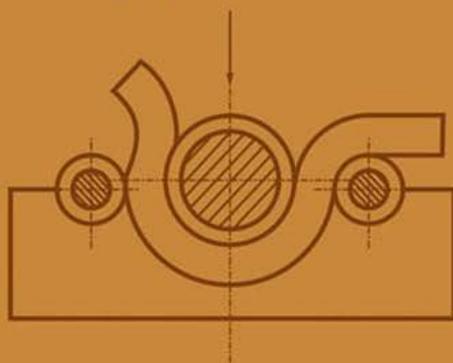


В. А. Салтыков, В. П. Семенов, В. Г. Семин, В. К. Федюкин

# МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ



- Приводы и механизмы машин
- Оборудование литейного производства
- Оборудование кузнечно-штамповочного производства
- Оборудование сварочного производства
- Оборудование для обработки заготовок
- Подъемно-транспортное оборудование
- Автоматизация оборудования

bhv®



УДК 621.05(075.8)  
ББК 34.41я73  
С16

**Салтыков, В. А.**

С16      **Машины и оборудование машиностроительных предприятий / В. А. Салтыков, В. П. Семенов, В. Г. Семин, В. К. Федюкин: учебник. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 288 с.: ил. — (Учебная литература для вузов)**

ISBN 978-5-9775-0726-4

Учебник построен на основе курса лекций, читаемого студентам специальности «Экономика и управление на предприятии». Рассмотрены основные типы механизмов, из которых состоит современное технологическое оборудование. В краткой и доступной для первоначального обучения форме описаны основные виды оборудования, инструментов и приспособлений для производства заготовок и их обработки, применяемых на машиностроительных предприятиях. Указаны области рационального использования различных типов оборудования и критерии его выбора для выполнения конкретных задач производства.

*Для студентов машиностроительных специальностей вузов*

УДК 621.05(075.8)

ББК 34.41я73

Рецензенты:

С. А. Атрошенко, д-р физ.-мат. наук, проф., ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института машиноведения РАН;

С. Л. Мурашкин, д-р техн. наук, проф., завкафедрой технологии машиностроения Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

#### **Группа подготовки издания:**

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Леонид Кочин</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Караваевой</i>
Корректор	<i>Наталья Першакова</i>
Оформление обложки	<i>Марины Дамбиевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Подписано в печать 30.11.11.

Формат 70×100<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,22.

Тираж 1000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП "Типография "Наука"  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.

ISBN 978-5-9775-0726-4

© Салтыков В. А., Семенов В. П., Семин В. Г., Федюкин В. К., 2012  
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2012

# Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>1</b>
<b>Глава 1. Типы приводов и их механизмы .....</b>	<b>5</b>
1.1. Электропривод.....	5
1.2. Гидропривод.....	6
1.3. Пневматический привод.....	11
1.4. Механизмы приводов.....	13
<b>Глава 2. Оборудование для литейного производства .....</b>	<b>23</b>
2.1. Оборудование для подготовки формовочных и стержневых материалов и приготовления смесей .....	23
2.2. Машины для изготовления литейных форм и стержней .....	34
2.3. Оборудование для плавки металлов .....	51
2.4. Оборудование для заливки форм .....	55
2.5. Оборудование для выбивки литейных форм и стержней .....	57
2.6. Оборудование для обрубки литья .....	60
2.7. Оборудование для очистки литья.....	60
2.8. Оборудование для зачистки поверхностей отливок.....	64
2.9. Оборудование для литья в оболочковые формы .....	66
2.10. Оборудование для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям .....	68
2.11. Оборудование для литья под давлением .....	72
2.12. Оборудование для литья в металлические формы, под низким давлением и для центробежного литья.....	75
<b>Глава 3. Кузнечно-прессовое оборудование .....</b>	<b>81</b>
3.1. Оборудование для резки заготовок.....	81
3.2. Оборудование для нагрева заготовок перед ковкой и штамповкой .....	86
3.3. Оборудование дляковки .....	91

3.4. Оборудование для горячей объемной штамповки .....	96
3.4.1. Паровоздушные штамповочные молоты (ПШМ).....	99
3.4.2. Штамповочные прессы .....	105
3.5. Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) .....	112
3.5.1. Заготовки для штамповки на ГКМ .....	116
3.5.2. Оборудование узкого назначения.....	119
3.6. Оборудование для холодной объемной штамповки .....	124
3.7. Оборудование для накатывания .....	127
3.8. Оборудование для листовой штамповки .....	129
3.9. Оборудование для листовой штамповки, применяемое в мелкосерийном производстве.....	136
3.10. Гибочное оборудование .....	139
3.11. Механизация и автоматизация процессов обработки давлением .....	141

#### **Глава 4. Оборудование для сварки .....** 145

4.1. Общая характеристика сварочного производства.....	145
4.2. Требования к источникам сварочного тока и их маркировка .....	145
4.3. Оборудование для ручной дуговой сварки .....	147
4.4. Оборудование для сварки под слоем флюса.....	150
4.5. Оборудование для сварки в среде защитных газов.....	151
4.6. Оборудование для электрошлаковой сварки .....	153
4.7. Оборудование для газовой сварки .....	154
4.8. Оборудование для лучевой сварки.....	155
4.9. Оборудование для плазменной сварки .....	155
4.10. Оборудование для контактной сварки.....	156
4.11. Оборудование для диффузионной сварки.....	158
4.12. Оборудование для холодной сварки .....	159
4.13. Оборудование для сварки трением .....	159
4.14. Механическое сварочное оборудование .....	160
4.15. Оборудование для газокислородной, плазменной и лазерной резки .....	161
4.16. Выбор сварочного оборудования.....	162
4.17. Оборудование для наплавки .....	163

#### **Глава 5. Оборудование для механической обработки заготовок.....** 165

5.1. Токарные станки .....	165
5.2. Сверлильные и расточные станки .....	187
5.3. Фрезерные станки .....	195
5.3.1. Основные сведения о станках фрезерной группы и их классификация ....	199
5.4. Шлифовальные станки .....	208

---

5.5. Зубо- и резьбообрабатывающие станки .....	216
5.6. Стругальные, долбежные, протяжные станки .....	233
5.7. Разные станки.....	240
5.8. Общие сведения о приспособлениях .....	244
<b>Глава 6. Подъемно-транспортное оборудование .....</b>	<b>249</b>
6.1. Грузоподъемное оборудование .....	249
6.2. Транспортирующее оборудование.....	255
6.3. Промышленные роботы .....	259
<b>Глава 7. Автоматизация оборудования .....</b>	<b>265</b>
<b>Литература.....</b>	<b>273</b>
<b>Предметный указатель.....</b>	<b>275</b>

## Глава 1



# Типы приводов и их механизмы

Совокупность устройств, приводящих в движение рабочие органы металлорежущих станков, называют приводом. Он состоит из двигателя, являющегося источником движения, и механизмов, передающих движение рабочим органам и трансформирующих его. Передаточный механизм часто служит для увеличения крутящего момента (или усилия) и уменьшения скорости, т. к. широко применяемые электродвигатели имеют частоту вращения 3000, 1500, 1000, 750 и 600 об./мин при сравнительно небольшом крутящем моменте. В большинстве случаев скорости нужны меньшие, а моменты бóльшие, что достигается установкой за двигателем редуктора. Если же необходимо иметь несколько скоростей рабочего органа машины, то за двигателем следует коробка передач (скоростей). Привод также может содержать муфты для соединения валов (например, электродвигателя и редуктора), устройства, предохраняющие от перегрузки, изменяющие направление движения, преобразующие один вид движения в другой (например, вращательное в поступательное), блокировочные и др. (см. далее). Наиболее распространены электрический, гидравлический и пневматический приводы, причем последние два получают энергию от электродвигателя.

## 1.1. Электропривод

В качестве двигателей электропривода чаще всего применяют односкоростные *асинхронные* электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором. Асинхронная машина включается в трехфазную сеть, поэтому она должна иметь на статоре три фазные обмотки, создающие вращающееся магнитное поле, которое увлекает за собой ротор. Ротор вращается асинхронно, т. е. со скоростью, отличной от скорости поля. Обладая жесткой характеристикой (зависимостью крутящего момента от числа оборотов), эти двигатели обеспечивают постоянство мощности во всем диапазоне скоростей и незначительное изменение числа оборотов вала под нагрузкой.

Применение асинхронных электродвигателей с электрическим переключением скоростей путем изменения числа пар полюсов значительно упрощает коробки

передач. Однако асинхронные электродвигатели с переключением скоростей обладают постоянным моментом на разных скоростях, что снижает их эффективность при малых оборотах.

Характерной частью большой группы электрических машин является коллектор — полый цилиндр, собранный из изолированных друг от друга медных колец. Наличие коллектора у машин переменного тока позволяет подвести фазы к ротору. *Асинхронные электродвигатели с фазным ротором* применяются для механизмов с плавным, ступенчатым пуском в тяжелых условиях при продолжительном режиме работы.

Использование *электродвигателей постоянного тока*, частоту вращения которых в достаточно широких пределах можно регулировать (при постоянной мощности в определенном диапазоне скоростей) изменяя поле возбуждения, оказывается более предпочтительным, т. к. значительно упрощает коробку передач.

В двигателях постоянного тока коллектор обеспечивает постоянный по направлению вращающий момент. Область применения коллекторных машин, в особенности машин постоянного тока, достаточно обширна, а наличие простых и малогабаритных выпрямительных устройств позволяет подключать их к сетям переменного тока. Особенно ценное свойство коллекторной машины постоянного тока — возможность плавного (бесступенчатого) регулирования частоты вращения ротора.

Синхронной называется электрическая машина, скорость вращения ротора которой связана постоянным отношением с частотой сети переменного тока, в которую эта машина включена. *Синхронные электродвигатели* целесообразны в тех случаях, когда необходим двигатель, работающий при постоянной скорости. У синхронных двигателей КПД несколько выше, а масса на единицу мощности ниже, чем у асинхронных двигателей, рассчитанных на ту же частоту вращения.

Для осуществления вспомогательных движений нередко используют *электромагниты*.

## 1.2. Гидропривод

Гидравлические приводы основаны на энергии давления жидкости. Их подразделяют на объемные и гидродинамические. В гидродинамическом приводе используется кинетическая энергия жидкости, в объемном — потенциальная энергия, преобразуемая в механическую работу. Объемный гидропривод обеспечивает большие передаточные отношения, силы и крутящие моменты, обладает высокой компактностью и энергоемкостью, удобен в управлении, позволяет реализовать любые циклы работы исполнительных органов машин.

Объемным гидроприводом называется совокупность одной или нескольких объемных гидropередач, гидроаппаратуры и вспомогательных гидроустройств.

Достоинства объемного гидропривода:

- Высокая энергонапряженность. Современные насосы создают давление до 40–70 МПа (т. е. до 700 кг/см<sup>2</sup>). Поэтому гидропривод имеет меньшие по сравнению

с электроприводом массу и габариты и применяется для привода машин, развивающих большие усилия (гидравлические прессы, экскаваторы, металлорежущие станки и др.).

- ❑ Малая инерционность сокращает рабочий цикл и повышает производительность станка.
- ❑ Бесступенчатое регулирование скорости рабочих движений упрощает конструкцию привода и повышает коэффициент использования приводного двигателя.
- ❑ Преобразование без дополнительных устройств вращательного движения ведущего звена в поступательное движение ведомого звена.
- ❑ Надежность в работе благодаря отсутствию заклинивания за счет применения предохранительных клапанов.
- ❑ Применение стандартизованных и унифицированных покупных узлов снижает стоимость привода и упрощает его эксплуатацию и ремонт.
- ❑ Возможность автоматизации.
- ❑ Самосмазываемость.

Недостатки гидропривода:

- ❑ Зависимость характеристики привода от вязкости рабочей жидкости, которая связана с изменением температуры.
- ❑ Растворимость в рабочей жидкости воздуха, который нарушает работу привода, особенно в автоматических устройствах.
- ❑ Внутренние и наружные утечки рабочей жидкости.

Гидросхема станка, обеспечивающая возвратно-поступательное движение стола 9, поршня 10 и его остановку в любом положении, показана на рис. 1.1. Электродвигатель 2 приводит во вращение насос 4, засасывающий масло из бака 1 по трубе 15 и подающий его под давлением через фильтр 6 и распределитель 7 в левую полость цилиндра 8. Из правой полости цилиндра масло через распределитель 7, дроссель 11 и трубопровод 13 попадает в бак.

Давление в гидросистеме настраивают предохранительным клапаном 3 и контролируют манометром 5. Если давление жидкости в клапане 3 преодолет усилие его пружины, то жидкость будет проходить через клапан в бак. Если переключить распределитель 7, то масло, подаваемое насосом 4, будет через фильтр и распределитель поступать в правую полость цилиндра 8 и одновременно его левая полость соединится с баком. При этом направление движения стола 9 изменяется. Для остановки стола необходимо повернуть кран 12, в результате чего рабочая жидкость будет свободно сливаться в бак через трубу 14, и давление в гидросистеме уменьшится. Дроссель 11 позволяет изменять количество жидкости, проходящей из гидроцилиндра в единицу времени, и, следовательно, скорость движения стола.

Вместо гидропривода поступательного движения можно получить гидропривод вращательного движения, заменив гидроцилиндр 8 гидромотором.

Главный элемент гидропривода — насос. Шестеренные насосы изготавливают нерегулируемыми и применяют в тех случаях, когда требуется сравнительно низкое давление масла (16–20 МПа). Шестеренный насос (рис. 1.2) состоит из ведущего 3

и ведомого 4 зубчатых колес, расположенных в корпусе. При вращении зубчатых колес масло в зону всасывания 1 засасывается сначала образующимся там вакуумом, а затем впадинами зубьев и переносится в зону нагнетания 2. Далее масло поступает в гидросеть.

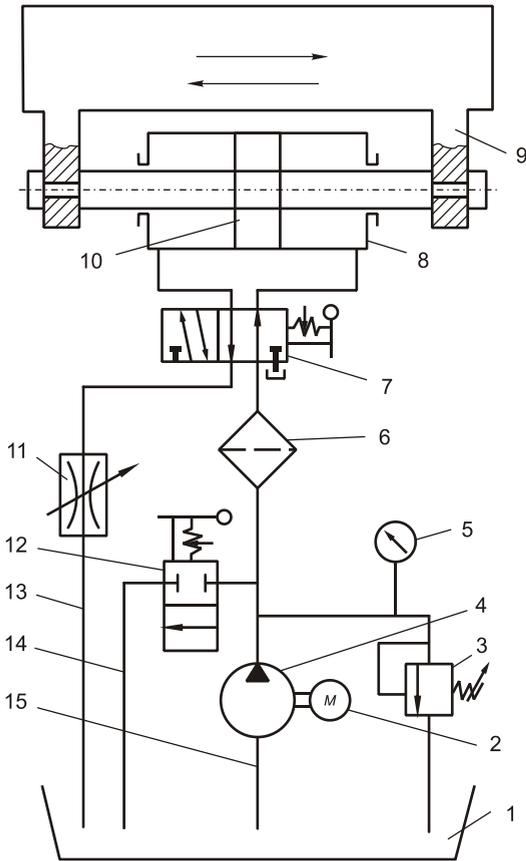


Рис. 1.1. Гидросхема станка

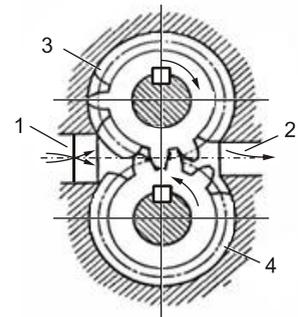


Рис. 1.2. Шестеренный насос

**Пластинчатые насосы.** Преимущественно применяются нерегулируемые пластинчатые насосы, (давление до 32 МПа) которые просты по конструкции, компактны, отличаются равномерностью подачи масла и относительно высоким КПД. Пластинчатые насосы выпускают одно- и двухпоточными (с двумя независимыми потоками). В последних на общем приводном валу установлены два рабочих комплекта (одинаковых или различных), что обеспечивает возможность нагнетания масла двумя независимыми потоками.

Основные детали насосов: корпус, приводной вал с подшипниками и рабочий комплект (рис. 1.3), состоящий из распределительных дисков, статора 1, ротора 2 и пластин 3.

При вращении ротора 2, связанного через шлицевые соединения 4 с приводным валом, в направлении против часовой стрелки, пластины 3 центробежной силой и давлением масла, прижимаются к внутренней поверхности статора 1, имеющей форму овала, и, следовательно, совершают возвратно-поступательное движение в пазах ротора. Во время движения пластин от точки *A* до точки *B* и от точки *C* до точки *D* объем камер, образованных двумя соседними пластинами, внутренней поверхностью статора, наружной поверхностью ротора и торцовыми поверхностями дисков, увеличивается, и масло заполняет рабочие камеры через окна диска, связанные со всасывающей линией. При движении пластин на участках *BC* и *DA* объем камер уменьшается, и масло вытесняется в напорную линию гидросистемы.

Рассмотрим принципиальную схему *радиально-поршневых* насосов (рис. 1.4), развивающих давление до 70 МПа.

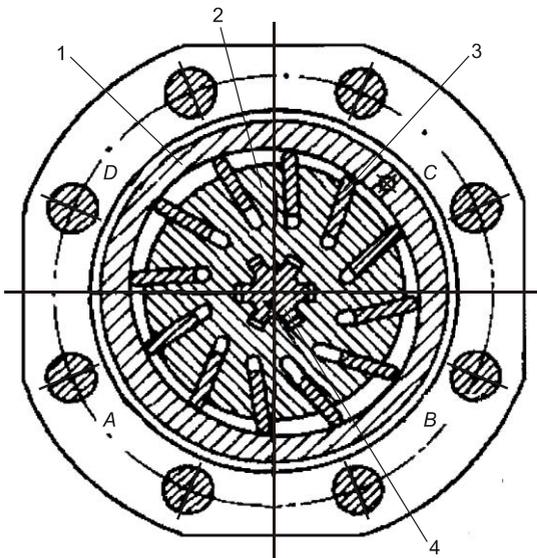


Рис. 1.3. Пластиновый насос

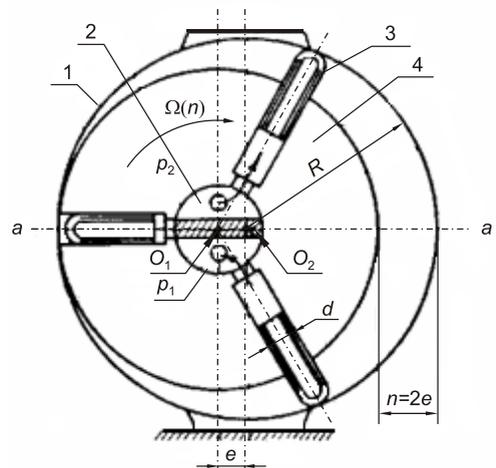


Рис. 1.4. Радиально-поршневой насос

Ротор 4 с радиально расположенными в нем поршнями 3 вращается внутри обоймы 1. Ось ротора смещена относительно оси обоймы на величину эксцентриситета *e*.

При вращении электродвигателем блока цилиндров 4 поршни 3, прижимаясь центробежными силами к обойме 1, совершают вращательное движение вокруг центра  $O_1$  и возвратно-поступательное движение в радиальном направлении. За один оборот каждый поршень совершает два хода по цилиндру: один рабочий (нагнетающий) и второй — нерабочий (всасывающий).

Поршни, соединенные с подводящей магистралью, засасывают жидкость из камеры  $P_2$ , поршни, соединенные с отводящей магистралью, нагнетают жидкость в рабочую камеру  $P_1$ . Камеры нагнетания и всасывания разделены перегородкой, ось которой совпадает с нейтральной осью насоса *aa*.

Производительность насоса зависит от величины эксцентриситета  $e$ . В регулируемых насосах эксцентриситет можно изменять как по величине, так и по знаку смещением обоймы 1 в направляющих. Смена знака эксцентриситета (смещение точки  $O_2$  влево от точки  $O_1$ ) вызовет изменение направления подачи насоса, при этом камеры нагнетания и всасывания поменяются местами.

Схемы аксиально-поршневых насосов (давление до 50 МПа) приведены на рис. 1.5. При вращении ротора 4 от вала 1 поршень 3 (рис. 1.5, а), взаимодействующий с неподвижной наклонной шайбой 2, совершает возвратно-поступательное движение. В установленном в корпусе насоса опорно-распределительном диске 5 имеются две полукольцевые канавки, расположенные таким образом, что полости под входящими в ротор поршнями соединены с напорной магистралью через канавку 7, а полости под выходящими из ротора поршнями — с всасывающей магистралью через канавку 6.

В некоторых конструкциях поршни 3 (рис. 1.5, б) связаны с шайбой 2 через специальные шарниры. Это обеспечивает всасывание масла при вращении вала с шайбой 2. При изменении угла наклона цилиндрического блока 4 вместе с опорно-распределительным диском 5 изменяется величина хода поршней и, следовательно, производительность насоса.

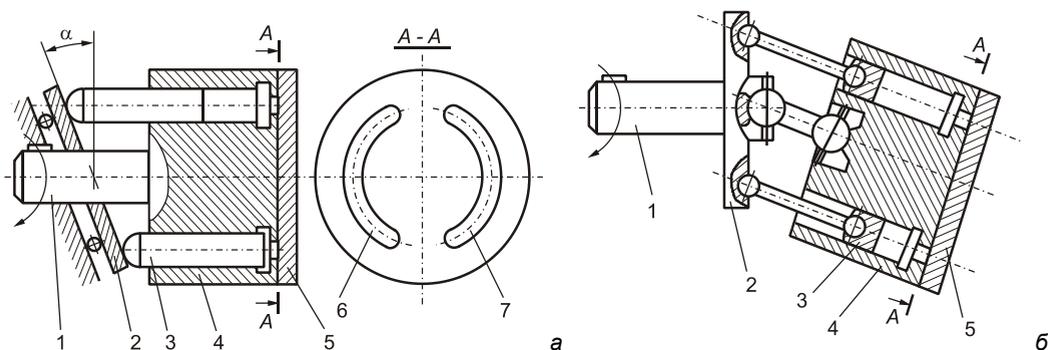


Рис. 1.5. Схемы аксиально-поршневых насосов: а — с наклонной шайбой; б — с наклонным блоком

Благодаря сферическому контакту поршней обеспечивается возможность передачи больших нагрузок на шайбу 2 и, следовательно, насос может развивать большое давление (около 40 МПа).

Поворотными гидродвигателями называют объемные гидродвигатели с ограниченным углом поворота выходного вала (рис. 1.6). Для осуществления поворотного движения рабочую жидкость (масло или эмульсию) попеременно подают в рабочие полости гидродвигателя.

Если рабочий орган машины должен совершать поступательное движение, то исполнительным механизмом будет гидравлический цилиндр (рис. 1.7).

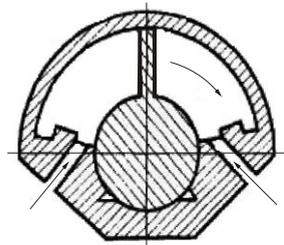


Рис. 1.6. Поворотный гидродвигатель

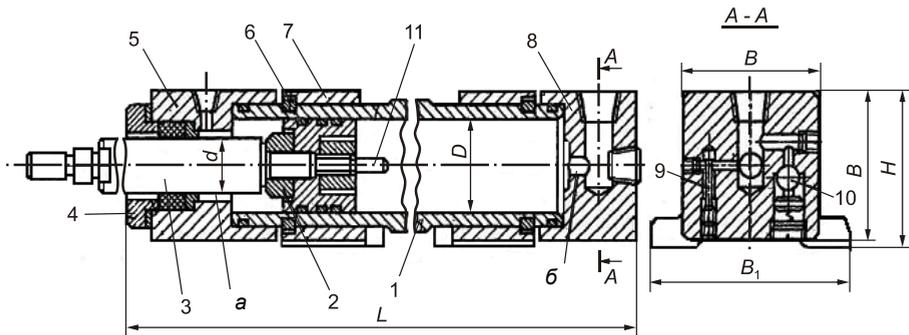


Рис. 1.7. Гидравлический цилиндр

Гидроцилиндр изготовлен из бесшовной стальной трубы 1, на концах которой в наружных проточках вставлены полукольца 6. На эти полукольца опираются лапы 7, к которым болтами крепят головки 5 и 8. Головка 5 имеет отверстие, через которое проходит шток 3, уплотняемый сальником и фланцем 4. С обеих сторон поршня есть тормозные плунжеры 2 и 11, которые в конце хода поршня входят в выточки *a* и *б* в головках 5 и 8, создающие гидравлический буфер. Конические поверхности на концах плунжеров служат для гашения гидравлического удара при входе плунжера в выточку. Рабочая жидкость в начальном положении поршня (когда отверстие в головке закрыто плунжером) поступает в полость цилиндра через обратный клапан 10, а в конце хода поршня сливается через дроссель 9.

*Гидроаппаратура* обеспечивает надежную работу и управление гидроприводом. Фильтры очищают масло от твердых частиц. Предохранительные клапаны не позволяют давлению масла превысить установленное значение, предохраняют систему от перегрузки. Дроссели служат для регулирования скорости движения рабочего органа путем изменения площади канала. Изменять скорость можно также, применяя регулируемые насосы и гидродвигатели. Распределители предназначены для изменения направления движения и остановки рабочего органа. Обратные клапаны не позволяют потоку жидкости двигаться в обратном направлении. К числу дополнительных устройств относятся регуляторы расхода, давления, температуры, а также реле давления, уровня жидкости, температуры. Заводы изготавливают также комплекты насосные станции, содержащие электродвигатель, насос, фильтр, предохранительный клапан и др., смонтированные на баке.

### 1.3. Пневматический привод

Пневмопривод использует энергию сжатого воздуха. На машиностроительных заводах имеется сеть трубопроводов сжатого воздуха давлением 0,4–0,6 МПа, создаваемого компрессорами, приводимыми в действие электродвигателями.

Основные преимущества пневматических приводов:

- надежность;
- быстродействие;

- простота конструкции;
- экономичность;
- дешевизна энергоносителя (воздуха);
- возможность бесступенчатого регулирования скорости исполнительных органов привода в широких пределах;
- безопасность в пожарном отношении.

Главный недостаток пневмопривода на машиностроительных заводах — низкое (в 100 раз меньше, чем у гидропривода) давление, не позволяющее получать больших усилий. Однако пневмоприводы имеют и ряд других недостатков, связанных в основном с высокой сжимаемостью воздуха. Энергия сжатого воздуха, преобразуемая в кинетическую энергию движущихся масс, вызывает рывки и удары, снижающие точность позиционирования выходных звеньев исполнительных органов станка. Поэтому пневмоприводы не обеспечивают необходимой плавности и точности хода, а также получения при переменной нагрузке равномерной и стабильной скорости перемещения исполнительных органов станков. Пневмоприводы, как правило, имеют более низкий (по сравнению с гидроприводом) КПД, а также требуют применения смазывающих устройств.

Исполнительными механизмами (почти как и в гидроприводе) являются пневмоцилиндры и мембранные исполнительные механизмы-пнеumoкамеры (для поступательного движения, рис. 1.8), пневмомоторы (для вращательного движения, рис. 1.9) и поворотные исполнительные механизмы (поворот на угол менее  $360^\circ$ , рис. 1.10).

Пнеumoкамеры срабатывают при подаче сжатого воздуха в отверстие  $K1/4''$ . Поршень, уплотненный резиновой диафрагмой движется вверх, увлекая за собой тягу  $d$ ; после сброса давления пружина возвращает поршень вниз. Остальные пневмоприводы действуют подобно аналогичным гидравлическим. В качестве пневмомоторов применяют пластинчатые, поршневые и реже шестеренные, центробежные и другие машины.

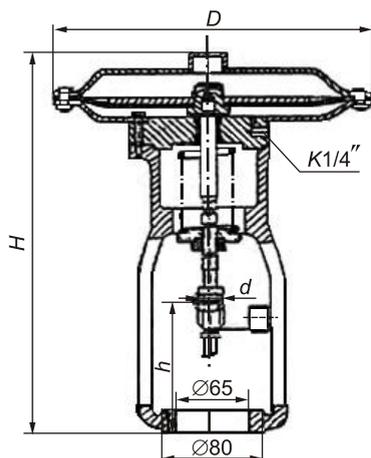


Рис. 1.8. Пневмокамера

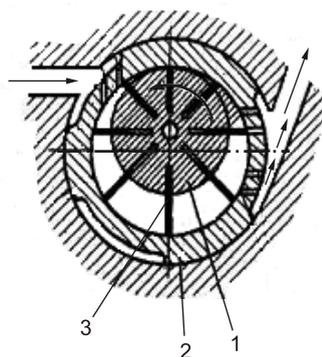


Рис. 1.9. Схема пластинчатого пневмомотора:  
1 — ротор; 2 — статор;  
3 — пластина

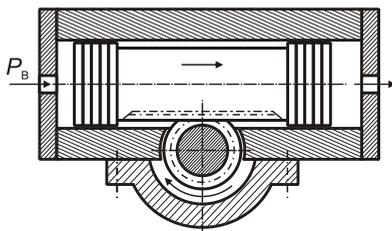


Рис. 1.10. Поворотный пневмоцилиндр ( $P_{в}$  — давление воздуха)

Промышленность выпускает следующую пневмоаппаратуру: фильтры, влагоотделители, предохранительные клапаны, дроссели, распределители, обратные и редукционные клапаны, регуляторы и реле давления. Заводы изготавливают также устройства очистки сжатого воздуха, глушители и др.

В цехах пневмопривод используется в приспособлениях для зажима заготовок совместно с усиливающими рычажными, винтовыми и клиновыми механизмами, а также для привода манипуляторов.

С помощью пневматических устройств решают сложные задачи автоматизации и управления станками.

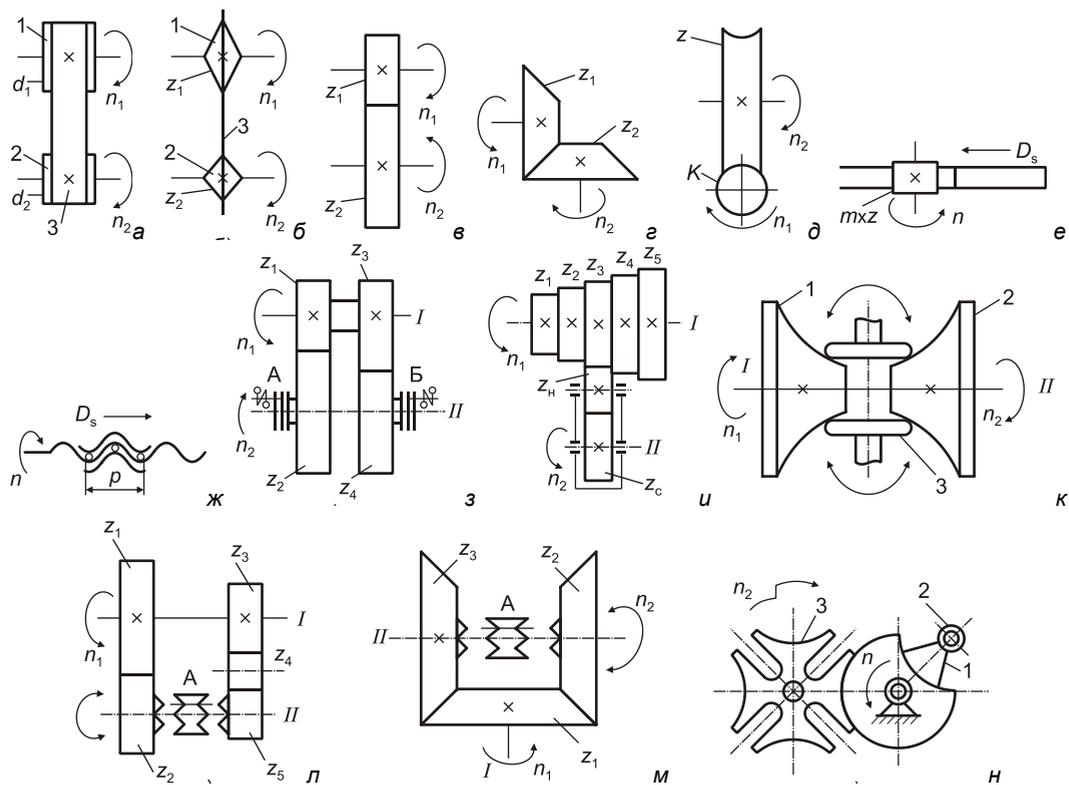
Пневматические приводы загружают заготовки, включают и выключают рабочие движения режущего инструмента, тормозят рабочие органы станка при их остановке, освобождают и удаляют заготовки со станка, служат в качестве аэростатических опор и направляющих, а также выполняют другие функции. При применении сдвоенных (танделы) и строенных пневмоцилиндров их общего усилия может быть достаточно и для решения технологических задач.

Пневмогидравлический привод позволяет получить большие усилия, чем пневматический. Воздух действует на поршень большого диаметра, который плунжером малого диаметра вытесняет масло под более высоким давлением, поступающее в гидроцилиндр.

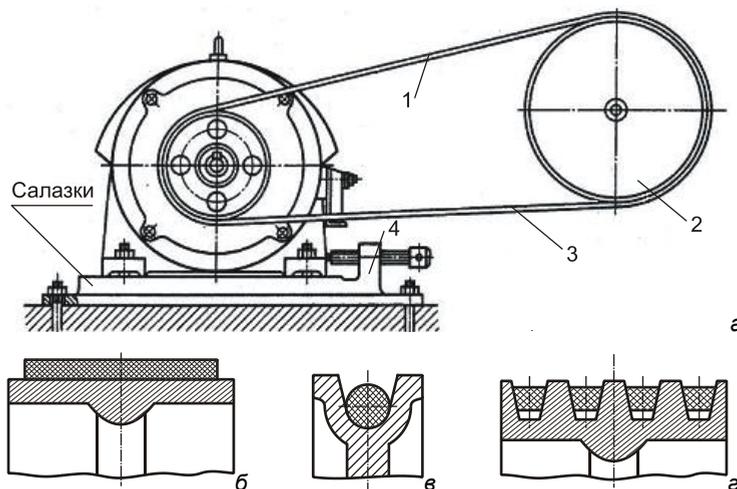
## 1.4. Механизмы приводов

Передающие механизмы (или передачи) передают движение от одного элемента привода к другому. Применяют ременные, цепные, зубчатые и червячные передачи. В них различают ведущий элемент (передающий движение) и ведомый элемент (получающий движение). Характеристикой передачи служит передаточное число, с помощью которого можно определить, во сколько раз частота вращения ведомого элемента меньше частоты вращения ведущего.

*Ременная передача* (рис. 1.11, а и 1.12, а) состоит из ведущего 1 и ведомого 2 шкивов и плоского (рис. 1.12, б), круглого (рис. 1.12, в) или клинового (рис. 1.12, з) ремня 3. Ее передаточное число  $u = \omega_1/\omega_2 = d_2/d_1(1-\varepsilon)$ , где  $d_1$ ,  $d_2$  — диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм;  $\varepsilon = 0,96...0,9$  — коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня относительно поверхностей шкивов.



**Рис. 1.11.** Схематическое изображение передач: а — ременная; б — цепная; в — зубчатая цилиндрическая; г — коническая; д — червячная; е — реечная; ж — "винт-гайка"; з-к — механизмы для изменения скорости; л, м — механизмы для изменения направления; н — механизм для осуществления периодических движений



**Рис. 1.12.** Схемы ременной передачи (а) и сечения ремней (б-г)

Там, где проскальзывание нежелательно, применяют *зубчатые ремни* 3 (рис. 1.13) и зубчатые шкивы 1 и 2.

*Фрикционной передачей* называют механизм, в котором движение одного жесткого звена преобразуется в движение другого жесткого звена за счет сил трения в одной или нескольких зонах контакта (сопряжения). Необходимую силу трения между звеньями механизма обеспечивает прижатие одного из них к другому, т. е. силовое замыкание. Такие механизмы применяют преимущественно для преобразования параметров вращательного движения.

На рис. 1.14 показан лобовой *вариатор*, в котором ведущий каток 1 может перемещаться по своему валу (вдоль оси) в осевом направлении (как показано стрелками). Передаточное отношение этого вариатора будет непрерывно (бесступенчато) изменяться по мере изменения радиуса  $R$ . Если каток 1 находится на "оси" катка 2, то последний неподвижен. При переводе катка 1 в левую часть катка 2 поменяется направление вращения ведомого вала (реверсивное вращение). Имеется много других типов вариаторов (схема одного из них приведена на рис. 1.11,  $\kappa$ ).

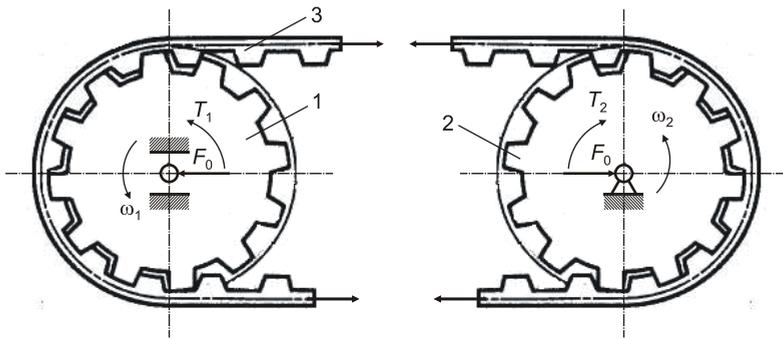


Рис. 1.13. Схема зубчато-ременной передачи

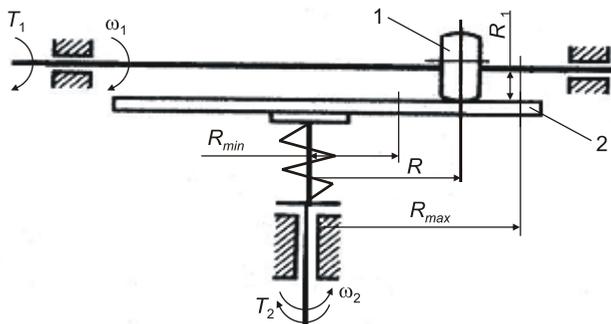


Рис. 1.14. Вариатор

Цепная передача (рис. 1.15 и 1.11, б) включает ведущую 1 и ведомую 2 звездочки и цепь. Проскальзывание здесь отсутствует.

Зубчатая передача осуществляется цилиндрическими (рис. 1.16, а и 1.11, в) или коническими (рис. 1.17, а и 1.11, з) зубчатыми колесами.

Передаточное число цепной и зубчатой передач  $u = Z_2/Z_1$ , где  $Z_1$  и  $Z_2$  — числа зубьев ведущего и ведомого элементов соответствующих передач. Для цилиндрических передач рекомендуется  $u = 2-7$ . Если ведущее колесо меньше ведомого, то угловая скорость  $\omega$  уменьшается, а крутящий момент  $M = \eta P/\omega$  растет.

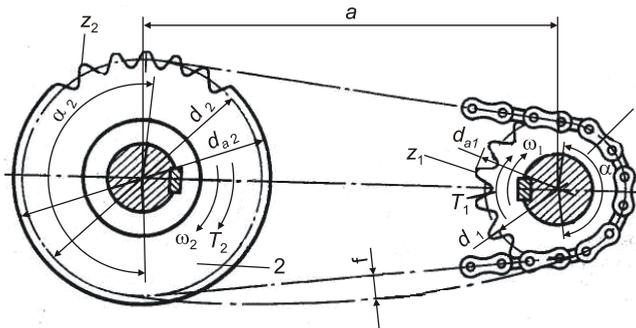


Рис. 1.15. Схема цепной передачи

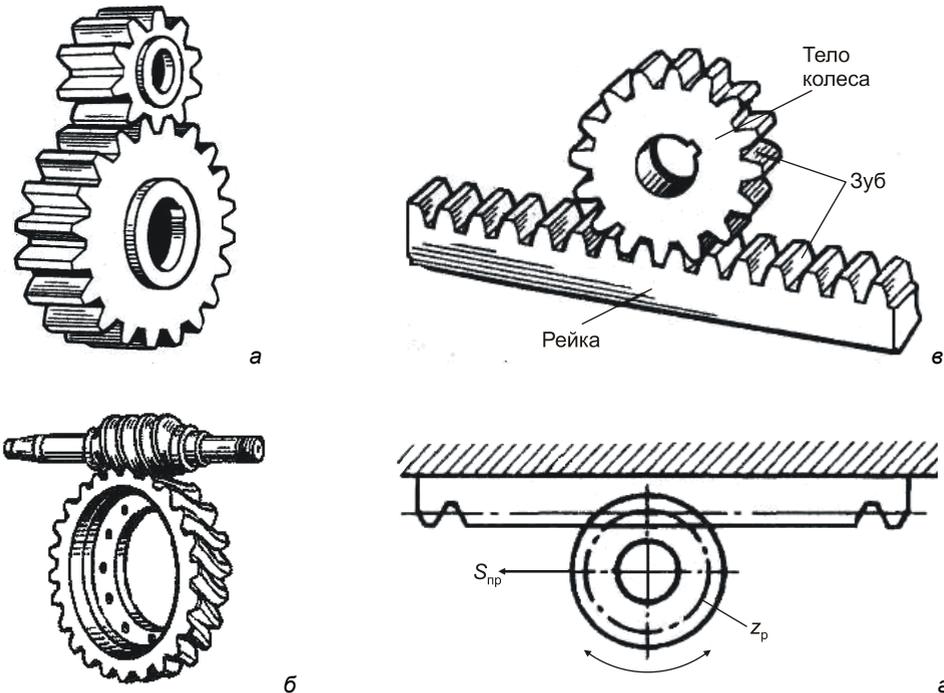


Рис. 1.16. Прямозубые цилиндрическая зубчатая (а, б) и реечная передачи (в, г)

Здесь  $\eta = 0,97$  — КПД цилиндрической передачи. Он очень высок, т. к. зубья перекатываются друг по другу с небольшим проскальзыванием. Имеются также винтовые (рис. 1.17, в) передачи и передачи внутреннего зацепления (рис. 1.17, г).

Червячная передача (рис. 1.17, б) состоит из ведущего червяка (он сверху), имеющего  $k$  заходов, и ведомого червячного колеса с  $Z$  зубьями. Ее передаточное число  $u = Z/k$ . Червячная передача позволяет получать большие передаточные числа. Если  $Z = 40$ , а  $k = 1$ , то  $u = 40$  (для цилиндрической передачи  $u = 2-7$ ).

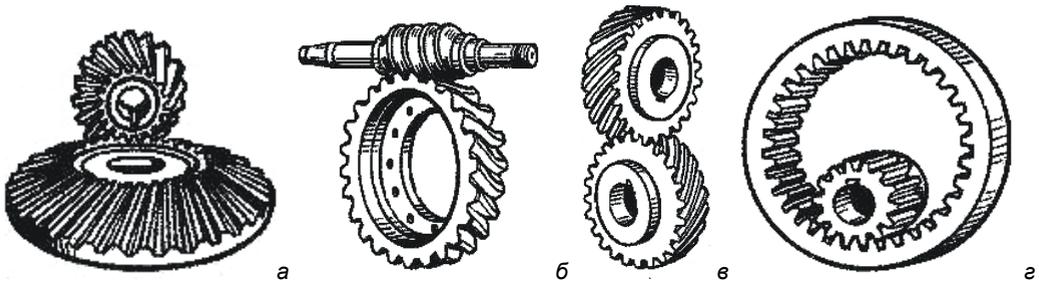


Рис. 1.17. Зубчатые передачи:  
 а — коническая; б — червячная; в — винтовая;  
 г — цилиндрическая с внутренним зацеплением

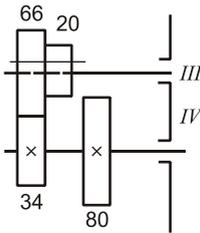


Рис. 1.18. Фрагмент коробки скоростей

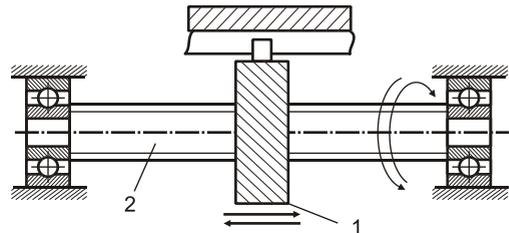


Рис. 1.19. Передача "винт-гайка"

Но  $Z$  можно взять еще больше. Низкий КПД червячной передачи ( $\eta = 0,65-0,8$ ) является следствием трения скольжения между витками червяка и зубьями колеса.

Скорость вращения можно изменять пересцеплением зубчатых колес в коробке скоростей (рис. 1.18). Здесь цифры указывают на число зубьев у колес. Кресты означают неподвижное закрепление колес 34 и 80 на валу IV. Горизонтальная тонкая линия, параллельная валу III, означает, что блок колес 66–20 может перемещаться вдоль вала III. В изображенном положении передаточное число с III вала на IV равно  $66/34$  и вал IV будет вращаться почти в два раза быстрее, чем вал III. Переместим блок вправо до сцепления колес 20 и 80. Теперь передаточное число равно  $80/20$  и вал IV будет вращаться в четыре раза медленней, чем вал III. Если валов в коробке скоростей 4 и на каждом имеется по двойному блоку, то число скоростей будет равно  $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ , а ведь блоки бывают и тройными. У автоматов зубчатые колеса сцеплены в нужных сочетаниях, но вращаются на валах свободно и сцепляются с валами сцепными муфтами (рис. 1.11, з). В коробках подач станков скорости можно менять

с помощью "нортон" (рис. 1.11, *и*). Ведущий вал — I, ведомый вал — II. По мере сдвигания "нортон" вправо скорость ведомого вала растет.

*Механизмы для изменения направления вращения* (реверсирования) многообразны. В качестве примера на рис. 1.11, *л* и *м* приведены механизмы реверсирования за счет переключения муфты. Для преобразования вращательного движения в поступательное применяют несколько видов механизмов.

*Реечная передача* (рис. 1.16, *в* и *г*) состоит из зубчатого колеса, имеющего  $Z$  зубьев, и зубчатой рейки. Если модуль реечного зацепления  $m$ , а вращательное движение совершает зубчатое колесо, то за один его оборот рейка перемещается на расстояние  $S = \pi \times m \times Z$ .

*Винтовая передача* (рис. 1.19 и 1.11, *ж*) состоит из ходового винта 2 с шагом  $P$  и ходовой гайки 1. В станках с программным управлением используют шариковые винтовые пары, которые имеют высокие точность и КПД. За один оборот ходового винта, имеющего  $k$  заходов, гайка перемещается на расстояние  $S = P \times k$ .

*Кривошипно-ползунный механизм* (рис. 1.20) широко применяется в кривошипных прессах для горячей и холодной штамповки. Здесь при обороте кривошипа 2 ползун 1 движется поступательно и производит штамповку. В двигателях внутреннего сгорания, наоборот, газы в цилиндрах давят на поршни 1, которые, воздействуя на шатуны  $BC$ , вращают коленвал 2.

*Кулисный механизм* (рис. 1.21) трансформирует вращательное движение в поступательное в поперечно-строгальных станках и др.

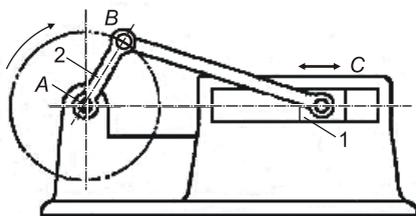


Рис. 1.20. Кривошипно-ползунный механизм

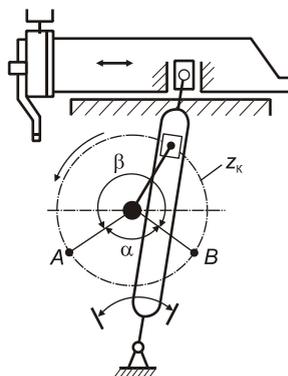


Рис. 1.21. Кулисный механизм

При вращении кривошипа 1 ползун 2 перемещается по направляющим кулисы 3, качающейся на оси 4. Ползун станка 5 с резцом 6 под действием кулисы движется возвратно-поступательно.

В приводах движения подачи и во вспомогательных кинематических цепях широко применяют *кулачковые механизмы*. При этом характер движения ведомого звена может быть установлен соответствующим профилированием кулачка.

Кулачки могут быть связаны с подвижным рабочим органом непосредственно (рис. 1.22, *а*) или через промежуточную передачу (рис. 1.22, *б*). В первом случае

кулачок 4 действует на палец 3, жестко связанный с рабочим органом (например, суппортом станка) 2. Пружина 1 обеспечивает контакт ролика с кулачком и осуществляет обратный ход суппорта. Во втором случае вращающийся на оси 5 плоский кулачок 4 находится в контакте с роликом двухплечего рычага 3, имеющего зубчатый сектор, связанный с рейкой 2. При повороте рычага 3 с сектором вокруг точки *O* суппорт 1 перемещается в направлении, показанном стрелкой.

Форма профиля кулачков зависит от принятого закона движения исполнительного органа. Рабочие участки профиля, осуществляющего равномерное перемещение ведомого звена (например, движение подачи), очерчивают по спирали Архимеда. Обычно кулачок вращается равномерно, следовательно, угол поворота и приращение радиуса кривизны, а с ним и перемещение рабочего органа будут пропорциональны времени.

Механизмы с цилиндрическим кулачком 1 (рис. 1.22, *в, з*) применяются, например, в устройствах подачи заготовки токарных автоматов (2 — палец; 3 — подающий механизм; 4 — рычаг).

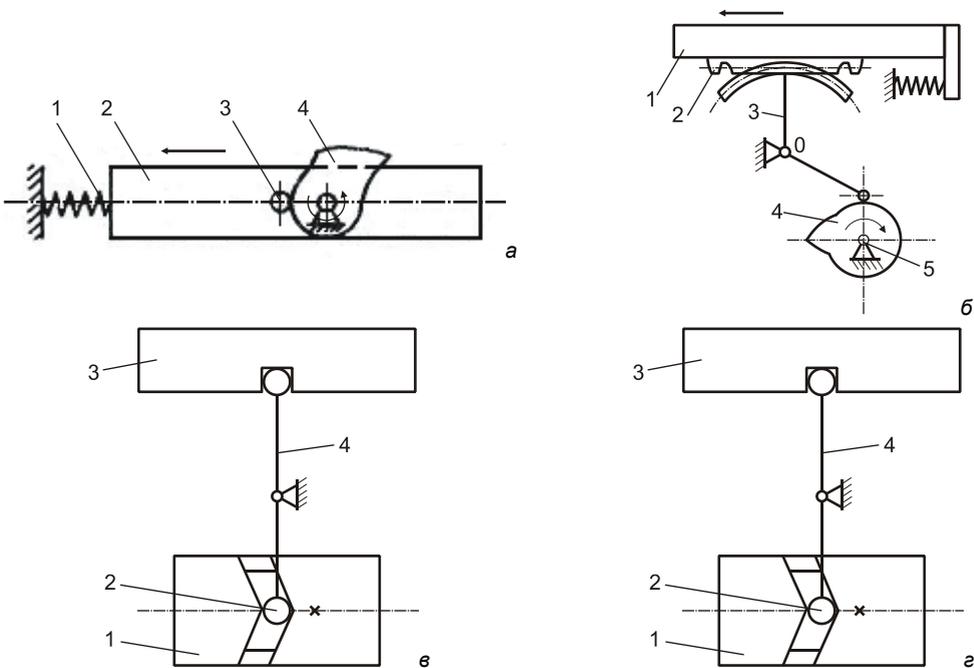


Рис. 1.22. Кулачковые механизмы

В ряде случаев вращение одному валу от двух самостоятельных приводов может быть передано одновременно через механизм обгона (рис. 1.23) — двустороннюю муфту свободного хода. Движение вала 1 против или по часовой стрелке может передаваться с малой скоростью от колеса 2, закрепленного на ступице барабана 3, или же с большей скоростью от колеса 5.