62 – 2000 об/мин.

Буква в конце всех цифр означает различные модификации станков одной и той же базовой модели. Например, вертикально-фрезерный станок модели 6Н12 модифицирован в копировально-фрезерный, которому присвоен шифр 6Н12К.

Индексация станков с ПУ. К основному обозначению модели станка добавляется один из следующих индексов: Ц – станки с цифровым управлением; Ф1 – станки с цифровой индикацией положения, а также станки с цифровой индикацией и ручным вводом данных; Ф2 – станки с позиционными СЧПУ; Ф3 – станки с контурными СЧПУ; Ф4 – станки со смешанными системами ЧПУ.

Кроме того, введены индексы, отражающие конструктивные особенности станков, связанные с автоматической сменой инструмента: Р – смена инструмента поворотом револьверной головки; М – смена инструмента из магазина. Индексы Р и М записываются перед индексами Ф2 и Ф3, например: РФ2 – станки с позиционной СЧПУ револьверной инструментальной головкой; МФ3 – станки с контурной СЧПУ со сменой инструмента из магазина; МФ4 – станки со смешанными системами управления с магазином инструментов.

4.2 Движения в металлорежущих станках

Для получения на металлорежущем станке детали требуемых формы и размеров рабочим органам станка необходимо сообщить определенный, иногда довольно сложный комплекс согласованных друг с другом движений. Эти движения можно подразделить на основные (рабочие) и вспомогательные. К основным движениям относят главное движение резания или, иначе, *главное движение* и *движение подачи*.

Вспомогательные движения необходимы для подготовки процесса резания, обеспечения последовательной обработки нескольких поверхностей на одной заготовке или одинаковых поверхности на различных заготовках к вспомогательным относят движения:

- для наладки станка на заданные режимы резания;
- для наладки станка в соответствии с размерами и конфигурацией заготовки;

- управления станком в процессе работы;
- соответствующих рабочих органов для подачи и зажима прутка или штучных заготовок;
- для закрепления и освобождения рабочих органов станка.

Вспомогательные движения можно выполнять как автоматически, так и в ручную. В станках-автоматах все вспомогательные движения автоматизированы, их выполняют механизмы станка в определенные моменты времени в соответствии с технологическим процессом обработки детали.

Главное движение резания (D_r) – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента. Главное движение может входить в состав сложного формообразующего движения (например, при точении резьбы).

Скорость главного движения (v) – скорость перемещения рассматриваемой точки режущей кромки инструмента или заготовки, участвующих в главном движении. У станков токарной группы главным движением является вращение заготовки; у фрезерных, шлифовальных и сверлильных – вращение инструмента; у долбежных, протяжных, части зубообрабатывающих и некоторых других – возвратно-поступательное движение инструмента; у продольно-строгательных станков – возвратно-поступательное движение заготовки и т.д.

Движение подачи (D_s) – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность. Движение подачи может быть непрерывным или прерывистым. В зависимости от направления различают движение подачи: продольное, поперечное и др.

Скорость движения подачи (v_s) – это скорость рассматриваемой точки режущей кромки в направлении движения подачи.

Подача (s) – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания.

Под циклом движения понимают полный оборот, ход или двойной ход режущего инструмента или заготовки.

Долей цикла является часть оборота, соответствующая угловому шагу зубьев режущего инструмента.

Под ходом понимают движение в одну сторону при возвратно-поступательном движении. У токарных, фрезерных, сверлильных и других станков движение подачи является непрерывным. Прерывистым оно бывает, например, у продольно-строгательных станков. Примером сложного движения подачи может служить движение подачи в зубофрезерном станке при нарезании косозубого цилиндрического колеса. У круглошлифовальных станков несколько движений подачи: вращательное движение заготовки, продольное осевое перемещение заготовки или шлифовального круга и, наконец, поперечное движение шлифовального круга. В протяжных станках движение подачи отсутствует.

4.3 Конструкция, область применения основных типов металлообрабатывающих станков

4.3.1 Токарно-винторезные станки

Станки данной группы предназначены, в основном, для обработки поверхностей вращения, соосных оси шпинделя (цилиндрических, конических, фасонных, торцевых), а также сверления отверстий, нарезания наружных и внутренних резьб.

На рис. 4.1 показана конструкция токарно-винторезного станка и его основные элементы, а на рис. 4.2 – технологические операции, выполняемые на нем.

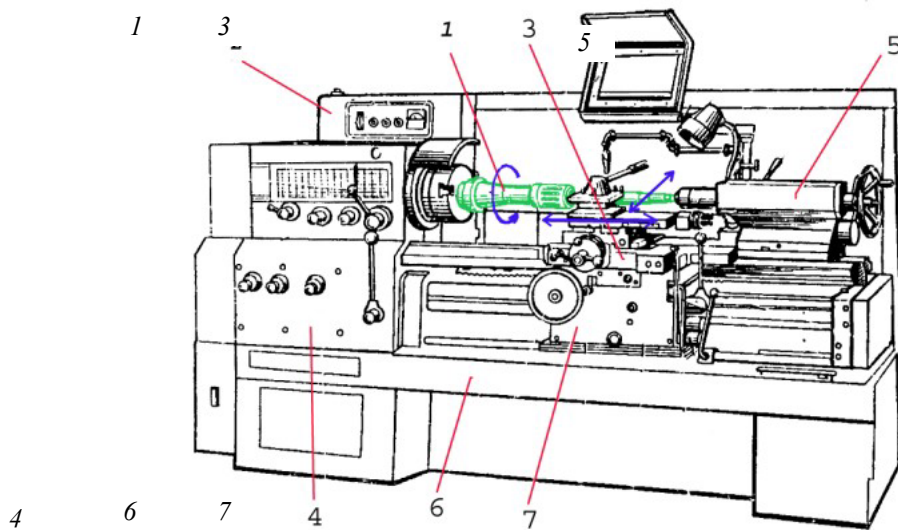


Рис 4.1 Токарно-винторезный станок 16К20:

1 – заготовка; 2 – передняя (шпиндельная) бабка; 3 – суппорт; 4 – коробка подач; 5 – задняя бабка; 6 – станина; 7 – фартук

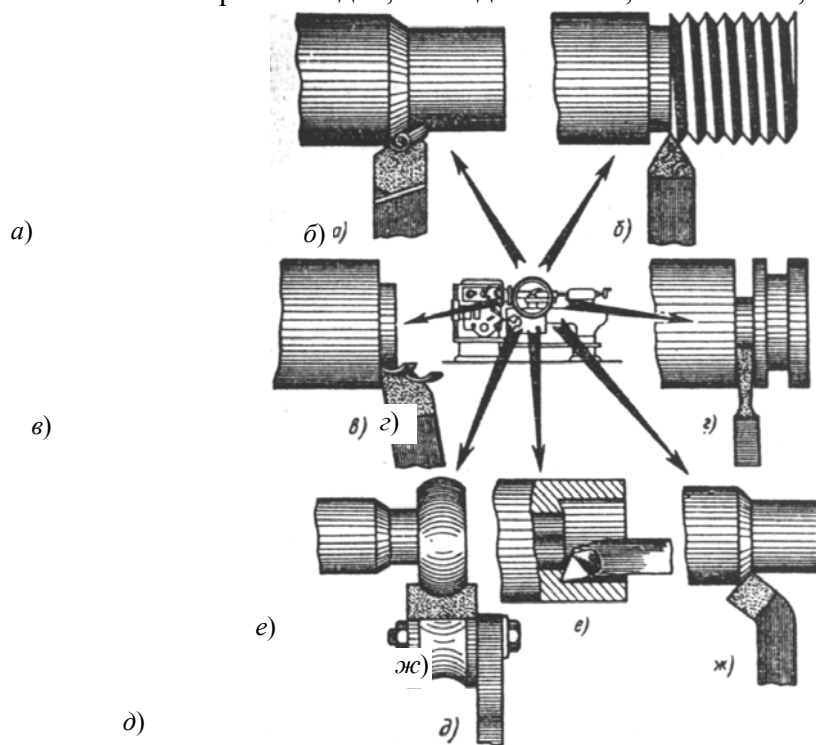
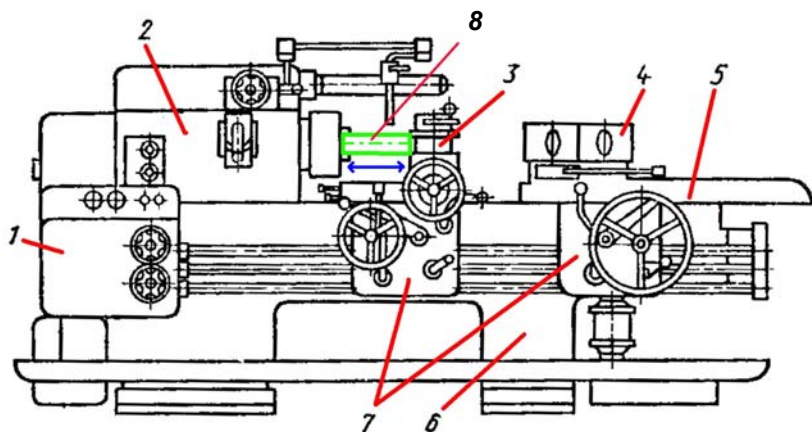


Рис 4.2 Основные операции, выполняемые на токарно-винторезных станках

4.3.2 Токарно-револьверные станки

Токарно-револьверные станки предназначены для обработки заготовок преимущественно из пруткового проката. Осуществляют разнообразную многопереходную обработку вместо отдельного исполнения тех же переходов на токарных, сверлильных и других станках. Часто применяются многоинструментальные, параллельные схемы обработки, чему способствует наличие револьверной головки (вертикального или горизонтального исполнения), в которую закрепляют до 24 и более различных инструментов.

На рис.4.3 показана конструкция одного из станков этой группы, а на рис. 4.4 – типовая схема наладки станка при обработке болта.



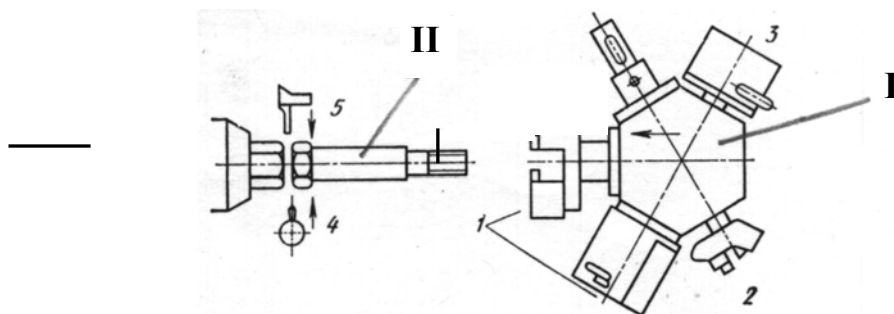
револьверной головки:

1 – коробка подач; 2 – шпиндельная бабка; 3 – поперечный суппорт;

4 – револьверная головка; 5 – суппорт револьверной головки; 6 – станина;

7 – фартуки суппортов; 8 – заготовка

26.3 Рис. 4.3 Токарно-револьверный станок



26.4 Рис 4.4 Наладка токарно-револьверного станка

4.3.3 Токарно-карусельные и лобовые станки

Токарно-карусельные и лобовые станки используются для токарной обработки заготовок разнообразной формы больших диаметров до 10 000 мм и более при относительно малой длине ($L/D \leq 1$).

На рис. 4.5 показана конструкция станка, а на рис. 4.6 – типовая схема его наладки. Для обработки заготовок той же формы используются токарно-лобовые станки.

Рис.4.3. Токарно-револьверный станок с вертикальной осью револьверной головки

1-коробка подач; 2-шпиндельная бабка; 3-поперечный суппорт;
4-револьверная головка; 5-суппорт револьверной головки; 6-станина;
7-фартуки суппортов; 8-заготовка

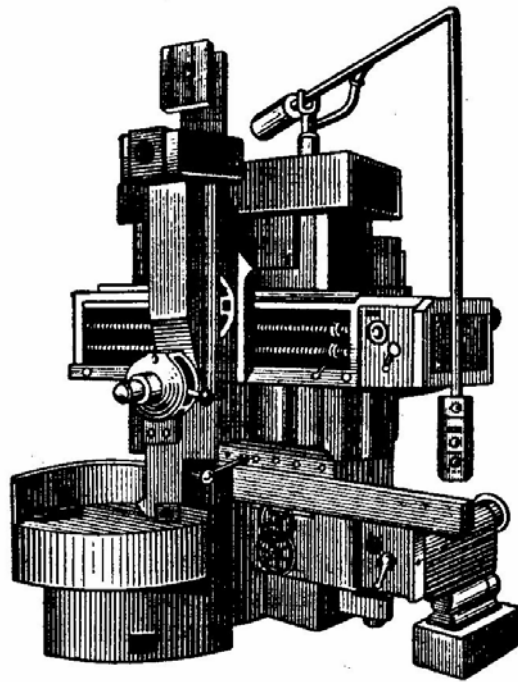


Рис. 4.5 Токарно-карусельный станок

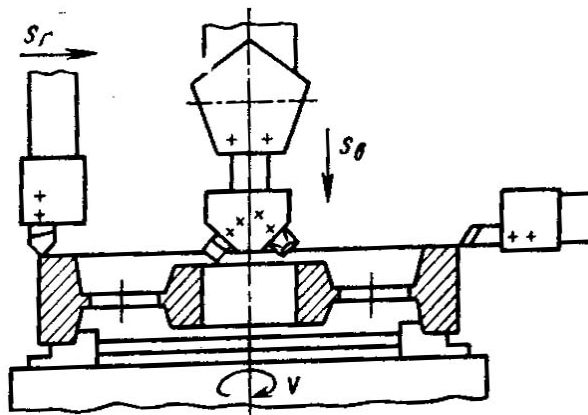


Рис. 4.6 Наладка токарно-карусельного станка
4.3.4 Токарно-расточные станки

Токарно-расточные станки используются для обработки отверстий и плоскостей корпусных деталей. Они позволяют обеспечить точность взаимного расположения основных отверстий и других элементов деталей (координатно-расточные станки).

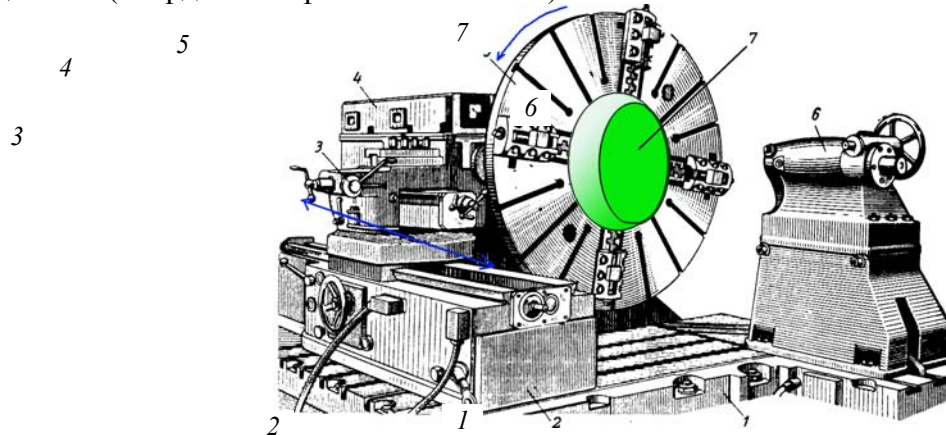
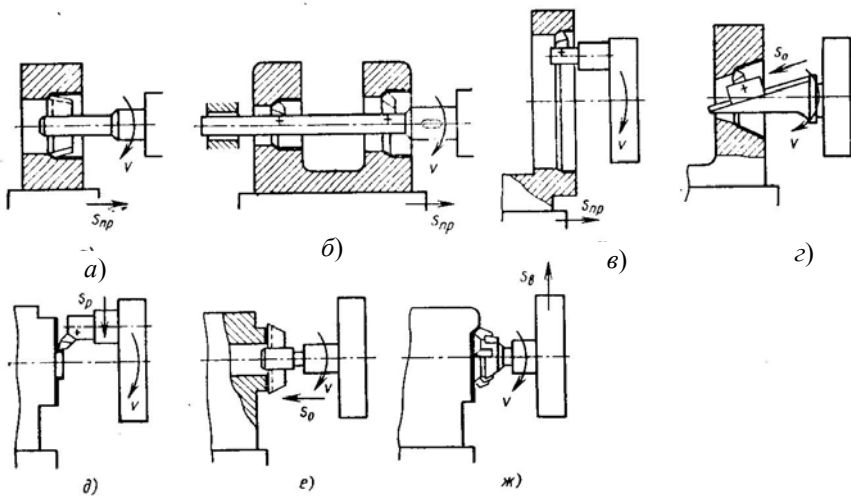


Рис. 4.7 Токарно-лобовой станок 1А693:

1 – плита; 2 – основание суппорта; 3 – суппорт; 4 – передняя бабка;



5 – планшайба; 6 – задняя бабка; 7 – заготовка

Рис. 4.8 Схемы наладки расточного станка

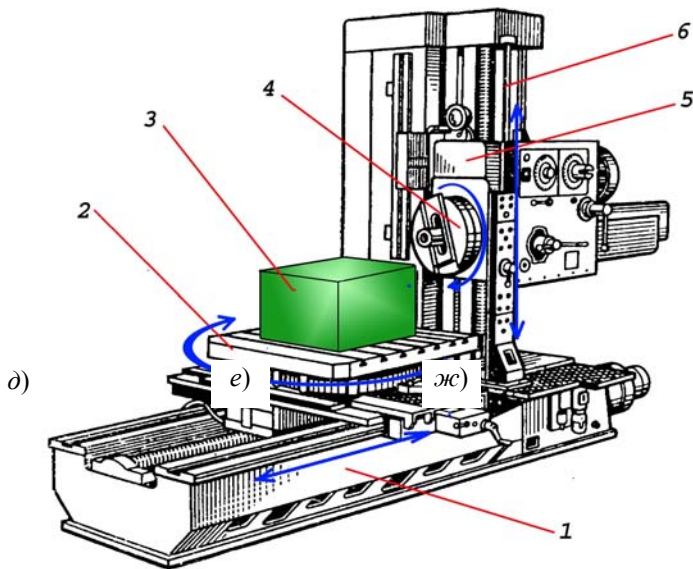


Рис. 4.9 Горизонтально-расточный станок:

1 – станина; 2 – поворотный стол; 3 – заготовка; 4 – планшайба;
5 – шпиндельная бабка; 6 – передняя стойка

На рис. 4.7 показана конструкция станка, а на рис. 4.8 одна из возможных схем наладки.

4.3.5 Сверлильные станки

Сверлильные станки выполняют, как правило, сверление, снятие фасок, развертывание отверстий. На них также подрезают торцы, растачивают канавки, нарезают резьбу и т.д.

Станки радиального исполнения (рис. 4.10) в отличие от вертикально-сверлильных станков (рис. 4.11) обладают большими технологическими возможностями, так как их рабочие органы имеют большее количество степеней свободы.

На рис. 4.12 показаны некоторые схемы обработки.

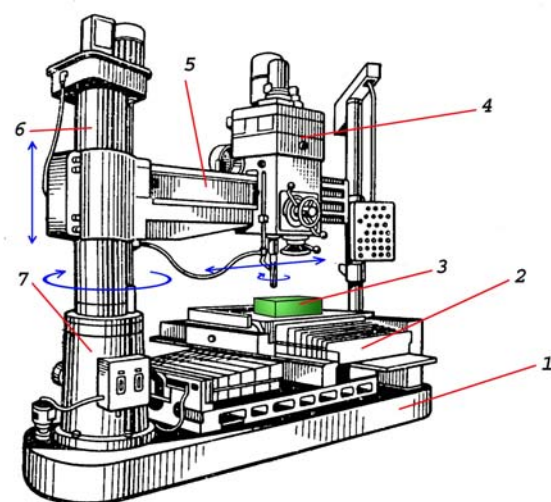


Рис. 4.10 Радиально-сверлильный станок:
1 – фундаментная плита; 2 – стол; 3 – заготовка;
4 – сверлильная головка; 5 – траверса; 6 – гильза; 7 – стол

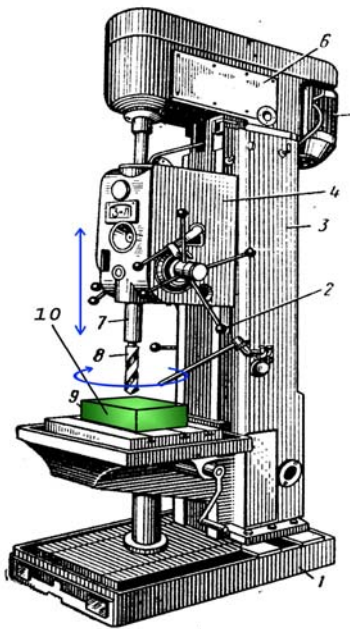
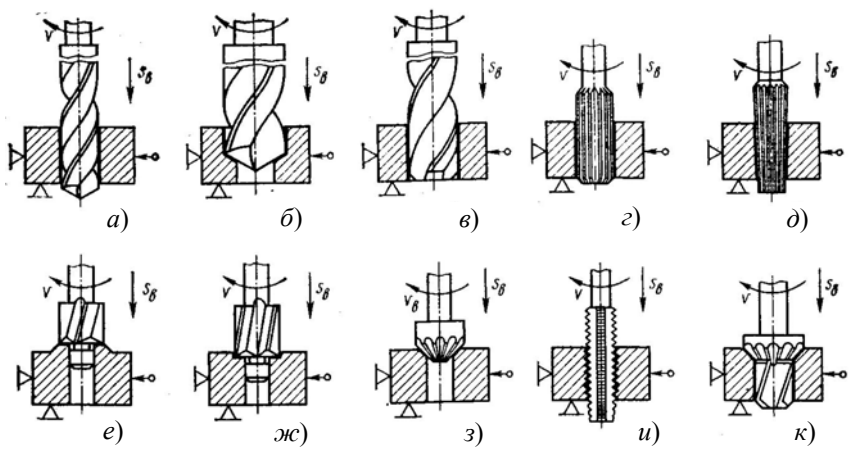


Рис. 4.11 Вертикально-сверлильный станок:
 1 – фундаментная плита; 2 – штурвал;
 3 – колонна; 4 – шпиндельная бабка;
 5 – электродвигатель; 6 – шпиндельная головка;
 7 – шпиндель; 8 – сверло;
 9 – стол; 10 – заготовка

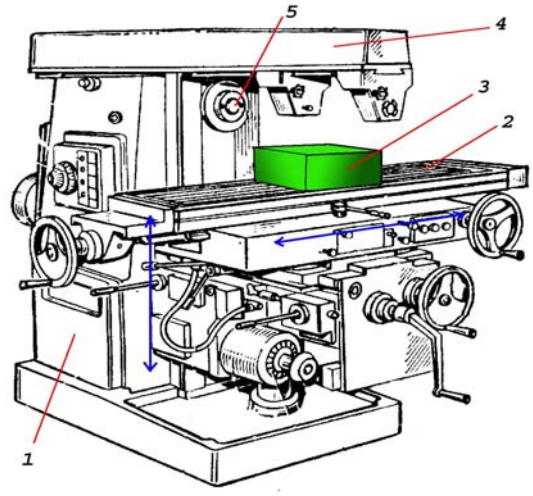


4.3.6 Фрезерные станки

26.5 Рис. 4.12 Схемы обработки на станке

На фрезерных станках отрезают заготовки, фрезеруют плоские поверхности, пазы, уступы, криволинейные и винтовые поверхности, резьбы. Из множества конструктивных вариантов этих станков следует выделить станки поперечного и продольного исполнения (рис. 4.13).

Рис. 4.13 Универсальный консольно-фрезерный станок 6Р82:
 1 – станина; 2 – стол;
 3 – заготовка; 4 – хобот;
 5 – шпиндель



4.3.7 Схемы фрезерных операций и инструменты для их выполнения

На рис. 4.14 показаны некоторые схемы фрезерования различных поверхностей деталей.

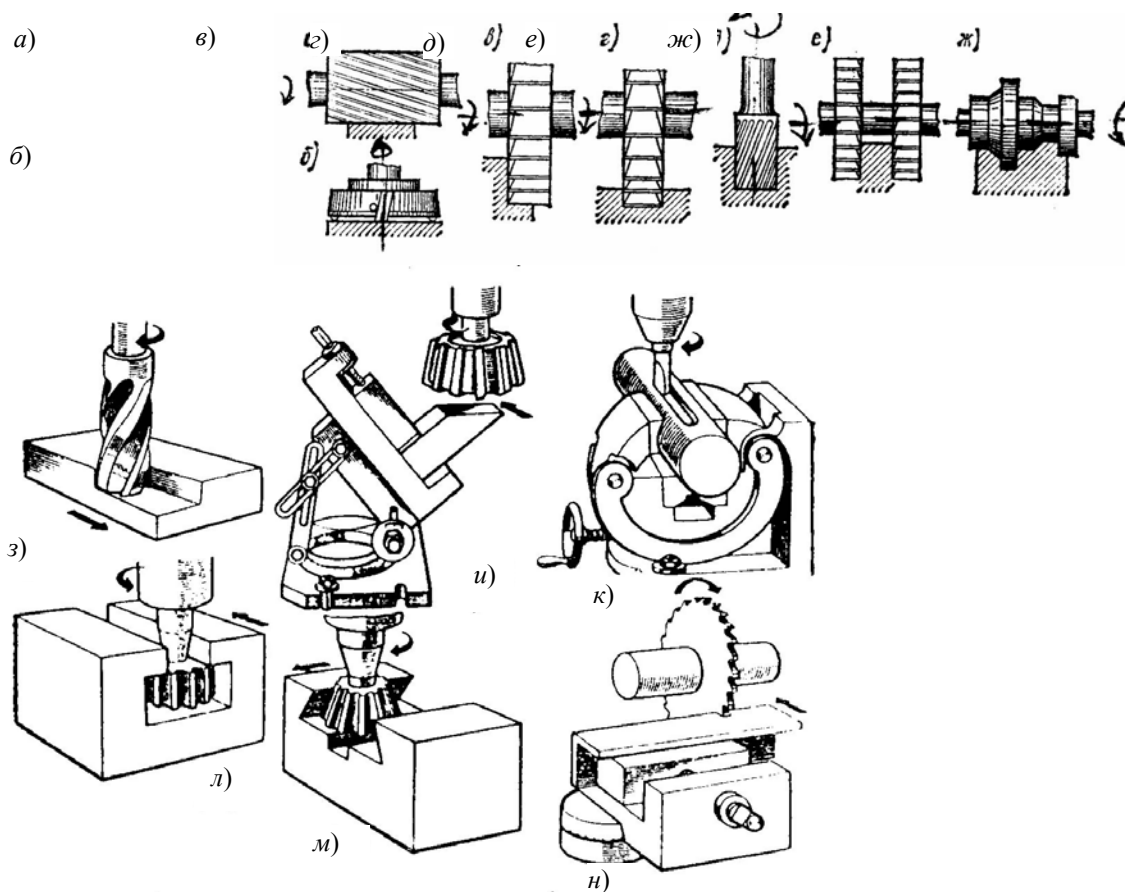


Рис. 4.14 Схемы фрезерования различных поверхностей:

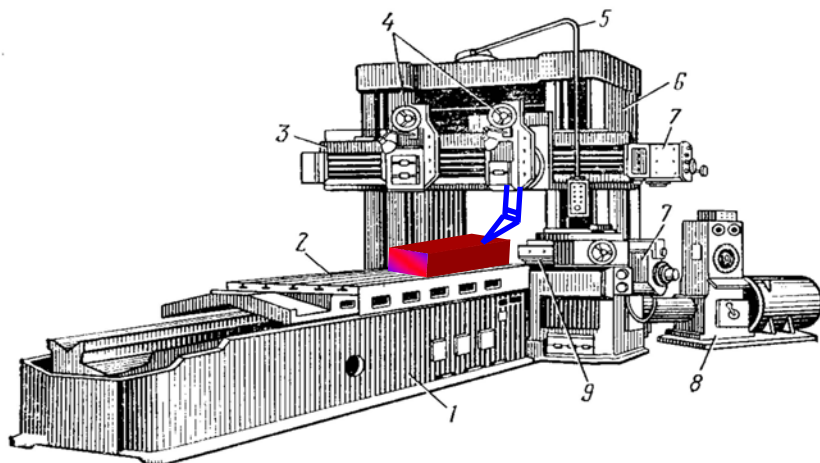
а – обработка плоскости цилиндрической фрезой; *б* – обработка плоскости плоской торцевой фрезой; *в, г* – обработка вертикальной плоскости и пазов двусторонней фрезой; *д, з, к, л, м* – обработка пазов и плоскостей концевыми фрезами; *е* – обработка боковых поверхностей двумя торцевыми фрезами; *ж* – обработка сложного профиля набором фрез;

н – отрезание профиля (прокат) отрезной дисковой фрезой

4.3.8 Долбежные и строгальные станки

Данные станки предназначены для обработки преимущественно плоских наружных (строгальные) рис. 4.15 и внутренних (долбление) поверхностей (рис. 4.16).

Обработка осуществляется прерывисто со снятием стружки при поступательно-прямолинейном движении заготовки или резца.



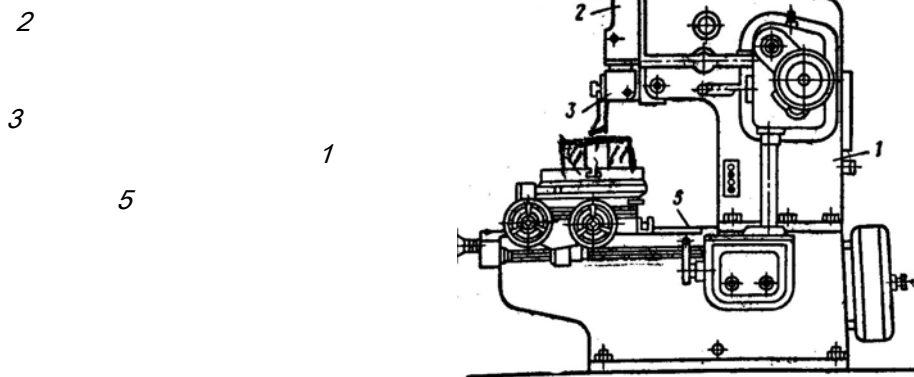


Рис. 4.16 Долбежный станок

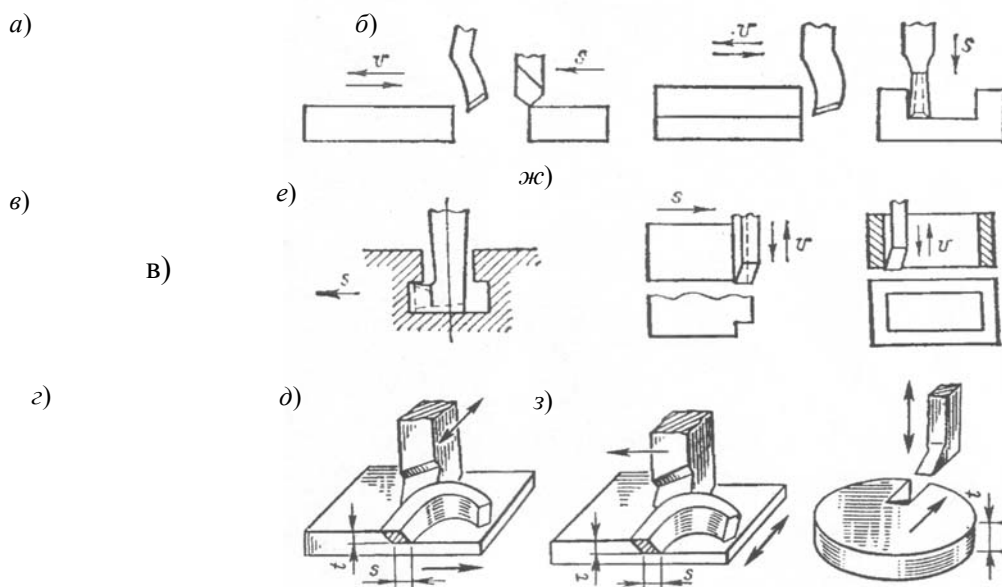


Рис. 4.17 Схемы строгания (а, б, в, г, д) и долбления (е, ж, з)

4.3.9 Протяжные станки

Обработка на данных станках осуществляется специальным инструментом – протяжкой, зубья которой за один ход снимают весь припуск. Обрабатываемые поверхности – отверстия различного сечения (круглые, шестигранные, прямоугольные и т.д.) шпоночные пазы в отверстиях, резе наружные плоские поверхности.

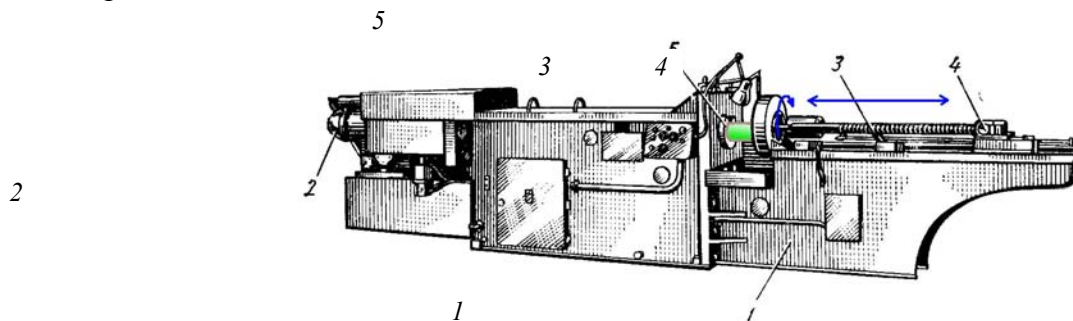


Рис. 4.18 Горизонтально-протяжный станок 7Б55:
1 – станина; 2 – силовой цилиндр; 3 – протяжка;

4 – вспомогательный патрон; 5 – заготовка

Конструкция станка показана на рис. 4.18. Следует отметить, что в процессе обработки заготовка закрепляется неподвижно, а направление главного движения совпадает с направлением подачи. Инструмент-протяжка работает «на растяжение» (рис. 4.19, а, б), в отличие от прошивки, работающей «на сжатие» в прошивочных станках и прессах (рис. 4.19, в), данные станки бывают как горизонтального, так и вертикального исполнения.

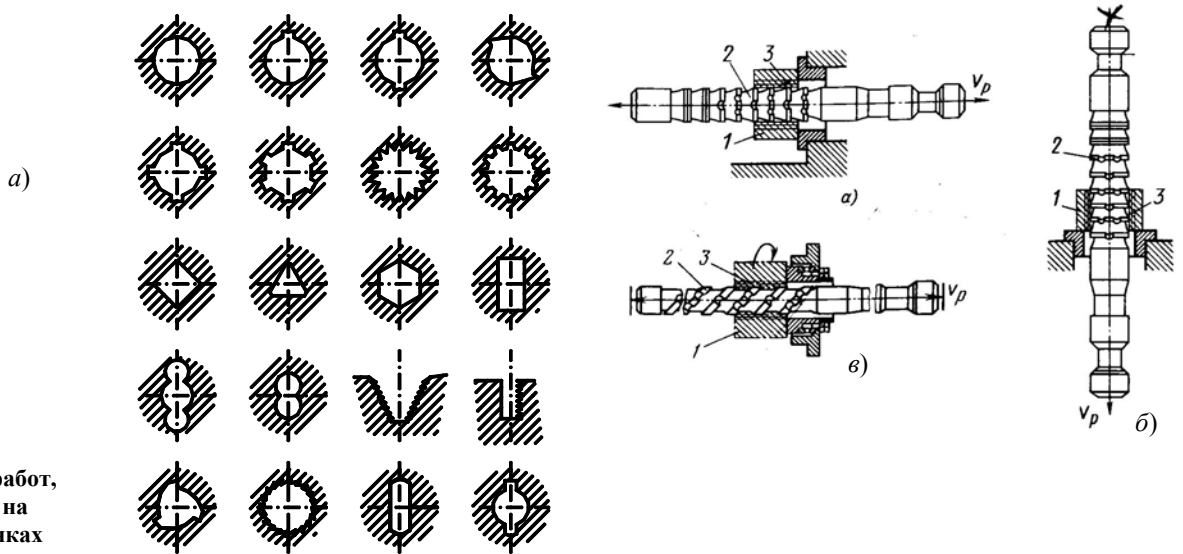


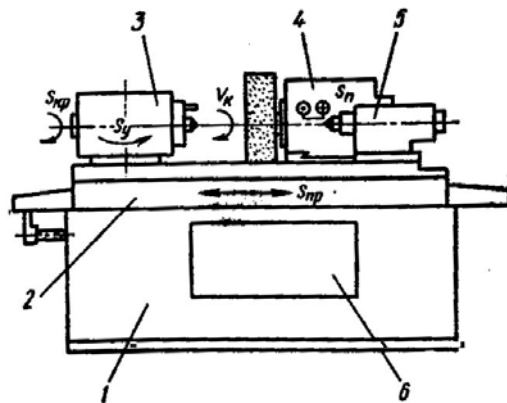
Рис. 4.19 Виды работ, выполняемых на протяжных станках

4.3.10 Шлифовальные станки

Используются для отделочной обработки цилиндрических, фасонных и плоских поверхностей с помощью абразивного инструмента цилиндрической формы.

Конструкция шлифовальных станков показана на рис. 4.20, 4.21.

Схемы плоского шлифования представлены на рис. 4.22, а круглого шлифования на рис. 4.23.



26.8 Рис. 4.20 Круглошлифовальный станок

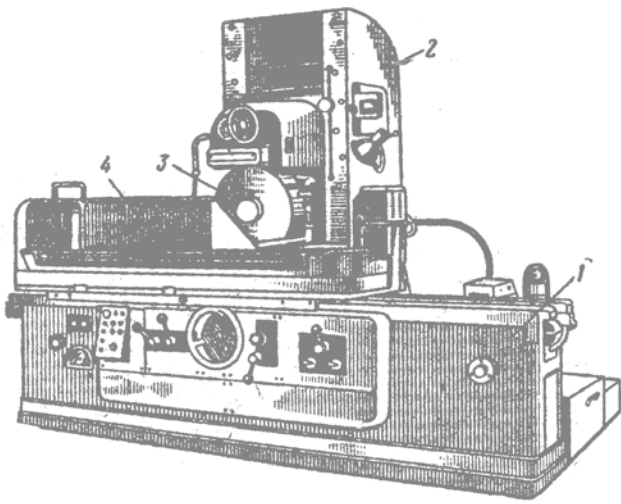
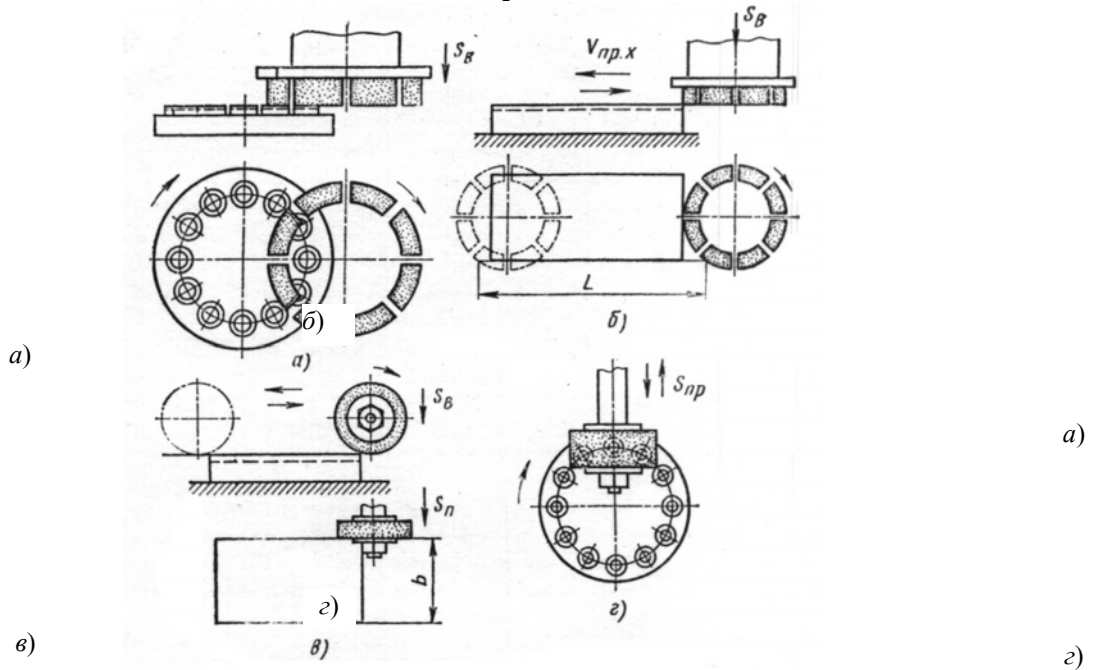


Рис. 4.21 Плоскошлифовальный станок



26.9 Рис. 4.22 Схемы плоского шлифования

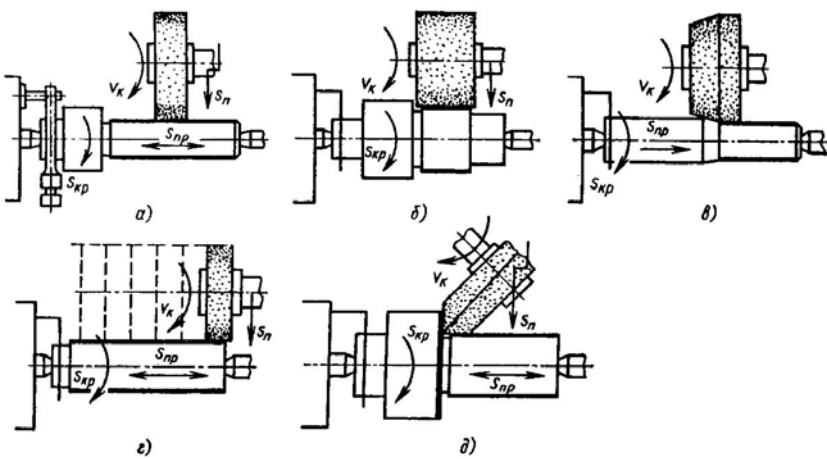
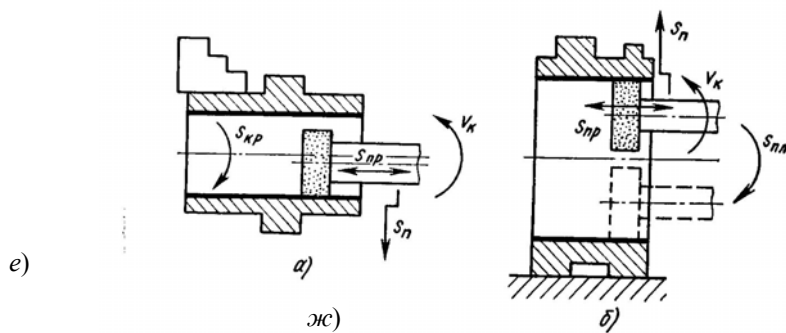


Рис. 4.23 Схемы обработки на кругло-шлифовальных (а, б) и внутришлифовальных станках (в, г)



Продолжение рис. 4.23

4.4 Типы производства и виды организации машиностроительных процессов

Выбор *оборудования* для оснащения любого производственного процесса зависит от характера выпускаемой продукции, ее количества, особенностей технологии производства и ее организационной структуры. В машиностроительном производстве для его организационно-технической оценки используют следующие *термины* и *определения*.

Объем выпуска характеризует примерное количество *машин*, деталей, заготовок подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, месяц, квартал).

Программа выпуска – перечень *машин*, деталей, заготовок с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени (месяц, квартал, год).

Общее число *машин*, их деталей или заготовок, подлежащих изготовлению по неизменяемым чертежам, называют *величиной серии*. Размер серии во многом зависит от совершенства конструкции *машины* и степени соответствия ее запросам потребителей.

Партией принято называть определенное число заготовок или изделий одного наименования и типоразмера одновременно или непрерывно поступающих для обработки или изготовления на одно рабочее место в течение определенного времени. Понятие о партии может быть распространено и на сборку одинаковых изделий, если они в ограниченном количестве собираются на одном рабочем месте.

Различие объемов выпуска различных *машин* привлекло к условному разделению производства на три типа: единичное, серийное и массовое.

Под *единичным* производством *машин*, их деталей или заготовок понимают изготовление их, характеризующее малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же *машин*, деталей или заготовок не повторится по неизменяемым чертежам. Продукция единичного производства – *машины*, не имеющие широкого применения (опытные образцы машин, тяжелые процессы, крупные гидротурбины, уникальные металлорежущие станки и т.п.).

Под *серийным* производством *машин*, их деталей или заготовок понимают их периодическое изготовление повторяющимися партиями по неизменяемым чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Производство изделий осуществляется партиями, при этом возможна партия из одного изделия. В зависимости от объема выпуска этот тип производства делят на мелко-, средне- и крупносерийное. Примерами продукции серийного производства могут служить металлорежущие станки, компрессоры, судовые дизели и т. п., выпускаемые периодически повторяющимися партиями.

Под *массовым* производством *машин*, деталей или заготовок понимается их непрерывное изготовление в больших объемах по неизменяемым чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска изделий. Продукцией массового производства являются тракторы, автомобили, электродвигатели, холодильники, швейные машины, телевизоры и пр.

Отнесение производства к тому или иному типу определяется не только объемом выпуска, но и особенностями самих изделий. Например, изготовление опытных образцов наручных часов в количестве нескольких тысяч штук будет представлять *единичное* производство, а повторное изготовление тяжелых прессов при объеме выпуска менее одной штуки в год можно считать *серийным* производством.

Об условности деления производств на три типа говорит и то, что обычно на одном и том же заводе, а нередко в одном и том же цехе одни изделия изготавливают единицами, другие – периодически повторяющимися партиями, третьи – непрерывно. Следовательно, на одном и том же заводе, и даже в цехе, могут быть совмещены три типа производств. Поэтому отнесение производства завода или цеха к одному из типов обычно делается по преобладающему типу производства.

Производственные процессы делят на два вида: поточный и непоточный.

Основными свойствами *поточного производства* являются его непрерывность и равномерность. В поточном производстве заготовка по завершении первой операции без задержки передается на вторую операцию, затем – на третью и т.д., а изготовленная деталь сразу же подается на сборку. Таким образом, изготовление деталей и сборка изделий находятся в постоянном движении, причем скорость этого движения подчинена *такту выпуска*.

При непоточном виде организации производственного процесса движение заготовок, деталей на разных стадиях изготовления прерывается их пролеживанием на рабочих местах или промежуточных складах. Сборку изделий начинают лишь при наличии на складах полных комплектов деталей. В непоточном производстве отсутствует такт выпуска, а производственный процесс регулируется графиком, составленным с учетом плановых сроков и трудоемкости изготовления изделий.

Каждый из видов организации производственных процессов имеет свою область применения. Так поточный вид организации производственного процесса присущ массовому производству, непоточный – единичному и мелкосерийному производствам.

Принципы поточного вида организации производственных процессов часто используют в крупносерийном производстве при изготовлении заготовок, деталей и машин, близких по своему служебному назначению. Последнее обстоятельство позволяет объединять изделия в группы и вести их изготовление поточными методами с переналадкой оборудования при переходе выпуска изделия одного наименования к изделию другого наименования и переменным тактом выпуска. Такой вид организации производственного процесса получил название *переменно-поточного*.

4.5 Выбор металлообрабатывающего оборудования

Основными факторами, определяющими выбор конкретного станочного *оборудования* являются:

- соответствие размеров рабочей зоны станка габаритам обрабатываемой заготовки (для токарного станка – наибольший диаметр обработки над станиной, расстояние между центрами, наибольший диаметр обрабатываемого прутка и т.д.);
- возможность достижения требуемой точности и шероховатости (определяется в соответствии с классом точности станка);
- соответствие кинематических данных (частота вращения шпинделя, скорость перемещения стола и т.д.), расчетным значениям этих режимных параметров;
- соответствие мощности станка требуемым расчетным величинам;
- обеспечение требуемой производительности оборудования.

При выборе *оборудования* в условиях действующего производства приходится ориентироваться на имеющееся в цехе *оборудование* и обязательно учитывать степень фактической загрузки отдельных его групп.

Во многих случаях технологическая операция, осуществление которой предусматривалось на загруженном в цехе *оборудовании*, может быть произведена без ущерба для качества и производительности обработки (вместо шлифования – тонким точением и т.п.).

Подобные изменения первоначально намеченных способов обработки должны подкрепляться экономическими расчетами их производственной целесообразности. Следует иметь в виду, что проектирование новых технологических операций для сильно загруженного уникального оборудования, лимитирующего общий выпуск завода, может быть допущено лишь в исключительных случаях, когда никакие другие станки и способы обработки для данных заготовок не могут быть использованы.

Во всех иных случаях следует применять любые технологические процессы и *оборудование*, обеспечивающие качественную обработку заготовок даже тогда, когда производительность и экономичность обработки при этом снижается, по сравнению с обработкой на уникальном *оборудовании*, в несколько раз.

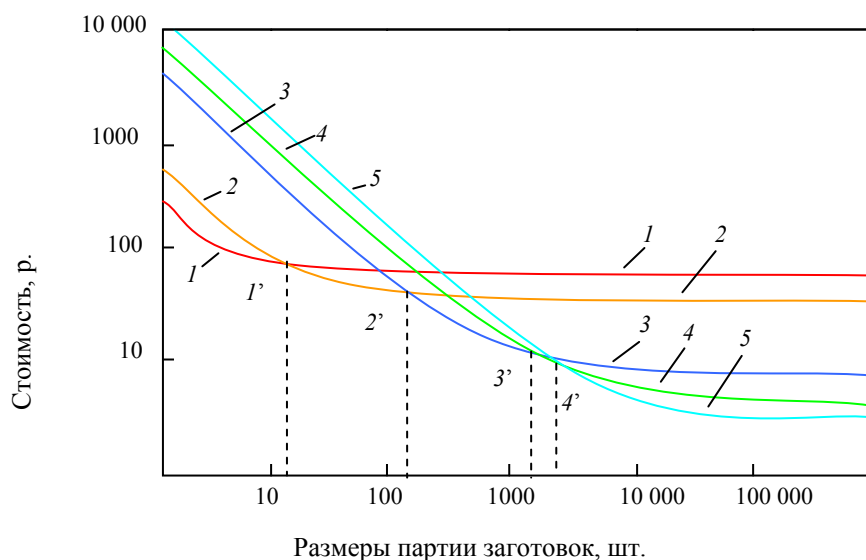
Проектирование технологического процесса, рассчитанного на приобретение специального *оборудования* в условиях действующего серийного производства, является исключением и требует проведения предварительного экономического обоснования.

При проектировании технологических процессов для вновь создаваемых предприятий имеется возможность выбирать наиболее технически и экономически подходящее *оборудование*.

Исследования использования металлорежущего *оборудования* проведенные в последние годы, со всей очевидностью показали, что для обработки подавляющего большинства заготовок *оборудование* должно подбираться не только с точки зрения обеспечения предъявляемых к нему технических требований, но и с точки зрения достижения наивысших экономических показателей проектируемой технологической операции.

Так, например, из общего числа заготовок, изготавливаемых в России на токарных станках, только 21 % имеет точность, соответствующую IT6, а остальные 79 % обрабатываются с точностью IT8 (46 %) и грубее. При этом требования по шероховатости поверхности в пределах $Rz = 6,3$ мкм предъявляются лишь к 2 % заготовок. Только для 24 % заготовок необходимо применение ходового винта при нарезании резьбы; 80 % всех токарных работ могут быть выполнены на станках с расстояниями между центрами до 700 мм.

Приведенные данные показывают, что около 80 % заготовок, обрабатываемых в настоящее время на токарных станках, могут быть изготовлены на револьверных станках, автоматах, многошпиндельных станках и на станках с программным управлением. Во всех случаях выбор станка должен производиться из



экономических соображений, по соответствующим нормативам.

Рис. 4.24 Изменение себестоимости изготовления ступенчатых втулок на различном оборудовании:

- 1 – токарный станок; 2 – револьверный станок; 3 – одношпиндельный токарный автомат; 4 – четырехшпиндельный токарный автомат; 5 – шестишпиндельный токарный автомат

Графики, дающие возможность определить размеры операционных партий заготовок, при которых экономически целесообразно использовать токарные и револьверные станки или одно- или многошпиндельные прутковые автоматы, приведены на рис. 4.24.

Кривые изменения себестоимости имеют вид гипербол и при увеличении количества обрабатываемых заготовок асимптотически приближаются к прямым, характеризующим наименьшую себестоимость обработки заготовок на данном станке, не зависящую от размеров партии заготовок. Это означа-

ет, что для каждого станка существует определенная величина партии заготовок данной сложности и размеров, начиная с которой достигается наиболее экономичная работа станка. Пересечение кривых себестоимости (точки 1', 2', 3', 4') определяет пределы экономичного использования станков разных типов. Из рисунка следует, что при обработке малых партий (зона левее точки 1') наиболее экономичным является применение токарного станка. С увеличением партии заготовок наиболее экономичной оказывается обработка соответственно на револьверном, одно-, четырех- и шестишпиндельном токарных автоматах.

Опыт передовых предприятий показывает, что размер экономически целесообразной партии заготовок, при которой следует переводить их обработку с токарного станка на револьверный, составляет 5 – 25 шт., с револьверного станка на одношпиндельный автомат – 150 – 700 шт. и на многошпиндельный автомат с одношпиндельного – от 150 шт. заготовок и выше. При этом с увеличением размеров обрабатываемых заготовок величина операционной партии, при которой экономично применение высокопроизводительных и дорогостоящих станков, уменьшается.

Размеры граничных партий заготовок, при которых экономически целесообразно переводить их обработку на более производительное оборудование, в значительной степени связаны с конфигурацией заготовок, а следовательно, и с числом необходимых переходов и применяемых инструментов. При большом числе переходов перевод обработки заготовок с токарно-револьверных станков на автоматы особенно экономичен. Из графика на рис 4.25 следует, что с увеличением числа переходов на токарно-револьверном станке с 7 до 14 размер партии заготовок, при которой целесообразно их обработку выполнять на одношпиндельном автомате, уменьшается со 100 до 27.

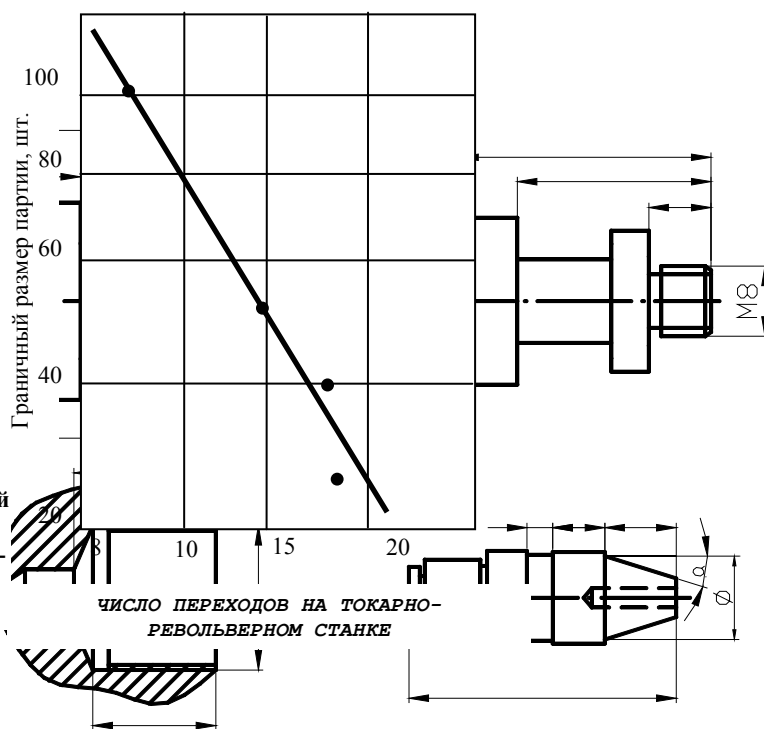


Рис. 4.25 Граница экономической целесообразности перевода обработки заготовок с токарно-револьверного станка на одношпиндельный автомат

Рис. 4.26 Граница экономической целесообразности перевода обработки заготовок с токарно-револьверного станка на одношпиндельный автомат

На рис 4.26 приведены эскизы типовых заготовок, а в табл. 4.2 даны значения граничных размеров партии, при которых экономически целесообразно переводить их обработку с токарного станка на револьверный, а с револьверного станка на одношпиндельный автомат и с одношпиндельного автомата на многошпиндельный.

Таблица составлена с оговоркой, что один наладчик обслуживает восемь револьверных станков и одношпиндельных автоматов или четыре многошпиндельных автомата.

В настоящее время актуален вопрос об установлении границ экономичного применения станков с программным управлением. При изготовлении специальных заготовок особо сложной конфигурации (например, крупногабаритных турбинных лопаток и т.п.) целесообразность применения таких станков не вызывает сомнений, несмотря на высокую их стоимость. Многообразные технологические возмож-

ности, высокая точность и производительность этих станков, значительная экономия в затратах на приспособления и производственную зарплату, более полное использование станков и устранение брака окупают высокую стоимость станков подобного рода.

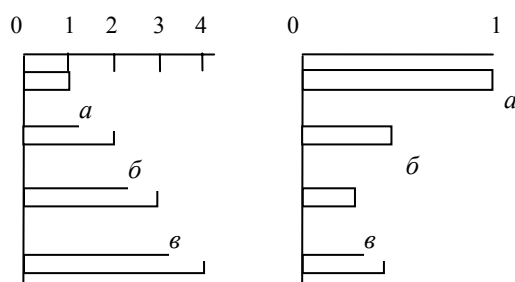
4.1 Граничные значения величины партии заготовок (в штуках) для станков с различной степенью автоматизации

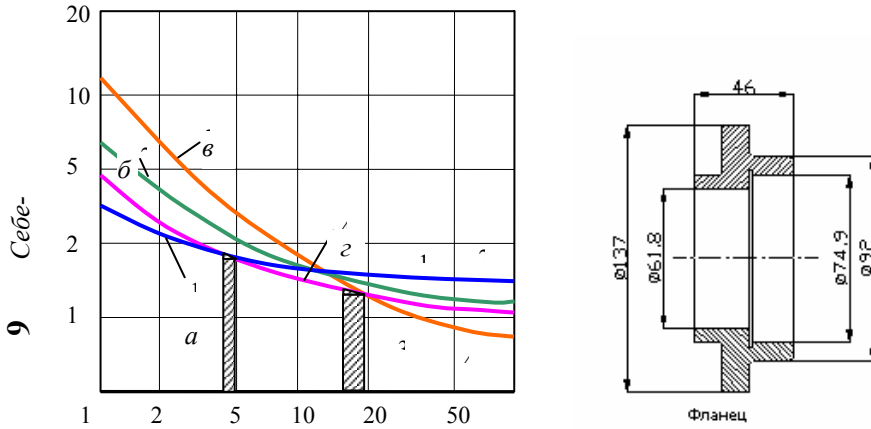
Вид заготовки	Токарный и токарно-револьверный станок		Револьверный станок и одношпиндельный автомат		Одно- и многошпиндельные автоматы	
	По себестоимости	По производительности	По себестоимости	По производительности	По себестоимости	По производительности
Рис. 4.27, а						
Рис. 4.27, б	6	1	200	100	800	500
Рис. 4.27, в	6	1	100	50	250	250
Рис. 4.27, г	6	1	70	27	420	270
Рис. 4.27, з	5	1	60	40	350	140

Более сложным является вопрос об экономичности применения станков с программным управлением для обработки обычных деталей машиностроения взамен токарных, револьверных или станков-автоматов, а также взамен универсальных станков при выполнении фрезерных и расточных операций. На рис 4.27 приведена себестоимость обработки фланца на различных станках токарной группы. При расчете было принято, что один рабочий обслуживает два станка с программным управлением. Из рисунка видно, что станок с программным управлением (кривая 4) оказывается наиболее экономичным в узком интервале размеров партий (4 – 20 шт.). при количестве заготовок в партии менее 4 шт. наиболее экономичным является самый дешевый токарный станок (кривая 1). Если партия заготовок превышает 20 шт., то наиболее выгодно использовать двухшпиндельный кулачковый патронный токарный автомат (кривая 3). Это объясняется в первую очередь тем, что установка одного его шпинделя производится во время работы второго, а в результате этого устраняется простой станка.

Необходимо подчеркнуть, что быстрое совершенствование конструкций станков с ЧПУ изменяет область их экономичного применения и сдвигает ее в сторону уменьшения размеров операционных партий обрабатываемых заготовок. В частности, применение станков с оперативным управлением на базе микропроцессоров может оказаться экономичным уже при обработке нескольких штук заготовок. Кроме того, в этом случае при использовании высокоавтоматизированных станков с ЧПУ следует учитывать возможное сокращение потребности предприятия в дефицитной рабочей силе высокой квалификации, что в современных условиях очень важно.

8 Стоимость станка





100

10 Количество заготовок

Рис. 4.27 Себестоимость обработки фланца на различных станках токарной группы:

a – токарный станок; *б* – токарно-револьверный станок; *в* – патронный

механический токарный автомат; *г* – токарный станок с программным управлением

Приведенные примеры показывают необходимость проведения тщательных предварительных расчетов экономической целесообразности применения станков различных типов для обработки проектируемых заготовок.

Пользуясь подобными данными и расчетами, выбирают *оборудование*, обеспечивающее достижение наибольших производительности и экономичности обработки в условиях заданных производственной программы и конструкции заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гузенков П.Г. Детали машин. М.: Высш. шк., 1986. 359 с.
- 2 Иванов М.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 2000. 383 с.
- 3 Колесников И.М. Основы технологии машиностроения. М.: Высш. шк., 2001. 591 с.
- 4 Маталин А.А. Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.
- 5 Мархель И.И. Детали машин. М.: Машиностроение, 1977. 446 с.
- 6 Мовнин М.С. Основы технической механики. Л.: Машиностроение, 1990. 288 с.
- 7 Проектирование технологии / Под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.
- 8 Ройтман И.А., Кузьменко В.И. Основы машиностроения в черчении. М.: Владос, 1999. 208 с.
- 9 Технология конструкционных материалов / Под ред. А.М. Дальского. М.: Машиностроение, 1985. 418 с.
- 10 Ткачев А.Г. Проектирование технологического процесса изготовления деталей машин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 48 с.

11 **Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение, 1988. 416 с.**

ВОКАБУЛЯРИЙ

Вариатор – механизм, предназначенный для бесступенчатого регулирования передаточного числа.

Ведомая деталь (звено) передачи – воспринимающая вращающий момент и получающая движение от ведущей детали.

Ведущая деталь (звено) передачи – сообщающая движение и передающая вращающий момент.

Движение подачи – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, предназначенное для распространения зоны отделения слоя материала на всю обрабатываемую поверхность.

Движение резания (главное) – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента.

Коэффициент полезного действия (механический) – отношение мощности на ведомом валу к мощности на ведущем валу.

Металлорежущий станок – механическое устройство, предназначенное для обработки материала, в основном, путем снятия стружки режущим инструментом (резец, фреза, абразивный круг и т.п.).

Машина – устройство, содержащее совокупность согласованного движения звеньев и механизмов, предназначенное для преобразования энергии, материалов или информации.

Механизм – система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемое движение других твердых тел.

Механическая передача – устройство, служащее для передачи энергии механического движения на расстояние и преобразование его параметров.

Муфта – устройство, служащее для соединения концов валов или для соединения валов со свободно сидящими на них деталями (зубчатыми колесами, звездочками и т.п.) с целью передачи вращающего момента без изменения его величины и направления.

Оборудование – составная часть технического оснащения производственного процесса изготовления продукции, к которой относятся аппаратное оформление, трубопроводы и арматура, контрольно-измерительные инструменты и приборы, средства межоперационной транспортировки сырья, безопасность проведения технологического процесса и др.

Передаточное отношение – отношение угловых скоростей двух любых валов независимо от направления силового потока.

Передаточное число – отношение угловых скоростей двух валов – ведущего к ведомому.

Редуктор – зубчатый передаточный механизм, предназначенный для уменьшения угловых скоростей и представляющий систему зубчатых колес в отдельном герметично закрытом корпусе.