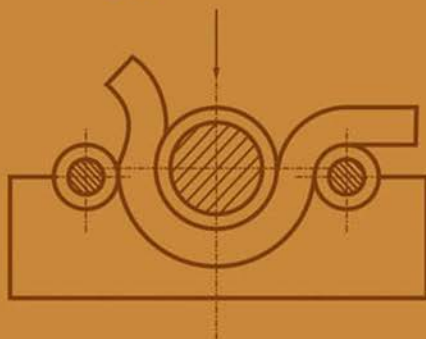


В. А. Салтыков, В. П. Семенов, В. Г. Семин, В. К. Федюкин

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[®]



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

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Допущено УМО по образованию в области производственного менеджмента
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 080502 «Экономика и управление
на предприятии машиностроения»*

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2012

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^{1/16}. 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

Введение.....	1
Глава 1. Типы приводов и их механизмы	5
1.1. Электропривод	5
1.2. Гидропривод.....	6
1.3. Пневматический привод.....	11
1.4. Механизмы приводов	13
Глава 2. Оборудование для литейного производства	23
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
Глава 3. Кузнечно-прессовое оборудование	81
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 резбообрабатывающие станки	216
5.6. Строгальные, долбежные, протяжные станки	233
5.7. Разные станки.....	240
5.8. Общие сведения о приспособлениях	244
Глава 6. Подъемно-транспортное оборудование	249
6.1. Грузоподъемное оборудование	249
6.2. Транспортирующее оборудование.....	255
6.3. Промышленные роботы	259
Глава 7. Автоматизация оборудования	265
Литература.....	273
Предметный указатель.....	275

Введение

Непрерывное совершенствование и развитие машиностроения — основа научно-технического прогресса в различных отраслях народного хозяйства — неразрывно связано с прогрессом производства технологического оборудования (литейного, кузнечно-прессового, сварочного и металлорежущего). Именно технологическое оборудование, являющееся активной, самовоспроизводящейся частью основных фондов машиностроительных предприятий, обеспечивает изготовление новых видов машин и приборов.

Развитие машиностроения и, в частности, совершенствование производства технологических машин осуществляется на базе их стандартизации, унификации и агрегатирования. Важнейший принцип стандартизации — применение при проектировании новых машин предпочтительных чисел и нормальных линейных размеров, на основе которых для однотипных машин построены параметрические ряды размеров, мощности, давления, норм точности и т. п. Под унификацией понимают приведение на базе стандартизации некоторого ранее существовавшего множества разных исполнений однотипных машин к целесообразному минимуму. Агрегатированием называют способ создания машин путем компоновки их из унифицированных узлов-агрегатов. Внедрение размерных рядов (гамм) технологического оборудования на единой конструктивной, технологической и организационной основе с унифицированными деталями и узлами позволяет существенно сократить число типоразмеров узлов, сделать производство технологических машин более эффективным за счет ускорения проектирования и внедрения передовой технологии, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

При сравнительной оценке технического уровня технологических машин и их комплектов, а также при выборе оборудования для решения конкретных производственных задач используют набор технико-экономических показателей, характеризующих качество технологических машин. Такими показателями являются эффективность, производительность, точность, надежность и гибкость.

Эффективность — комплексный показатель, наиболее полно отражающий главное назначение технологического оборудования, — повышать производительность труда при изготовлении деталей (заготовок), одновременно снижая его затраты. Эффективность оборудования (шт./руб.):

$$A = N/\sum c,$$

где N — годовой выпуск деталей; $\sum c$ — сумма приведенных годовых затрат на их изготовление.

При проектировании или подборе оборудования всегда следует стремиться к максимальной эффективности, рассматривая ее показатель как целевую функцию:

$$A = (M/\sum c) \rightarrow \max.$$

Если задается годовая программа выпуска, это условие соответствует минимуму приведенных затрат:

$$\sum c \rightarrow \min.$$

Сравнение эффективности двух вариантов технологического оборудования при заданной программе выпуска ведут по разности приведенных затрат:

$$P = (\sum c)_2 - (\sum c)_1,$$

где индекс 2 относится к более совершенному варианту оборудования по сравнению с базовым (индекс 1).

Производительность технологической машины характеризует ее способность обеспечивать изготовление определенного числа деталей (заготовок) в единицу времени. Штучная производительность (шт./год) при непрерывной безотказной работе:

$$Q = T_0 / T,$$

где T_0 — действительный годовой фонд времени с учетом затрат на ремонт, техническое обслуживание и т. д.; T — полное время всего цикла изготовления детали.

Точность технологической машины предопределяет точность изготовленных на ней деталей (заготовок). По характеру и источникам возникновения все неточности технологической машины, вызывающие погрешности изготовления деталей, делят на несколько групп. Геометрическая точность, определяемая точностью взаимного расположения узлов машины при отсутствии внешних воздействий, зависит от точности изготовления базовых деталей и от качества сборки машины. Ее нормируют в зависимости от требуемой точности изготовления деталей. Кинематическая точность необходима для технологических машин, в которых сложные движения требуют согласования скоростей нескольких простых движений. Особое значение кинематическая точность имеет для зубообрабатывающих, резьбонарезных и некоторых других металлорежущих станков.

Жесткость технологических машин характеризует их способность противостоять появлению упругих перемещений под действием постоянных или медленно изменяющихся во времени сил и представляет собой отношение силы F к вызванной ею упругой деформации δ в том же направлении:

$$j = F/\delta.$$

Величину, обратную жесткости, называют податливостью:

$$C = 1/j = \delta/F.$$

Податливость сложной системы, состоящей из набора последовательно расположенных упругих элементов, равна сумме податливостей этих элементов:

$$C_0 = \sum C_i.$$

Жесткость несущей системы технологической машины должна обеспечить упругое перемещение инструмента и заготовки в заданных пределах, зависящих от требуе-

мой точности изготовления детали. Виброустойчивость технологической машины определяет ее способность противодействовать возникновению колебаний, снижающих точность и производительность машины. Теплостойкость технологической машины характеризует ее сопротивляемость возникновению недопустимых температурных деформаций под действием тех или иных источников теплоты. Для многопозиционных машин и станков с ЧПУ существенной является точность позиционирования, характеризующаяся ошибкой вывода узла машины в заданную позицию по одной или нескольким координатам.

Надежностью технологической машины называют ее способность обеспечивать бесперебойный выпуск годной продукции в заданном количестве в течение определенного срока службы и в заданных условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и техническим ресурсом. Под безотказностью машины понимают ее свойство в течение определенного времени непрерывно сохранять работоспособность, т. е. работать без отказов, при которых продукция либо не выдается, либо является бракованной. Долговечностью называют свойство машины в течение определенного времени сохранять работоспособность с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния. Ремонтпригодность заключается в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, а также к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта. Технический ресурс — это наработка от начала эксплуатации или ее возобновления после среднего и капитального ремонта до перехода в предельное состояние.

Гибкостью технологического оборудования называют его способность к быстрому переналаживанию для изготовления других, новых деталей (заготовок). Чем чаще происходит смена изготавливаемых деталей и чем больше их номенклатура, тем большей гибкостью должна обладать технологическая машина. Гибкость характеризуется двумя показателями: универсальностью и переналаживаемостью. Универсальность определяется числом разных деталей, подлежащих изготовлению на данной машине, т. е. номенклатурой изготавливаемых деталей. При этом отношение годового выпуска деталей N к номенклатуре H определяет серийность изготовления:

$$s = N/H.$$

Целесообразная гибкость оборудования связана с номенклатурой изготавливаемых деталей.

В результате НТР наряду с рассмотренными традиционными технико-экономическими показателями технологического оборудования, определяющими его качество и уровень совершенства, появились новые, характеризующие безопасность его эксплуатации, удобство использования, влияние на окружающую среду, техническую эстетику и т. п.



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 большие, 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/см²). 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.

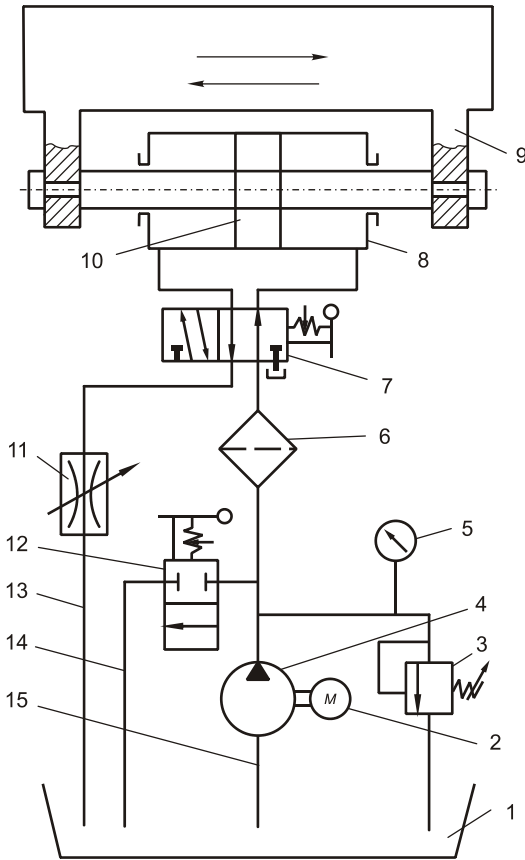


Рис. 1.1. Гидросхема станка

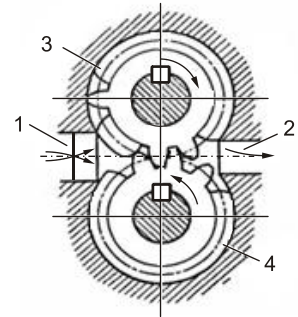


Рис. 1.2. Шестеренный насос

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.

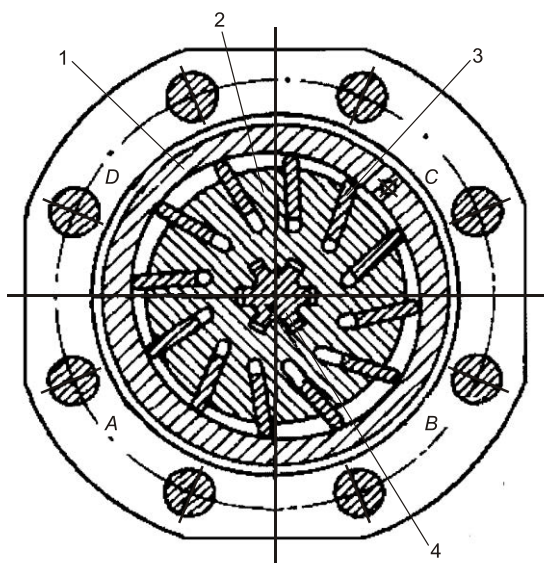


Рис. 1.3. Пластинчатый насос

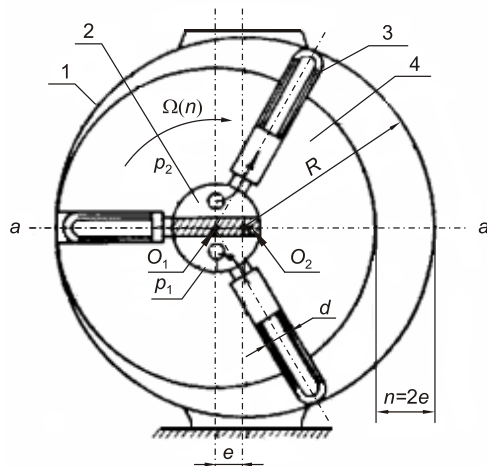


Рис. 1.4. Радиально-поршневой насос

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.

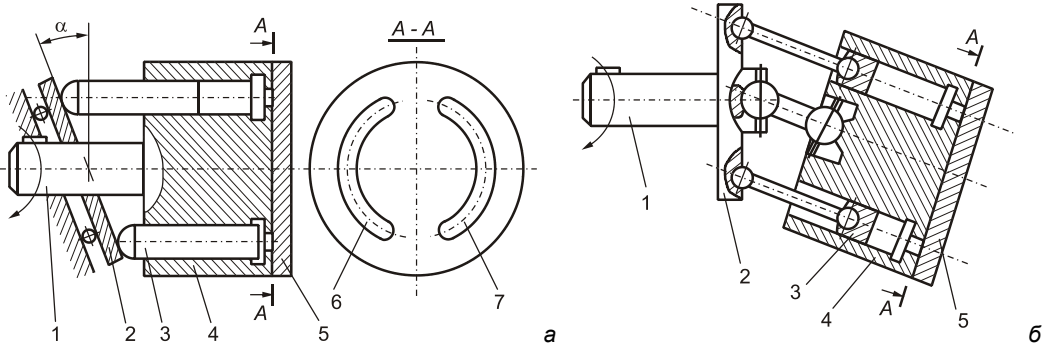


Рис. 1.5. Схемы аксиально-поршневых насосов: а — с наклонной шайбой; б — с наклонным блоком

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).

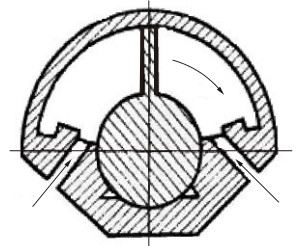


Рис. 1.6. Поворотный гидродвигатель

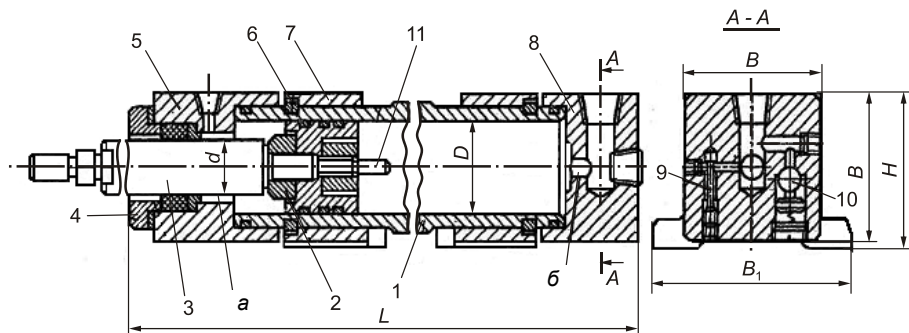


Рис. 1.7. Гидравлический цилиндр

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 комплектные 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;
- быстрдействие;

- 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-пневмокамеры (для поступательного движения, рис. 1.8), пневмомоторы (для вращательного движения, рис. 1.9) и поворотные исполнительные механизмы (поворот на угол менее 360° , рис. 1.10).

Пневмокамеры 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.

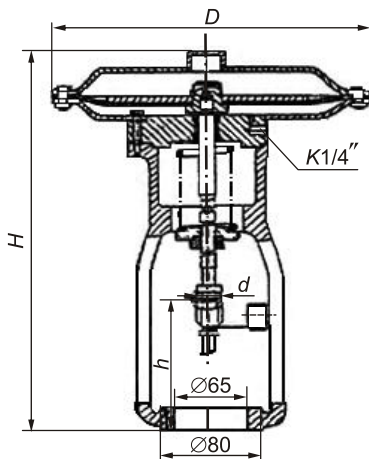


Рис. 1.8. Пневмокамера

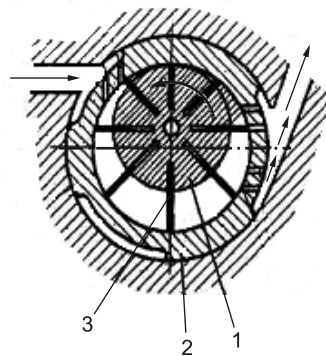


Рис. 1.9. Схема пластинчатого пневмомотора:
1 — ротор; 2 — статор;
3 — пластина

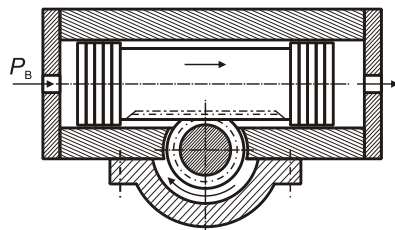


Рис. 1.10. Поворотный пневмоцилиндр ($P_{в}$ — давление воздуха)

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, г) ремня 3. Ее передаточное число $u = \omega_1/\omega_2 = d_2/d_1(1-\epsilon)$, где d_1 , d_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм; $\epsilon = 0,96 \dots 0,9$ — коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня относительно поверхностей шкивов.

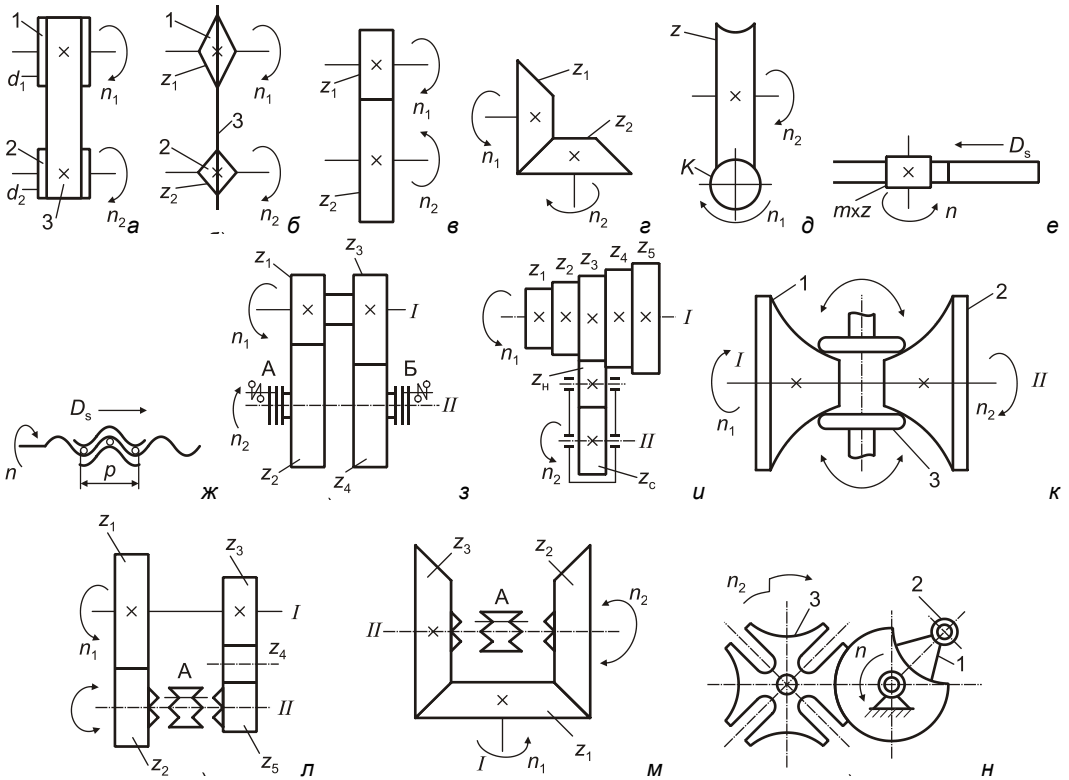


Рис. 1.11. Схематическое изображение передач: а — ременная; б — цепная; в — зубчатая цилиндрическая; г — коническая; д — червячная; е — реечная; ж — "винт- гайка"; з-к — механизмы для изменения скорости; л, м — механизмы для изменения направления; н — механизм для осуществления периодических движений

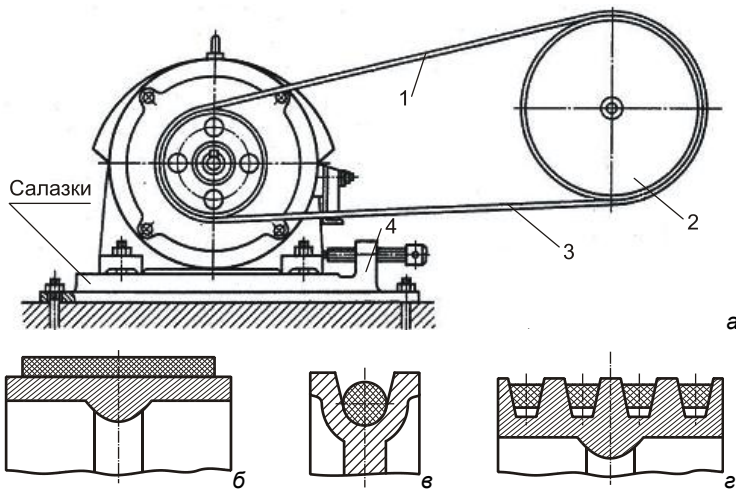


Рис. 1.12. Схемы ременной передачи (а) и сечения ремней (б-г)

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, к).

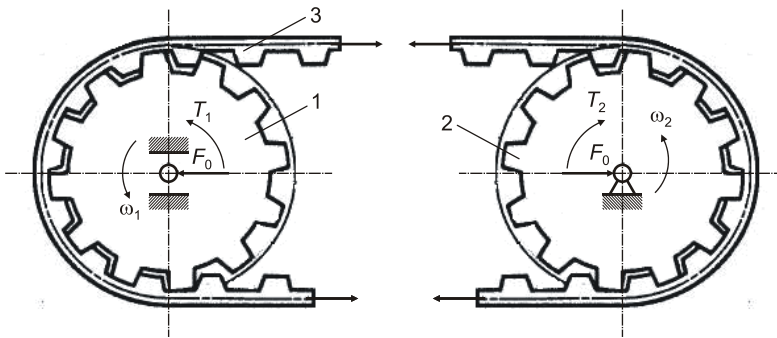


Рис. 1.13. Схема зубчато-ременной передачи

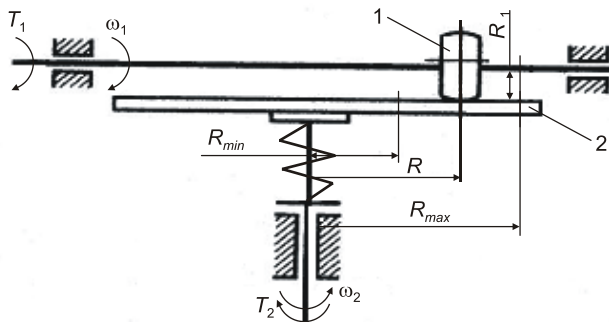


Рис. 1.14. Вариатор

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 ω уменьшается, а крутящий момент $M = \eta P/\omega$ растет.

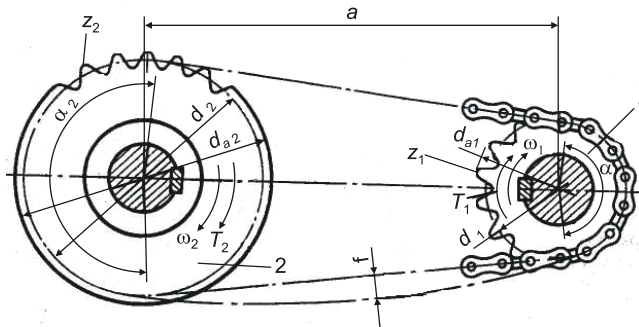


Рис. 1.15. Схема цепной передачи

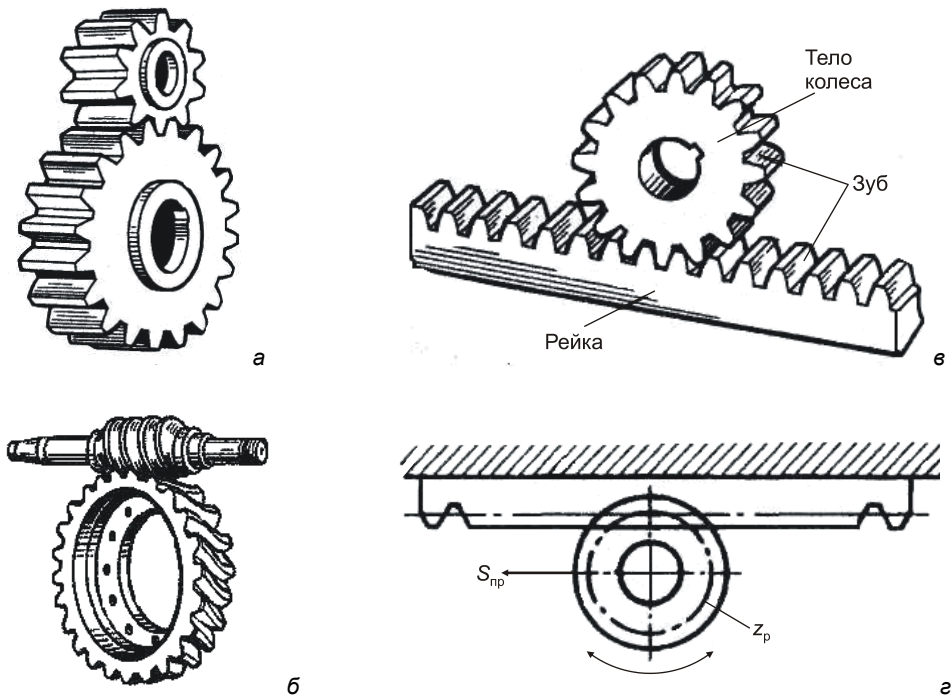


Рис. 1.16. Прямозубые цилиндрическая зубчатая (а, б) и реечная передачи (в, г)

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 $u = 2-7$).

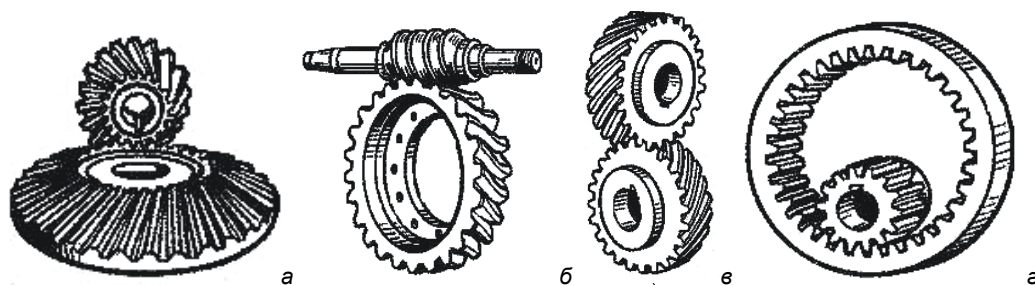


Рис. 1.17. Зубчатые передачи:

а — коническая; б — червячная; в — винтовая; г — цилиндрическая с внутренним зацеплением

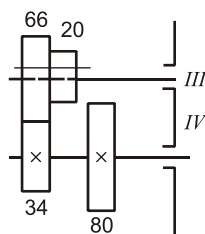


Рис. 1.18. Фрагмент коробки скоростей

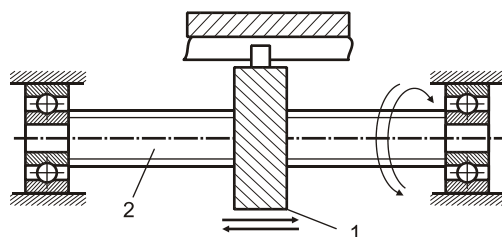


Рис. 1.19. Передача "винт-гайка"

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, *жс*) 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.

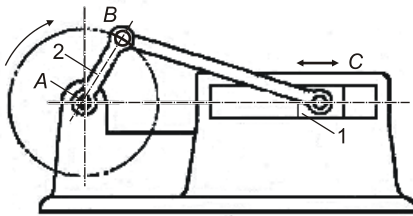


Рис. 1.20. Кривошипно-ползунный механизм

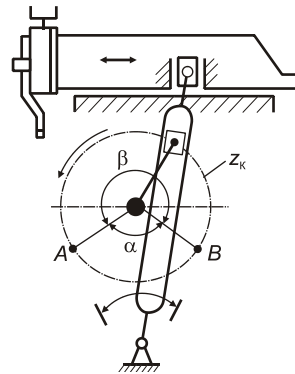


Рис. 1.21. Кулисный механизм

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).

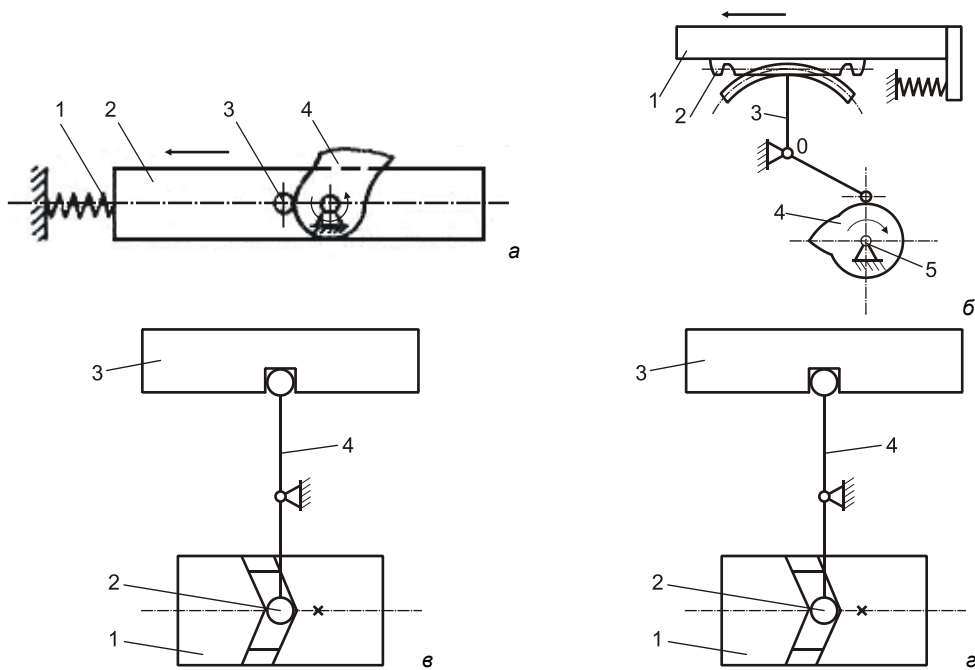


Рис. 1.22. Кулачковые механизмы

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.

При движении колеса 2 по стрелке ролики 7 заклиниваются и вилки 4 с колесом 5 вращаются вхолостую. При передаче движения от колеса 5 в ту же сторону, с большей скоростью вилка 4 передает движение валу 1 через ролики 6, упирающиеся в выступ звездочки 8. При вращении колеса 5 в направлении, противоположном колесу 2, вилка 4 передает движение валу 1 через ролик 7. Таким образом, независимо от вращения колеса 2 валу 1 можно передавать движение с большей скоростью в двух направлениях.

Для осуществления *периодических движений* используют храповые и мальтийские механизмы (см. рис. 1.11, н). Первые применяют в тех случаях, когда необходимо осуществлять прерывистые движения рабочих органов в течение коротких промежутков времени.

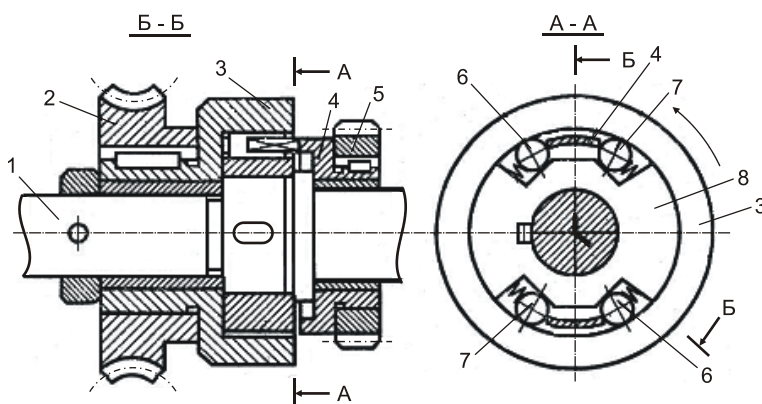


Рис. 1.23. Двусторонняя муфта свободного хода

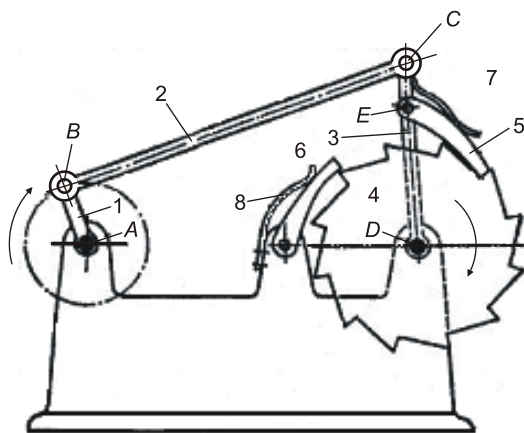


Рис. 1.24. Храповой механизм

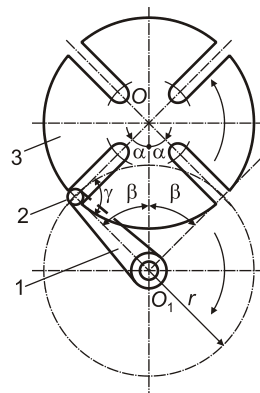


Рис. 1.25. Мальтийский механизм

Храповой механизм (рис. 1.24) работает так. Кривошип 1 вращается непрерывно. Рычаг 3 под действием шатуна 2 с собачкой 5 получает качательное движение. При движении вправо собачка 5, прижимаемая к храповому колесу 4 пружиной 7, захватывает зубья храпового колеса 4 и поворачивает его вокруг оси D . При движении рычага 3 влево собачка 5 проскальзывает по зубьям колеса 4, которое удерживается от поворота в обратном направлении собачкой 6, прижимаемой к колесу 4 пружиной 8.

Мальтийские механизмы (рис. 1.25) предназначены для периодического поворота. Они состоят из кривошипа 1 с цевкой 2 на конце и диска 3, имеющего радиальные пазы. Кривошип вращается непрерывно. В определенный момент цевка входит в паз и, повернувшись на угол 2β вместе с диском 3, выходит из него. Диск 3 останавливается до попадания цевки 2 в следующий паз.

Муфты служат для соединения валов агрегатов, например электродвигателя и редуктора. Глухие муфты (рис. 1.26) требуют точного совпадения осей соединяемых валов. Когда достичь этого трудно применяют компенсирующие муфты (рис. 1.27 и 1.28): упруго-пальцевую (ведущие пальцы 2 облицованы резиновыми кольцами или втулками 1), дисковую (диск 2, проскальзывая по пазам полумуфт 1 и 3, компенсирует несовпадение осей валов) и др.

Для соединения вращающегося вала с невращающимся применяют сцепные муфты, например фрикционную дисковую (рис. 1.29, изображена в выключенном положении). Один из валов вращается, другой — нет. Диски 1 наружными шлицами входят в пазы буксы 3, сидящей на левом валу.

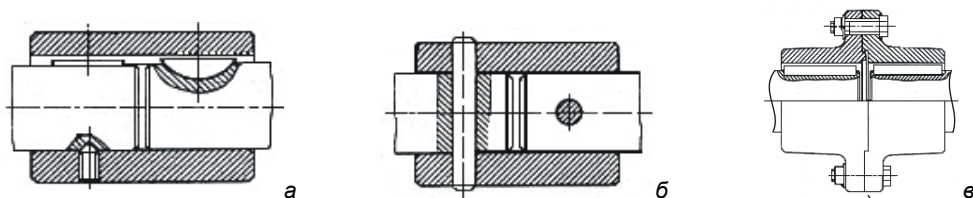


Рис. 1.26. Глухие муфты

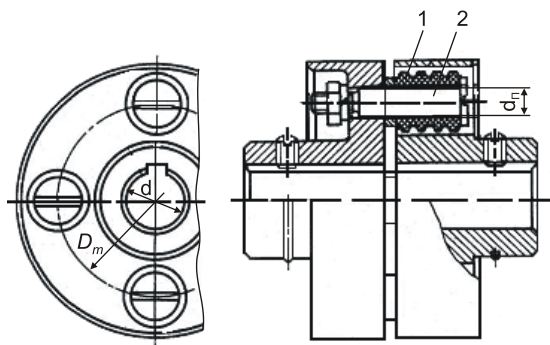


Рис. 1.27. Упругая пальцевая муфта

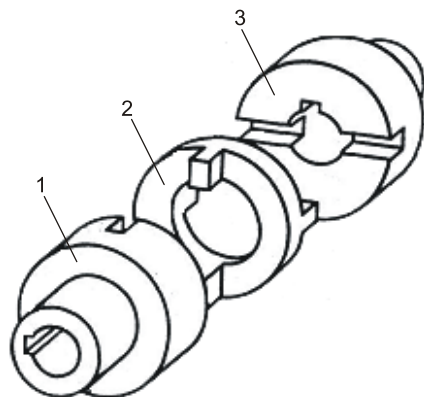


Рис. 1.28. Дисквая муфта

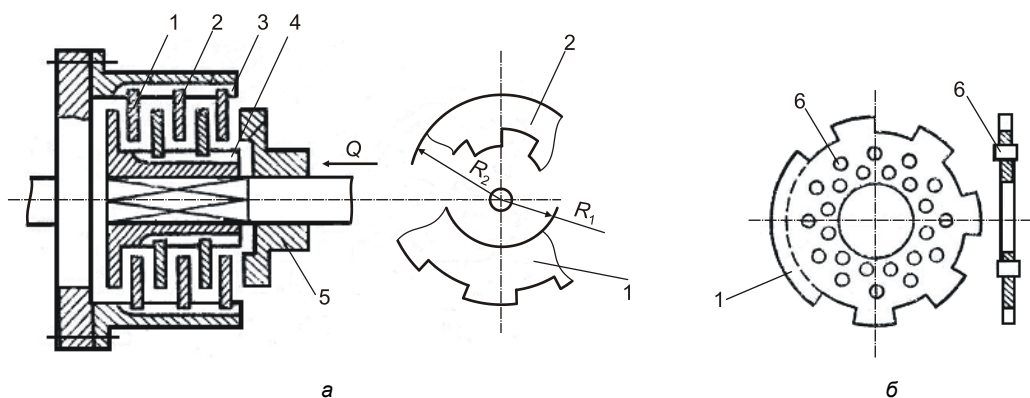


Рис. 1.29. Фрикционная дисквая сцепная муфта

Диски 2 внутренними шлицами входят в пазы втулки 4, сидящей на правом валу. Чтобы сцепить валы, втулка 5 вручную рычагом или автоматически (например, магнитом) с силой Q сжимает диски 1 и 2. Между дисками возникают силы трения, и вращение передается с вращавшегося вала на ранее неподвижный. Вставки 6 выполнены из материалов, увеличивающих силу трения.



Глава 2

Оборудование для литейного производства

2.1. Оборудование для подготовки формовочных и стержневых материалов и приготовления смесей

Щековые дробилки (рис. 2.1, а) рекомендуются для дробления отработанных жидко-стекольных смесей и других материалов. Дробление производится за счет сжатия между дробящими плитами неподвижной 1 и подвижной 2 щек. Качание подвижной щеки, являющейся одновременно шатуном, осуществляется при вращении эксцентрикового вала 3. Распорная плита 4 поддерживает низ щеки 2, сохраняя заданный зазор между дробящими плитами. Щековые дробилки имеют производительность 7,8–30 м³/ч. У *молотковых дробилок* (рис. 2.1, б) материал подается через воронку 1 и дробится молотками 5, закрепленными с помощью шарниров 4 на вращающемся роторе 3. Продукты дробления проваливаются сквозь колосниковую решетку 7. Корпус дробилки 2 облицован износостойкими плитами 6. Молотковые дробилки производительностью 10–27 т/ч рекомендуются для отработанных холодно-твердеющих смесей, угля и других материалов. *Валковые дробилки* (рис. 2.1, в) предназначены для отработанной смеси, стержней на жидком стекле и других материалов. Дробление в них производится затягиванием материалов в зазор между вращающимися в разные стороны валками 2 и 5, один из которых опирается на пружину 3, предохраняющую дробилку от поломки при попадании в бункер 1 недробящихся (например, металлических) кусков. Расстояние между валками регулируется прокладками 4.

В *роторных дробилках* (рис. 2.1, г) измельчение происходит в результате ударов кусков об отбойные плиты 3 (при их числе от 1 до 3), на которые куски отбрасываются вращающимся относительно горизонтальной оси ротором 1 с билами 2. Это оборудование рекомендуется применять для дробления отработанных песчано-глинистых, холодно-твердеющих, жидко-стекольных смесей и других материалов. Производительность известных роторных дробилок — до 125 м³/ч.

В *вибрационных дробилках* (рис. 2.1, д) куски истираются друг о друга и о стенки бункера 1 с шипами, ребрами, отверстиями в результате вибрации системы на пружинах.

жинных опорах под действием вращающихся эксцентриков 2. Сетка 3 определяет размер частиц продукта. В некоторые вибрационные дробилки вместе с материалом помещают мелющие тела, например шары. Вибрационная дробилка имеет производительность 15 т/ч.

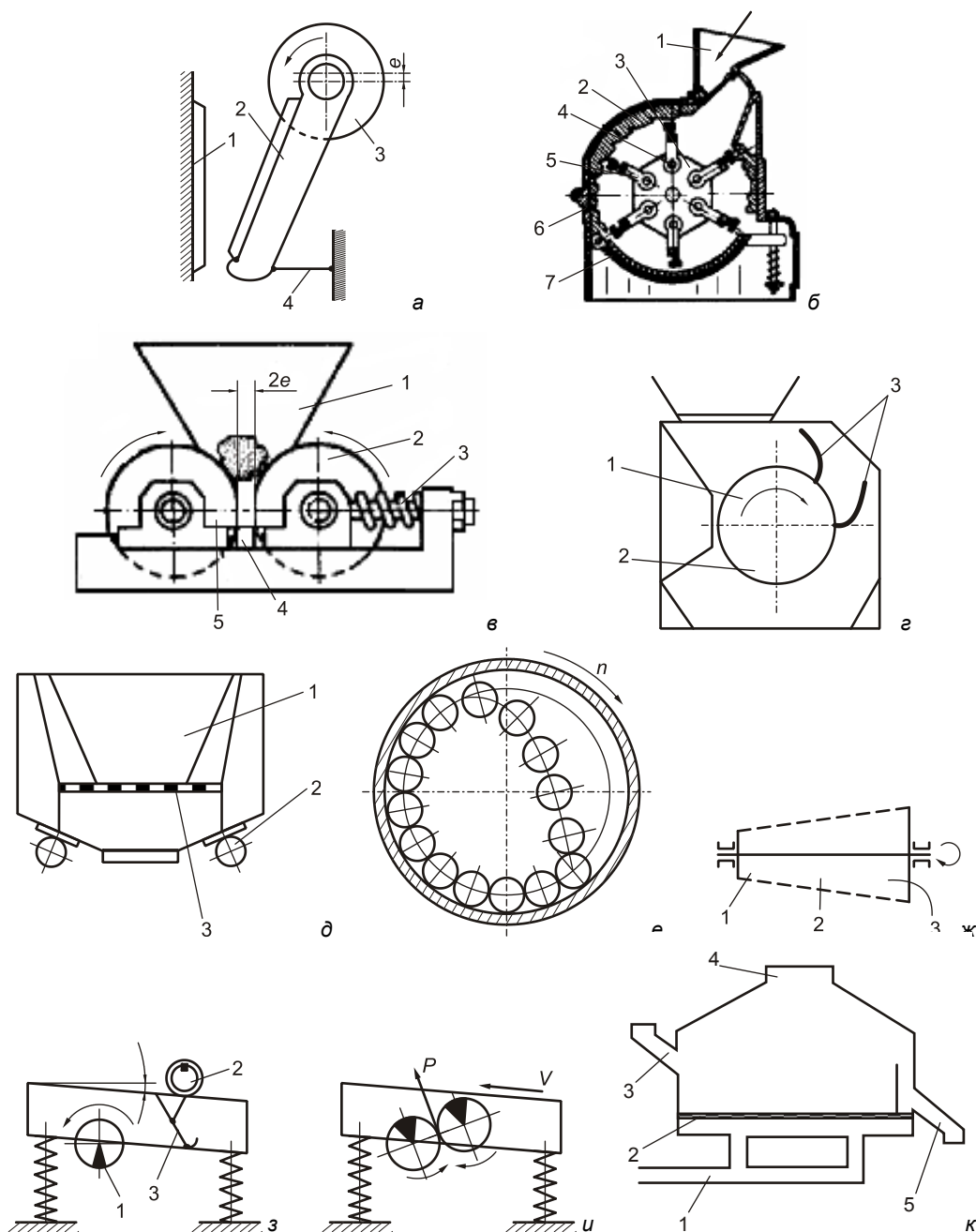


Рис. 2.1, а–к. Оборудование для подготовки формовочных материалов

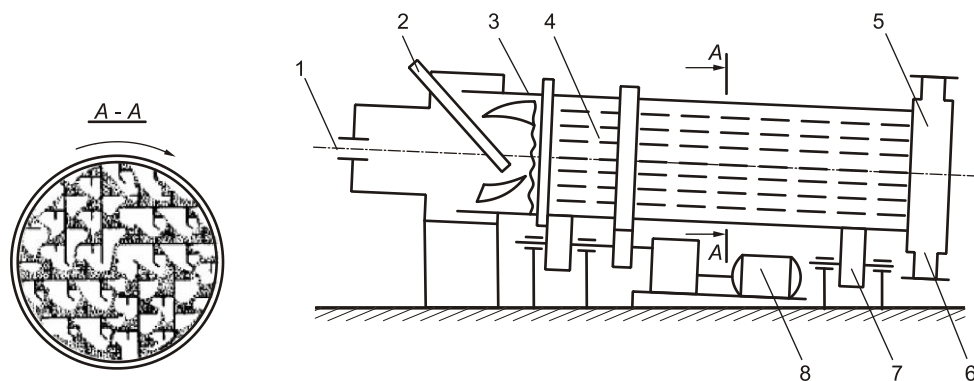


Рис. 2.1, л. Оборудование для подготовки формовочных материалов

Мельницы шаровые (дробилки) предназначены для тонкого измельчения глины, каменного угля, других материалов и представляют собой вращающийся около горизонтальной оси барабан, наполненный измельчаемым материалом и металлическими шарами (рис. 2.1, е). Шары за счет вращения барабана поднимаются на некоторую высоту и падают, дробя материал.

Сита барабанные полигональные (рис. 2.1, ж) для просеивания оборотных смесей и песков в механизированных смесеприготовительных отделениях представляют собой шести- или восьмигранную усеченную пирамиду, вращающуюся относительно оси, расположенной горизонтально. Смесь 1 подается внутрь пирамиды, образованной ситами со стороны меньшего основания, за счет вращения поднимается на угол $40\text{--}45^\circ$, соскальзывает, частично измельчаясь и просеиваясь (2 — просеянная смесь), одновременно перемещаясь вдоль оси под уклон. Непросеявшиеся комья 3 и инородные включения выпадают через окно в большем основании. Производительность самой крупной модели равна $160\text{ м}^3/\text{ч}$.

Для разминания и просеивания оборотной смеси и отделения посторонних металлических и неметаллических включений размерами более $20\times 20\text{ мм}$ в смесеприготовительных отделениях литейных цехов применяют плоские вибрационные сита производительностью до $250\text{ м}^3/\text{ч}$. Два плоских просеивающих полотна (деки) этих сит размещены одно над другим с наклоном к горизонту 15° . Вибрации создает *эксцентрикковый вибратор* 1 (рис. 2.1, з). Для разминания комков над верхней декой имеются разминающие кольца 2, над нижней — башмаки 3. Посторонние неразрушаемые включения приподнимают кольца и башмаки и попадают в отходы.

Для просеивания отработанной смеси и свежих материалов преимущественно в составе автоматических смесеприготовительных систем применяют набор плоских вибрационных сит грубой очистки и тонкой очистки. Производительность самых крупных из этих сит достигает $240\text{ м}^3/\text{ч}$. Сита грубой очистки оснащены пневмодробилками. *Сита грубой очистки* большой производительности (рис. 2.1, и) имеют двухмассный вибратор 1, направленные колебания которого заставляют материал двигаться по наклонному полотну вверх (P — возмущающая сила, V — скорость перемещения материала).