

*Жданович В.В.*

# **ОСНОВЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

Учебное пособие  
для учащихся Минского государственного  
машиностроительного колледжа



---

МИНСК  
МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ

2008

ББК 34.63-5  
УДК 621.9.06(075.3)

Учебное пособие обсуждено и одобрено цикловой комиссией «Металлорежущие станки» Минского государственного машиностроительного колледжа (протокол № 1 от 30.08.08 г.)

**Жданович В.В.**

Основы металлорежущих станков: Учебное пособие для учащихся МГМК. — Минск: Минский государственный машиностроительный колледж, 2008. — 44 с.: ил.

Приведены общие сведения о металлорежущих станках, рассмотрены назначение и устройство их типовых деталей и механизмов. Учебное пособие предусматривает закрепление теоретических знаний по основным темам дисциплины «Металлорежущие станки» при самостоятельной подготовке учащихся.

Для учащихся Минского государственного машиностроительного колледжа, может быть полезно для учащихся дневного отделения и других учебных заведений машиностроительного профиля.

*Учебное издание*

Владимир Викторович Жданович

**ОСНОВЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

Редакция, компьютерная верстка и оформление *В.В. Ждановича*  
Компьютерный набор *П.М. Лешнов, Г.В. Пузан*

---

Минский государственный машиностроительный колледж  
220009, Минск, ул. Долгобродская, 25

© В.В. Жданович, 1998-2008

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ</b> .....	<b>4</b>
1.1. Основные понятия .....	4
1.2. Классификация металлорежущих станков .....	4
1.3. Обозначение моделей металлорежущих станков .....	5
<b>2. ДВИЖЕНИЯ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ</b> .....	<b>6</b>
<b>3. СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА</b> .....	<b>7</b>
<b>4. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНКОВ</b> .....	<b>9</b>
<b>5. СТАНИНЫ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ</b> .....	<b>9</b>
5.1. Станины .....	9
5.2. Направляющие .....	10
5.3. Классификация направляющих .....	10
<b>6. ОСИ И ВАЛЫ</b> .....	<b>11</b>
6.1. Классификация валов .....	11
6.2. Опоры валов и осей .....	13
<b>7. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ</b> .....	<b>17</b>
7.1. Общие сведения о механических передачах .....	16
7.2. Понятие о передаточном отношении .....	16
7.3. Ремённые передачи .....	17
7.4. Фрикционные передачи .....	19
7.5. Цепные передачи .....	21
7.6. Зубчатые передачи .....	23
7.7. Зубчато-реечные передачи .....	24
7.8. Червячные передачи .....	25
7.9. Передачи винт-гайка .....	25
7.10. Муфты .....	27
7.11. Реверсивные механизмы .....	29
7.12. Механизмы привода прямолинейного движения .....	30
7.13. Механизмы прерывистого (периодического) движения .....	31
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	<b>32</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>33</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ:</b>	
1. Классификация металлорежущих станков .....	34
2. Основные условные обозначения элементов кинематических схем .....	35
3. Кинематическая схема токарно-винторезного станка 16К20 .....	39
4. Кинематическая схема токарного станка с ЧПУ 16К20Ф3 (16К20Т1) .....	40
5. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка 2Н135 .....	41
6. Кинематическая схема широкоуниверсального консольно-фрезерного станка 6Р82Ш .....	42
7. Кинематическая схема фрезерного станка с ЧПУ ГФ2171 (6Р13Ф3) .....	43
8. Кинематическая схема круглошлифовального станка 3М151 .....	44

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

## 1.1. Основные понятия

*Технологическое оборудование* — средства технологического оснащения, в которых для выполнения определённой части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Например, металлорежущие станки, прессы, литейные машины, печи, гальванические ванны, испытательные стенды и т.д.

*Технологическая оснастка* — средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определённой части технологического процесса. Например, станочные приспособления, режущий и вспомогательный инструмент, штампы, литейные формы и т.д.

*Металлорежущий станок* — машина для размерной обработки заготовки в основном путём снятия стружки с целью придания ей заданной геометрической формы, размеров, шероховатости.

К металлорежущим станкам относят также технологическое оборудование, использующее электрофизические и электрохимические методы обработки, сфокусированный лазерный или электронный луч, поверхностное пластическое деформирование и некоторые другие методы.

## 1.2. Классификация металлорежущих станков

По технологическому назначению станки разделяют на группы: токарные, сверлильные и расточные, шлифовальные и т.д. (прилож. 1) В зависимости от назначения, компоновки и конструктивных особенностей группы станков, в свою очередь, разделяют на типы (см. прилож. 1). Например, токарные станки разделяют на токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарно-винторезные и др.

По массе станки делятся на категории:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| – лёгкая (до 1 т);   | – тяжёлая (до 100 т);                    |
| – средняя (до 10 т); | – особо тяжёлая (уникальная, св. 100 т). |
| – крупная (до 30 т); |  |

По точности станки делятся на классы:

*Н* — *нормальной точности* (большинство станков);

*П* — *повышенной точности* (на базе станков нормальной точности, но отличаются от них более точным изготовлением ответственных деталей станка, качеством сборки, а также особенностями монтажа и эксплуатации);

*В* — *высокой точности* (точность станков достигается за счёт специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, к качеству сборки и регулировки узлов станка);

*А* — *особо высокой точности* (при их изготовлении предъявляются еще более высокие требования, чем к станкам класса точности *В*);

*С* — *особо точные* станки (“мастер-станки”, предназначены для достижения наивысшей точности и применяются для окончательной обработки деталей типа делительных колёс и дисков, эталонных колёс, измерительных винтов и т.п.).

Станки классов *П*, *В*, *А* и *С* носят общее название — *прецизионные*, станки двух последних классов точности эксплуатируются в изолированных помещениях (термоконстантных), в которых поддерживается постоянная температура воздуха.

Т а б л и ц а 1.1

### Сравнительная точность станков различных классов

Класс точности станка	Н	П	В	А	С
Допускаемые отклонения обрабатываемых деталей относительно получаемых на станках нормальной точности	1	0,6	0,4	0,25	0,16

По уровню специализации (универсальности):

– *универсальные* — станки, предназначенные для выполнения различных операций на деталях широкой номенклатуры (токарно-винторезные, токарно-карусельные и т.п.);

– *широкого назначения* — станки, предназначенные для выполнения ограниченного числа операций на деталях широкой номенклатуры (токарно-отрезные, многолезцовые и т.п.);

– *специализированные* — станки, предназначенные для обработки деталей одного наименования, но разных размеров (коленчатых валов, гаек, шурупов и т.п.);

– *специальные* — станки, предназначенные для обработки одной определённой детали;

– *агрегатные* — специальные станки, состоящие из нормализованных взаимозаменяемых узлов (применяют обычно в автоматических линиях).

Универсальные станки применяют в единичном и мелкосерийном производстве, а станки широкого назначения — в серийном...массовом, специализированные, специальные и агрегатные — в крупносерийном...массовом производстве.

По степени автоматизации:

– станки *с ручным управлением* — для выполнения каждого отдельного движения (рабочего или вспомогательного) необходимые команды задаёт станочник, который предварительно изучив чертёж и техническую документацию, составляет для себя “программу” работ, обрабатывает деталь, измеряет её, производит сравнение с чертежом и, при наличии рассогласований, устраняет неточности обработки;

– *полуавтоматы* — рабочий цикл в них выполняется автоматически, но установка новой заготовки, пуск цикла и снятие готовой детали (а также первоначальная наладка станка) производятся рабочим;

– *автоматы* — после наладки все движения, связанные с циклом обработки детали, а также загрузка-выгрузка детали выполняются без участия рабочего;

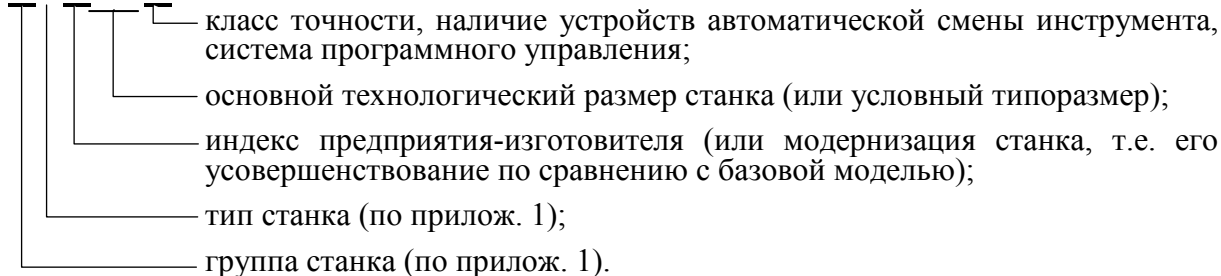
– станки *с программным управлением* (ЧПУ, ЦПУ) — это полуавтоматы или автоматы, управление которыми производится по заранее составленной и легко заменяемой программе.

### 1.3. Обозначение моделей металлорежущих станков

Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков (ЭНИМС) разработал классификацию для обозначения моделей станков. Все серийно выпускаемые станки делятся на девять групп, каждая группа делится на типы (см. прилож. 1).

Модели серийно выпускаемых станков обозначаются следующим образом\*:

**XXXXXX**



\* Обозначение некоторых моделей станков иногда не соответствует принятым правилам.

После основного технологического размера буквами могут обозначаться следующие особенности станка:

*П, В, А, С* — соответствующий класс точности станка (станок нормальной точности буквой *Н* не обозначается);

*Р* — наличие револьверной головки (в станках с автоматической сменой инструмента);

*М* — наличие магазина сменных инструментов;

*Ц* — цикловое программное управление (ЦПУ);

*Ф1* — цифровая индикация и (или) предварительный набор координат перемещений;

*Ф2* — позиционная система ЧПУ;

*Ф3* — контурная система ЧПУ;

*Ф4* — комбинированная система ЧПУ (в многооперационных станках).

Примеры обозначения моделей станков:

**16К20Ф3** — токарно-винторезный станок (*1* и *б*), высота центров 200 мм (*20*), с контурной системой ЧПУ (*Ф3*).

**1Г340ПЦ** — токарно-револьверный станок (*1* и *3*), наибольший диаметр обрабатываемого проката 40 мм (*40*), повышенной точности (*П*), с цикловым программным управлением (*Ц*).

**2Р135Ф2** — вертикально-сверлильный станок (*2* и *1*), наибольший условный диаметр сверления 35 мм (*35*), с позиционной системой ЧПУ (*Ф2*), оснащён 6-шпиндельной револьверной головкой (вообще-то, буква *Р* должна располагаться перед *Ф2*).

**2202ВМФ4** — многооперационный станок (*Ф4*) одношпиндельный (*2* и *2*), условный типоразмер 02, высокой точности (*В*), с магазином сменных инструментов (*М*) и комбинированной системой ЧПУ (*Ф4*).

**2455АФ1** — координатно-расточный станок (*2* и *4*), условный типоразмер 55, особо высокой точности (*А*), с цифровой индикацией и преднабором координат перемещений (*Ф1*).

**6Р13РФ3** — вертикально-фрезерный консольный станок (*б* и *1*), условный типоразмер 3, с револьверной головкой (*Р*) и контурной системой ЧПУ (*Ф3*).

Но есть и обозначения “не по правилам”:

**ИР320ПМФ4, ИР500МФ4, ИР800МФ4** — многоцелевые станки Ивановского станкостроительного завода с магазином сменных инструментов и размерами стола соответственно 320S320, 500S500, 800S800 мм.

**ЛФ260МФ3, ГФ2171С5** — многооперационные (фрезерные) станки с магазином сменных инструментов соответственно Львовского и Горьковского заводов фрезерных станков.

В обозначении специальных станков буквы обозначают индекс станкостроительного завода, цифры — порядковый номер модели. Например, **МП6-1250** — станок Минского завода протяжных станков, модель № 1250.

## 2. ДВИЖЕНИЯ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Поверхность любой детали можно представить в виде комбинации геометрических поверхностей: плоскостей, цилиндров, конусов, шаровых, винтовых и линейчатых поверхностей (рис. 2.1).

Любую геометрическую поверхность рассматривают как совокупность последовательных положений (следов) одной линии (*образующей 1*), движущейся по другой линии (*направляющей 2*).

На станках эти линии получают (имитируют) согласованными между собой движениями заготовки и инструмента.

Движения в металлорежущем станке делятся на *основные* (главное движение и движение подачи), *вспомогательные* и *движения управления*.

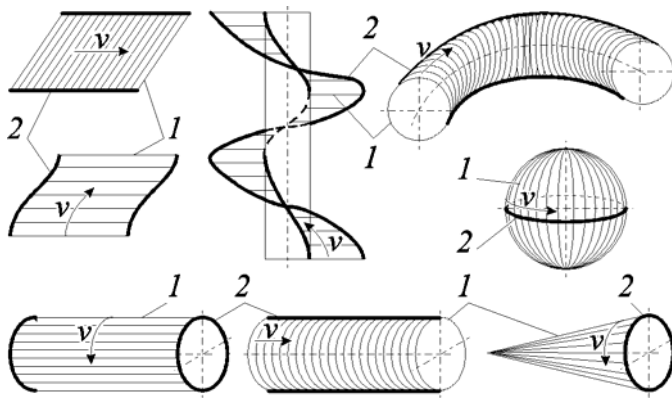


Рис. 2.1. Виды геометрических поверхностей, ограничивающих контуры деталей:  
1 – образующие; 2 – направляющие

Главное движение ( $D_T$ ) — движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания.

В токарных станках главное движение — вращение заготовки; в сверлильных, фрезерных, шлифовальных станках — вращение инструмента; в протяжных, строгальных, долбежных станках — возвратно-поступательное движение инструмента (заготовки).

Движение подачи ( $D_S$ ) — движение режущего инструмента или заготовки, скорость которого

меньше скорости главного движения и совместно с главным движением обеспечивает формообразование детали.

В токарных станках движение подачи — поступательное перемещение инструмента в продольном или поперечном направлении; во фрезерных станках — поступательное перемещение заготовки. В протяжных станках движение подачи отсутствует, т.к. срез припуска и формообразование обеспечивается периодическим увеличением размеров зубьев протяжки.

Вспомогательные движения — движения, не связанные с процессом резания, но подготавливающие его. Они обеспечивают установку и зажим заготовки (инструмента), подвод, отвод или правку инструмента, удаление стружки и другие действия. Вспомогательные движения могут выполняться как автоматически, так и вручную.

Движения управления — движения, которые совершают органы управления, регулирования и координирования всех других исполнительных органов станка.

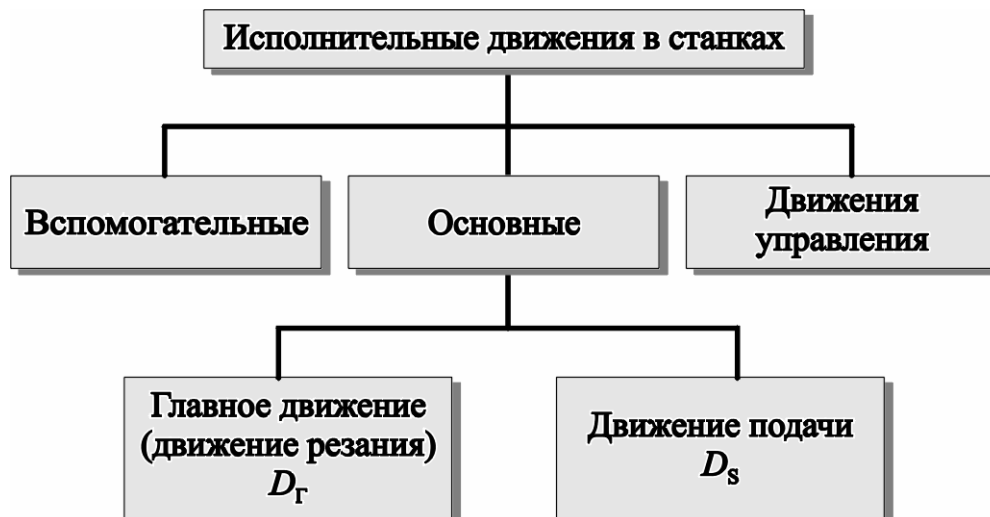
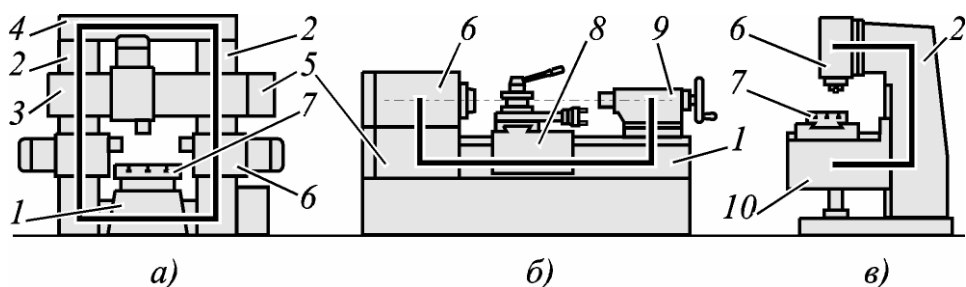


Рис. 2.2. Классификация движений в станках

### 3. СТРУКТУРА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Станки состоят из некоторых основных частей (узлов), которые составляют структуру каждого станка.

Несущая система состоит из последовательного набора соединённых между собой базовых деталей, которые определяют правильность взаимного расположения



**Рис. 3.2. Формы несущей системы станков:**

*а* – продольно-фрезерного; *б* – токарного; *в* – консольно-фрезерного; 1 – станина; 2 – стойка; 3 – траверса; 4 – балка; 5 – коробка подач; 6 – шпиндельная бабка; 7 – стол; 8 – суппорт; 9 – задняя бабка; 10 – консоль

инструмента и заготовки под воздействием силовых и температурных факторов. Несущая система состоит главным образом из корпусных деталей. Корпусные детали разделяют на три группы:

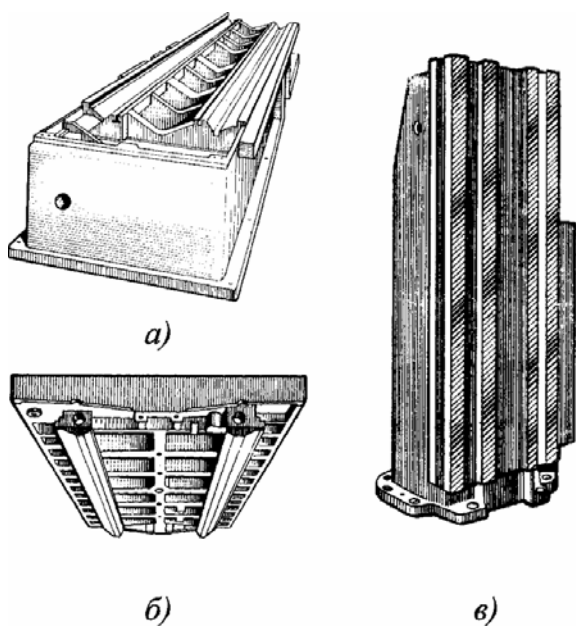
- детали типа *брусьев* (горизонтальные станины (рис. 3.1, *а*) и вертикальные стойки (*в*), поперечины, балки, траверсы (рис. 3.2));
- детали типа *пластин* (столы (см. рис. 3.1, *б*), суппорты, планшайбы);
- детали типа *коробок* (корпуса шпиндельных бабок, коробки скоростей и подач, консоли (см. рис. 3.2)).

Несущая система определяет компоновку станка, которая влияет на его точность, удобство обслуживания, возможность встраивания в автоматическую линию и др. Наибольшей жёсткостью обладает несущая система в форме замкнутой рамы-портала (см. рис. 3.2, *а*), но чаще всего несущая система имеет форму скобы (см. рис. 3.2, *б, в*). Соединения базовых поверхностей между собой могут быть неподвижными (стыки) или подвижными (направляющие).

Привод — устройство, служащее для приведения в действие исполнительного органа станка.

В механический привод входят источник движения (обычно электродвигатель) и механические передачи с устройствами управления ими. Реже в станках используются гидравлические, пневматические и другие приводы.

Разновидности приводов станков:



**Рис. 3.1. Детали несущей системы станка:**  
*а* – станина; *б* – стол; *в* – стойка

*Главный привод* сообщает движение инструменту или заготовке для осуществления процесса резания с соответствующей скоростью. В большинстве случаев это вращательное движение шпинделя, в котором закреплён режущий инструмент (заготовка). Может быть и прямолинейное движение.

*Привод подачи* сообщает перемещение инструменту относительно заготовки (или наоборот) для формообразования поверхности заготовки. Чаще всего это прямолинейное движение. Может быть и круговая подача (например, поворот круглого стола).

Исполнительный орган станка — подвижное конечное звено кинематической группы (привода), непосредственно участвующее в образовании траектории исполнительного движения (основного, вспомогательного, движения управления).



Более узкое понятие — рабочий орган станка, осуществляющий движение заготовки (инструмента) в процессе формообразования (шпиндель, стол, суппорт, ползун и т.д.).

Манипулирующие устройства используются для автоматизации различных вспомогательных движений в станке: смены заготовок, их зажима, перемещения или поворота, смены режущих инструментов и т.п. Многооперационные станки часто оснащаются манипуляторами для смены инструмента, поворотными устройствами для смены заготовки и др.

Устройства управления необходимы для подачи нужных команд в нужные моменты работы станка, обеспечивающих управление им. Они могут быть *с ручным обслуживанием* оператором (различные рукоятки, рычаги, кнопки), *с механической системой управления* (кулачковые механизмы, путевые выключатели) *с цикловым (ЦПУ) или числовым программным управлением (ЧПУ)*.

Контрольные и измерительные устройства предназначены для автоматизации наблюдения за правильностью работы станка. С их помощью контролируют состояние наиболее ответственных частей станка (температуру подшипников шпинделя, нагрузку электродвигателя главного движения, величину перемещения рабочих органов, состояние режущего инструмента, измеряют заготовку и т.д.).

#### 4. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНКОВ

Любой механизм состоит из отдельных деталей, определённым образом соединённых между собой. Соединение двух соприкасающихся деталей, допускающее их относительное движение, называется кинематической парой (например, зубчатые колеса). Детали, образующие кинематическую пару, называются звеньями.

Пара, в которой отсутствует относительное движение между соприкасающимися звеньями, называется соединением (резьбовым, штифтовым, заклёпочным). В кинематических парах звено задающее движение называется ведущим, а звено получающее движение — ведомым. Параметры передачи, относящиеся к ведущим звеньям, обозначаются с нечётным индексом, а параметры передачи, относящиеся к ведомым звеньям — с чётным индексом. Кинематическая цепь — это последовательное соединение кинематических пар.

Движения в станках осуществляются чаще всего с помощью механических кинематических связей, состоящих из зубчатых, ремённых и других передач и соединений, а иногда и с помощью немеханических кинематических связей (электрических, гидравлических, пневматических).

Совокупность названных выше связей условно изображают на кинематической, гидравлической или другой схеме. Иногда схема может быть комбинированной — например, гидрокинематической.

Все элементы связей (кинематических цепей) на кинематических схемах изображают в виде условных обозначений (прилож. 2). Условное изображение кинематических цепей станка на чертеже называется кинематической схемой (прилож. 3...8). На кинематических схемах указывают также номера валов (римскими цифрами), число зубьев зубчатых и червячных колёс и их модуль, число заходов червяков, шаги ходовых винтов, диаметры шкивов, мощность и частоту вращения двигателей.

#### 5. СТАНИНЫ И НАПРАВЛЯЮЩИЕ

##### 5.1. Станины

Станина — основная корпусная часть станка, служащая для пространственного расположения и кинематической связи других узлов, а также для восприятия действующих силовых факторов между ними при работе.

### **Требования, предъявляемые к станинам:**

- *жесткость* — способность конструкции сопротивляться деформированию под действием силовых нагрузок;
- *виброустойчивость* — способность конструкции при определённых вибрациях выполнять заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах норм;
- *прочность* — способность конструкции не разрушаться под действием приложенных сил;
- *технологичность* — приспособленность конструкции к оптимальным затратам при её производстве, эксплуатации и ремонте;
- *износостойкость направляющих* (если они изготовлены за одно целое со станиной);
- минимально возможная *металлоёмкость* (масса);
- удобство удаления стружки.

### **Материалы, из которых изготавливают станины:**

- *литые* из чугуна (СЧ30, СЧ35, СЧ40) — для серийно выпускаемых станков;
- *сварные* из стали (Ст3, Ст5) — единичное, опытное производство станков;
- *монолитные* (гранитные, железобетонные) — для станин тяжёлых и особо точных станков, измерительных машин; обладают повышенной жёсткостью, виброустойчивостью, малой чувствительностью к температурным деформациям.

## **5.2. Направляющие**

Направляющими называют поверхности двух сопрягаемых корпусных деталей, обеспечивающие движение одной детали относительно другой по прямой линии или окружности. Направляющие обеспечивают необходимую точность перемещения рабочих органов станка.

### **Требования, предъявляемые к направляющим:**

- высокая геометрическая точность;
- высокая жёсткость;
- высокая износостойкость;
- между соприкасающимися поверхностями направляющих должна быть минимальная сила трения (чтобы обеспечить высокую точность перемещения и стабильность положения узлов — точность позиционирования).

Чаще всего направляющие станков изготавливают из чугуна за одно целое со станиной. Однако, встречаются и накладные направляющие.

*Накладные направляющие* (закрепляются механически или приклеиваются к станине, например, гранитной) изготавливают из следующих материалов:

- конструкционная углеродистая сталь (*сталь 15, 20*);
- легированная сталь (*40Х, ШХ15, 38ХМЮА*);
- синтетические материалы (текстолит, полиамид, фторопласт и др.);
- цветные сплавы (бронза, цинковый сплав ЦАМ — для тяжёлых станков).

## **5.3. Классификация направляющих**

По виду трения:

- направляющие *скольжения* (рис. 5.1). По виду смазки в них может применяться: смазка полужидкостная, жидкостная (гидростатические направляющие), газовая (аэростатические направляющие);
- направляющие *качения*. В зависимости от формы тел качения: роликовые (рис. 5.2, 5.3) и шариковые (редко в виду плохой несущей способности).

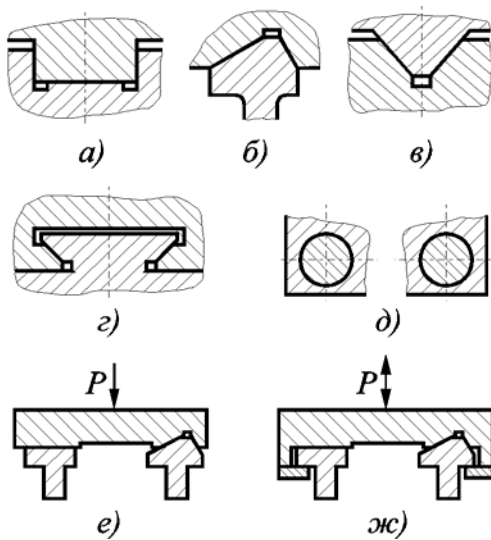


Рис. 5.1. Направляющие станков:

*a* – прямоугольные; *б, в* – треугольные (несимметричные и симметричные); *г* – типа “ласточкин хвост”; *д* – цилиндрические; *е* – незамкнутые; *ж* – замкнутые

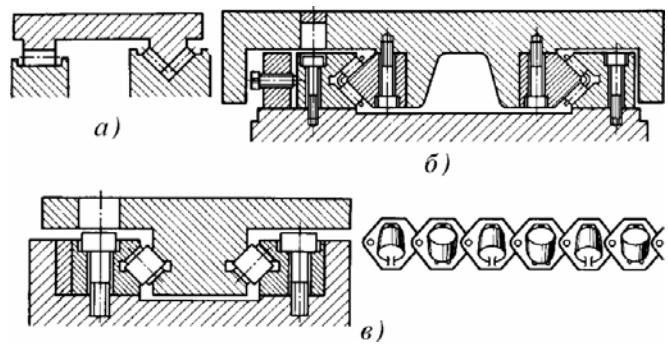


Рис. 5.2. Роликовые направляющие качения

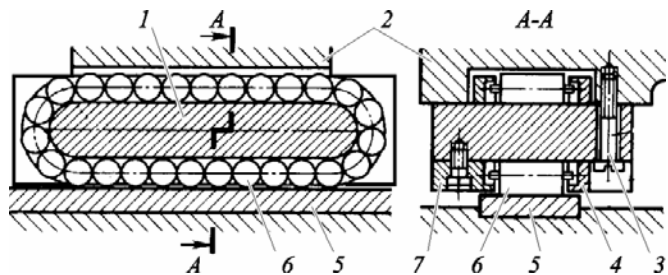


Рис. 5.3. Направляющие с роликовыми опорами:

*1* – корпус; *2* – подвижная деталь (например, салазки); *3* – винты установочные; *4* и *7* – обоймы; *5* – направляющая станины; *6* – ролики

При большой длине хода всё шире применяются направляющие с роликовыми опорами (“танкетки”), одна из которых показана на рис. 5.3. Корпус *1* у них привёрнут к верхней подвижной детали *2* (например, к салазкам) винтами *3*. Вертикальные силы, действующие на салазки, через корпус *1* и нижние ролики *6* замыкаются на стальную накладную направляющую *5*. Цапфы на торцах роликов *6* входят в выточки обойм *4* и *7*, охватывающих корпус *1* по длине и прикреплённых к нему. Обоймы удерживают ролики от выпадания на закругленных концах корпуса. При движении салазок *2* ролики циркулируют по замкнутому контуру вокруг корпуса *1*.

По форме профиля:

- *прямоугольные* направляющие (рис. 5.1, *a*);
- *треугольные* несимметричные (*б*) и симметричные (*в*);
- *остроугольные* (типа “ласточкин хвост”) (*г*);
- *цилиндрические* (скальчатые или штанговые) (*д*);
- *комбинированные* (например, прямоугольная и треугольная) (*е*).

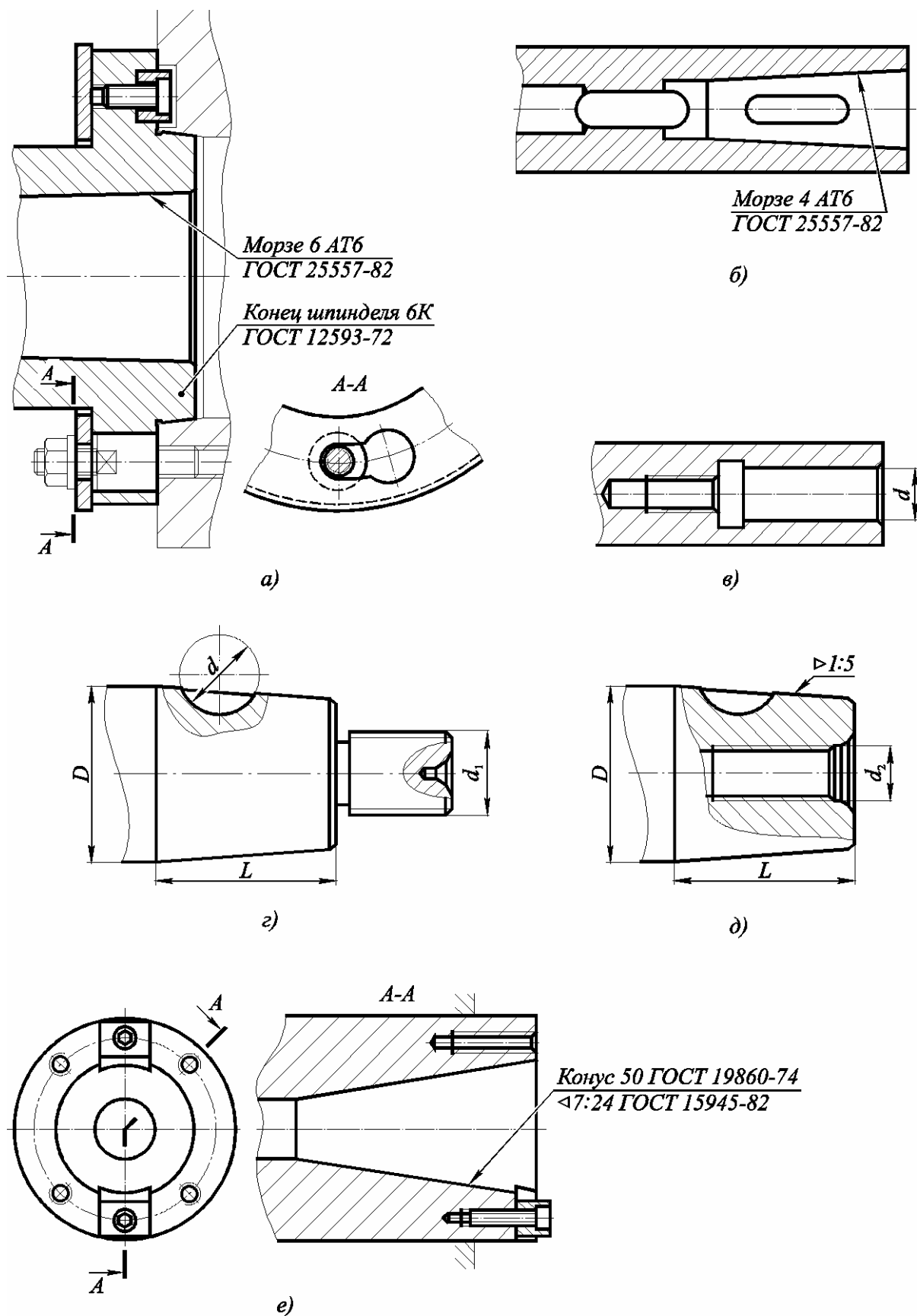
Если нижняя горизонтальная направляющая любой формы выпуклая, то на ней хуже удерживается смазочный материал, но не задерживается и попавшая стружка. Вогнутая направляющая может быть заполнена смазочным материалом, но при недостаточной защите скапливает стружку и грязь.

Для предотвращения отрыва верхнего узла при действии опрокидывающих моментов направляющие должны быть *замкнутыми* (см. рис. 5.1, *ж*).

## 6. ОСИ И ВАЛЫ

Ось — деталь машин и механизмов, служащая для *поддержания* вращающихся частей и работающая только на изгиб (например, оси промежуточных зубчатых колёс). Оси бывают вращающиеся и неподвижные.

Вал — вращающаяся на опорах деталь машины, предназначенная для поддержания установленных на ней зубчатых колёс, шкивов и т.п. и для *передачи вращающего момента*. При работе вал испытывает изгиб и кручение.



**Рис. 6.1. Рабочие концы шпинделей:**

а – токарных, внутришлифовальных (в бабке изделия), токарно-револьверных станков; б – сверлильных, расточных станков; в, г, д –шлифовальных станков (в шлифовальной бабке); е – фрезерных, расточных, многоцелевых станков

## 6.1. Классификация валов

По назначению:

- валы передач, несущие зубчатые колёса, шкивы, звёздочки, муфты и другие детали;
- коренные валы машин, которые также несут детали передач и являются *рабочими органами* машин.

Коренной вал станков с вращательным движением инструмента или заготовки называется *шпинделем\**. От его прочности, жёсткости и точности расположения зависят производительность станка и точность обработки деталей.

Конструктивная форма шпинделя зависит от способа крепления на нём станочных приспособлений или инструмента (рис. 6.1), типа применяемых опор и др. Шпиндели, как правило, изготавливают пустотелыми.

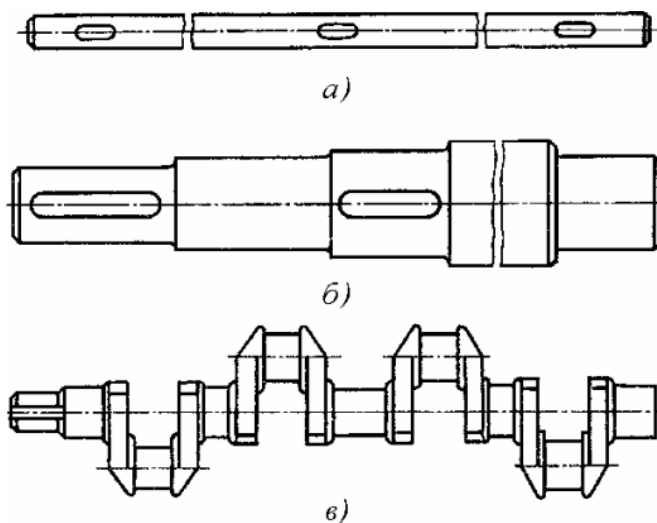


Рис. 6.2. Формы валов:

*a* – прямые гладкие; *б* – прямые ступенчатые;  
*в* – коленчатые

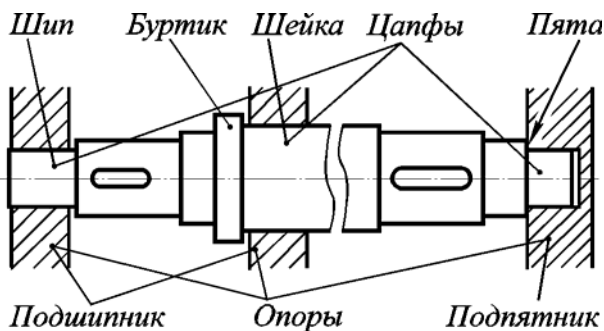


Рис. 6.3. Конструктивные элементы валов

## 6.2. Опоры валов и осей

Валы и вращающиеся оси монтируют на опорах, которые определяют положение вала или оси, обеспечивают вращение, воспринимают нагрузки вала и передают их основанию машины. Основной частью опор являются *подшипники*.

По виду трения различают: *подшипники скольжения*, в которых цапфа вала скользит по опорной поверхности; *подшипники качения*, в которых между поверхностями вращающейся детали и опорной поверхностью расположены тела качения подшипника.

По форме геометрической оси:

- прямые валы (гладкие или ступенчатые, рис. 6.2, *a*, *б*);
- коленчатые валы (см. рис. 6.2, *в*);
- гибкие валы (с изменяемой формой оси).

По типу сечения:

- сплошные валы;
- полые (пустотелые).

Полые валы изготавливают в основном для уменьшения массы или в тех случаях, когда через вал пропускают другую деталь, подводят масло и др.

Опорная часть вала (оси) называется *цапфой*. Концевая цапфа, предназначенная нести преимущественно осевую нагрузку, называется *пятой*, радиальную нагрузку — *шипом*. Цапфа, находящаяся в середине вала (не концевая) называется *шейкой*. Кольцевое утолщение вала, составляющее с ним одно целое, называется *буртиком*.

\* Шпиндель — от нем. *Spindel*, – веретено.

От качества подшипников в значительной степени зависит работоспособность, долговечность и КПД машины.

Существует много конструкций подшипников скольжения, которые подразделяются на два вида: *неразъёмные* и *разъёмные*.

Неразъёмный подшипник (рис. 6.4) состоит из корпуса и втулки (вкладыша) из антифрикционного материала, на которую непосредственно опирается цапфа вала или оси. Втулка может быть неподвижно закреплена в корпусе подшипника или свободно заложена в него (“плавающая втулка”), в конструкции подшипника предусматривается смазочное устройство. Неразъёмные подшипники обычно используют в тихоходных механизмах.

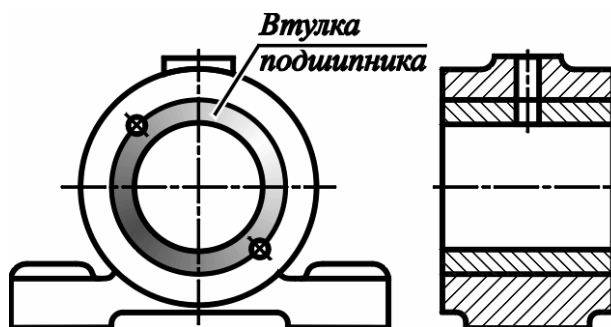


Рис. 6.4. Неразъёмный подшипник



Рис. 6.5. Разъёмный подшипник

Разъёмный подшипник (рис. 6.5) состоит из основания и крышки корпуса, разъёмного вкладыша, смазочного устройства и болтового или шпильчатого соединения основания с крышкой. Износ вкладышей в процессе работы компенсируется поджатием крышки к основанию. Разъёмные подшипники используют в общем и особенно — тяжёлом машиностроении.

**Преимущества подшипников скольжения:**

- высокая работоспособность при больших скоростях и ударных нагрузках;
- бесшумность и обеспечение виброустойчивости вала при работе подшипника в режиме *жидкостного трения* (масляный слой между поверхностями цапфы и вкладыша обладает способностью гасить колебания);
- небольшие габариты в радиальном направлении;
- достаточно высокая работоспособность в особых условиях (химически агрессивных средах, при бедной или загрязнённой смазке).

**Недостатки подшипников скольжения:**

- большие потери на трение (не относится к подшипникам, работающим в режиме жидкостного трения, КПД которых больше 0,99);
- значительные размеры в осевом направлении;
- необходимость применения дорогостоящих и дефицитных антифрикционных материалов для вкладышей;
- значительный расход смазочного материала и необходимость систематического наблюдения за процессом смазки;
- не обеспечивается взаимозаменяемость подшипников при ремонте, так как большинство типов подшипников не стандартизировано.

**Подшипники качения** в большинстве случаев состоят из наружного 4 (рис. 6.6, а) и внутреннего 1 колец с дорожками качения, тел качения 3 (шариков или роликов), сепаратора 2, разделяющего и направляющего тела качения. В некоторых подшипниках одно или оба кольца могут отсутствовать. В них тела качения обкатываются непосредственно по канавкам (цапфам) вала или корпуса.

**Преимущества подшипников качения:**

- значительно меньшие потери на трение, а следовательно, более высокий КПД (до 0,995) и меньший нагрев;
- экономия дефицитных цветных материалов;
- меньший расход смазочного материала;
- высокая степень взаимозаменяемости (их массовое производство).

**Недостатки подшипников качения:**

- чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам;
- большие габариты в радиальном направлении;
- малая надёжность в высокоскоростных приводах.

**Классификация подшипников качения (см. рис. 6.6):**

– по форме тел качения: шариковые (*а, б, ж, и*), роликовые (с цилиндрическими (*в*), коническими (*з*), бочкообразными (*г*), игольчатыми (*д*) и витыми (*е*) роликами);

– по числу рядов тел качения: однорядные (*а, в, ж*), двухрядные (*б, г*), многорядные;

– по направлению воспринимаемой нагрузки: *радиальные (а...е)*, воспринимающие (в основном) радиальные нагрузки, т.е. нагрузки, направленные перпендикулярно к геометрической оси вала; *упорные (и, к)*, воспринимающие от вала только осевые нагрузки; *радиально-упорные (ж)* и *упорно-радиальные (з)* могут воспринимать одновременно радиальные и осевые нагрузки, при этом упорно-радиальные подшипники предназначены для преобладающей осевой нагрузки.

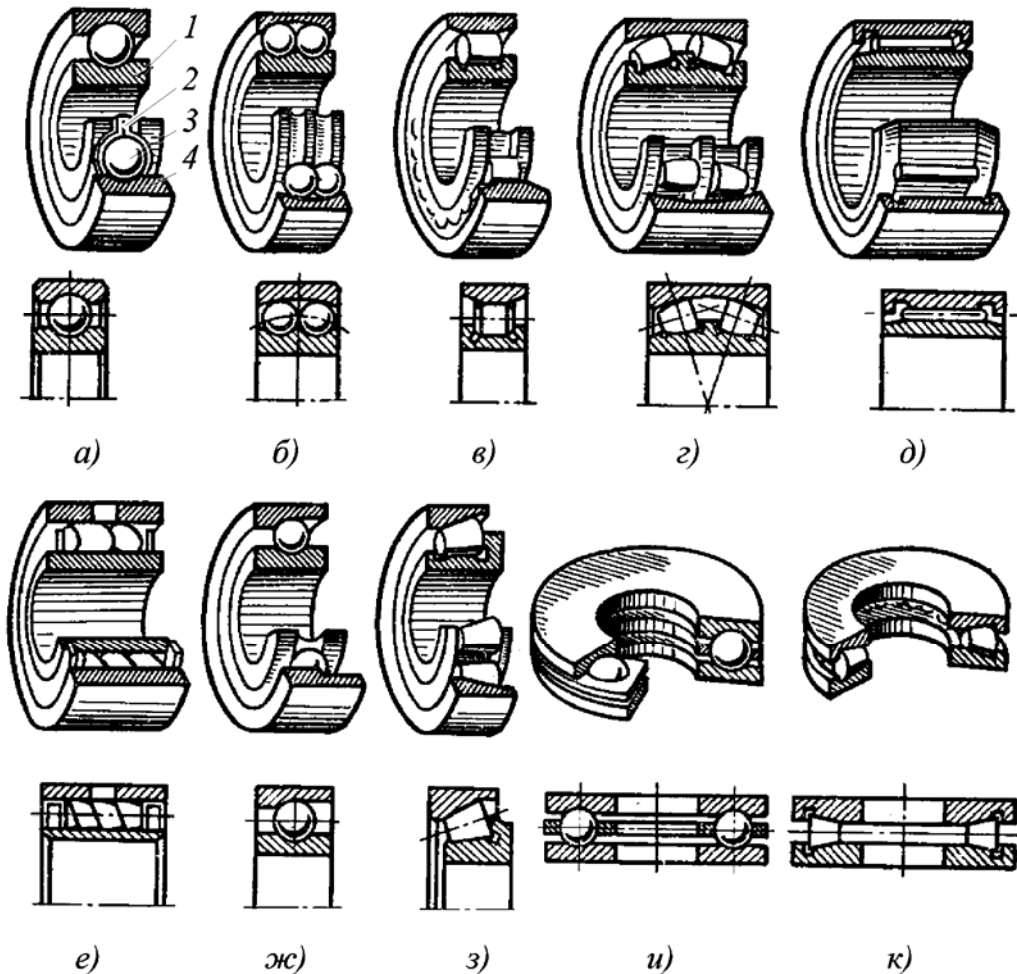


Рис. 6.6. Основные виды подшипников

– по габаритным размерам. В зависимости от соотношения размеров наружного и внутреннего диаметров подшипники делят *на серии* — сверхлегкие, особо легкие, легкие, средние, тяжелые; по ширине *на серии* — узкие, нормальные, широкие, особо широкие.

## 7. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

### 7.1. Общие сведения о механических передачах

Для увеличения производительности и облегчения физического и умственного труда человека создаются машины — механические устройства, выполняющие движения для преобразования энергии, материалов или информации. *Металлорежущие станки* — это машины для обработки материалов резанием.

Между двигателем и рабочими органами станка имеются промежуточные устройства — механические передачи. Это необходимо поскольку:

1) скорость рабочего органа в процессе работы необходимо изменять, а скорость приводной части (напр., электродвигателя) обычно постоянна;

2) нередко от одного двигателя необходимо приводить в движение несколько механизмов с различными скоростями (напр., вращение шпинделя и перемещение суппорта при точении);

3) нередко рабочие органы совершают возвратно-поступательные движения, а двигатель имеет вращающийся вал.

*Механические передачи* — это механизмы, служащие для передачи движения на расстояние, чаще с преобразованием скоростей, иногда с преобразованием вида движения.

#### *Классификация механических передач:*

По принципу передачи движения:

- передачи трением (ремённые, фрикционные);
- передачи зацеплением (зубчатые, зубчато-реечные, червячные, цепные).

По способу соединения деталей:

- передачи с непосредственным контактом тел вращения (зубчатые, фрикционные);
- передачи с гибкой связью (ремённые, цепные).

### 7.2. Понятие о передаточном отношении

Каждая передача характеризуется определенными параметрами, которые позволяют найти перемещение ведомого звена, соответствующее определенному перемещению ведущего звена. Для всех передач, у которых ведущее и ведомое звенья вращаются, таким параметром является передаточное отношение.

*Передаточное отношение ( $i$ )* — это отношение частоты вращения ведомого вала к частоте вращения ведущего:

$$i = \frac{n_2}{n_1}, \quad (7.1)$$

где  $n_1, n_2$  — частоты вращения ведущего и ведомого валов,  $\text{мин}^{-1}$ .

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \cdot i_{\text{общ}} \quad (7.2)$$

где  $n_{\text{дв}}$  — частота вращения двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2 \dots i_k$  — общее передаточное отношение кинематической цепи, связывающей двигатель со шпинделем ( $i_1, i_2 \dots i_k$  — передаточные отношения механических передач, входящих в кинематическую цепь).



### 7.3. Ремённые передачи

Ремённая передача — механизм, служащий для преобразования вращательного движения при помощи шкивов, закреплённых на валах, и надетого на них с натяжением гибкого ремня. Нагрузка передаётся силами трения, возникающими между шкивами и ремнём.

#### Преимущества ремённых передач:

- простота конструкции и эксплуатации;
- плавность и бесшумность работы, смягчение вибраций, толчков и ударов благодаря упругости ремня;
- быстроходность;
- предохранение механизмов от перегрузки вследствие возможного проскальзывания ремня;
- возможность передачи вращения на большие расстояния (до 12 м) и под различными углами.

#### Недостатки ремённых передач:

- малая долговечность приводного ремня (из-за его износа);
- сравнительно большие габариты и ограниченная передаваемая мощность;
- большие нагрузки на валы и их опоры (от натянутого ремня);
- непостоянство передаточного отношения большинства ремённых передач (из-за проскальзывания ремня).

Виды ремённых передач в зависимости от формы поперечного сечения ремня (по рис. 7.1):

– *плоскоремённые* с прямоугольным профилем поперечного сечения (а). Они предпочтительны при больших межосевых расстояниях. Ремни обладают большой гибкостью и повышенной долговечностью, шкивы просты по конструкции. Эти передачи применяют при весьма высоких скоростях ремня (до 100 м/с). По сравнению с другими механическими передачами плоскоремённая передача обеспечивает наиболее спокойный ход без вибраций;

– *клиноремённые* с трапециевидным профилем поперечного сечения (б). По сравнению с плоскоремёнными клиноремённые передачи обладают большей тяговой способностью. При одинаковой передаваемой мощности они требуют меньшего натяжения, создают меньшие нагрузки на валы и опоры, применяют при меньших межосевых расстояниях. Однако стандартные ремни не допускают скорость более 30 м/с. Недостатком является неравномерная нагрузка на ремни, что снижает их долговечность (так как в передаче с несколькими ремнями неизбежен разброс их размеров и упругих свойств, что приводит к появлению различия в натяжении ремней и в передаточных отношениях отдельных ручьёв);

– *поликлиноремённые* (поликлиновые) с плоскими ремнями, имеющими продольные клиновые выступы (рёбра) на внутренних поверхностях ремня, входящие в кольцевые канавки шкивов (в). Сочетание преимуществ клиновых ремней (повышенное сцепление со шкивами) и гибкости, характерной для плоских рем-

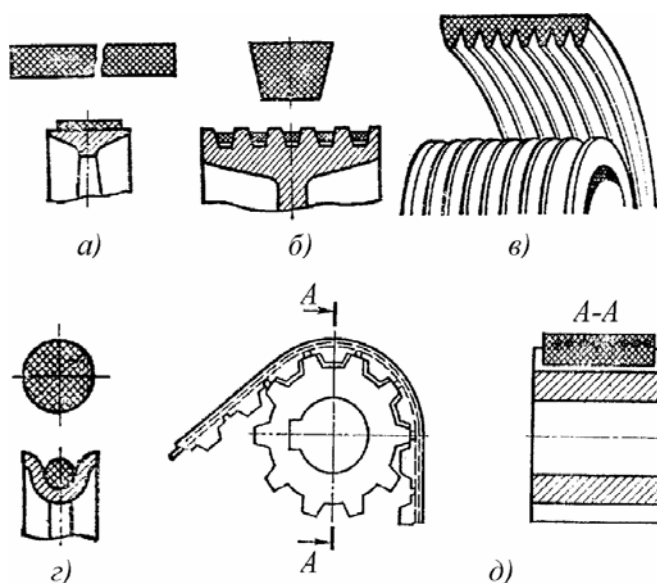


Рис. 7.1. Виды ремней ремённых передач

ней, позволяет использовать поликлиновые ремни на шкивах малого диаметра. Скорость ремня до 50 м/с. Передачи обладают большой демпфирующей способностью;

– *круглоремённые* с круглым профилем поперечного сечения ремня (*з*); передачи применяют при небольших передаваемых мощностях, например, в приборах, настольных станках;

– *зубчато-ремённые* передачи (*д*) с плоскими ремнями, имеющими на внутренней поверхности зубья трапецеидальной формы, которые входят в зацепление с зубчатым шкивом. По сравнению с другими ремёнными эти передачи более компактны, а по сравнению с цепными работают более плавно, с меньшим шумом и не требуют смазки и особого ухода. Зубчато-ремённые передачи имеют хорошую тяговую способность, постоянное передаточное отношение, небольшие нагрузки на валы и опоры, незначительное вытяжение ремня.

Первые четыре являются передачами трением, последняя — зацеплением.

В современном машиностроении наибольшее применение имеют клиноремённые передачи; в последнее время увеличивается применение поликлиновых и зубчатых ремней, а также плоских ремней из синтетических материалов, обладающих высокой долговечностью.

В зависимости от взаимного расположения осей валов ремённые передачи классифицируют на:

*открытые* с параллельными осями валов и вращением их шкивов в одном направлении (рис. 7.2, *а*);

*перекрёстные* с параллельными осями валов и вращением шкивов в противоположных направлениях (см. рис. 7.2, *б*);

*полуперекрёстные* с перекрещивающимися осями валов (см. рис. 7.2, *в*);

*угловые* с направляющими роликами и с перекрещивающимися или пересекающимися осями валов (см. рис. 7.2, *г*).

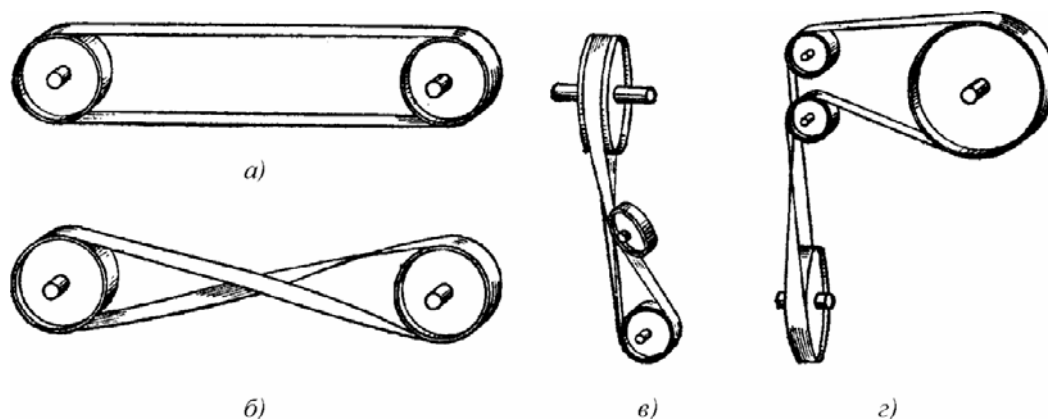
Клиновые, поликлиновые и зубчатые ремни можно применять только в открытых передачах. Наибольшее распространение имеют открытые плоско- и клиноремённые передачи.

Передаточное отношение ремённой передачи

$$i = \frac{d_1}{d_2} \eta, \quad (7.3)$$

где  $d_1, d_2$  — диаметры ведущего и ведомого шкивов, мм;  $\eta$  — коэффициент проскальзывания ремня ( $\eta = 0,97 \dots 0,985$ ).

Для зубчато-ремённой передачи  $i = \frac{z_1}{z_2}$ , где  $z_1, z_2$  — числа зубьев ведущего и ведомого шкивов.



**Рис. 7.2. Ремённые передачи:**

*а* – открытые; *б* – перекрёстные; *в* – полуперекрёстные; *г* – угловые

#### 7.4. Фрикционные передачи

Передачи, в которых движение от одного вала к другому передаётся силами трения, возникающими между рабочими поверхностями вращающихся деталей, называют *фрикционными*. В них применяют различные нажимные устройства, основанные на использовании постоянной силы (например, пружины, собственный вес элементов передачи и т.п.) или переменной силы, в которых усилие автоматически изменяется пропорционально изменению передаваемого крутящего момента.

##### ***Преимущества фрикционных передач:***

- возможность бесступенчатого изменения передаточного отношения;
- простота конструкции;
- плавность и бесшумность работы;
- предохраняют механизмы от перегрузок (вследствие скольжения ведущего катка по ведомому).

##### ***Недостатки фрикционных передач:***

- большие нагрузки на валы и подшипники из-за большой силы прижатия деталей, что увеличивает размеры и усложняет конструкцию передачи;
- повышенный и неравномерный износ катков;
- непостоянство передаточного отношения;
- сравнительно низкий КПД (0,7...0,95).

В зависимости от назначения фрикционные передачи подразделяются на передачи нерегулируемые, то есть с *условно постоянным передаточным отношением* (рис. 7.3, *а...е*) и передачи регулируемые с *переменным передаточным отношением* (*вариаторы*) позволяющие изменять передаточное отношение плавно и на ходу (см. рис. 7.3, *ж...н*). Передаточное отношение фрикционной передачи

$$i = \frac{d_1}{d_2} \eta, \quad (7.4)$$

где  $d_1, d_2$  – диаметры ведущего и ведомого катка,  $\eta$  – коэффициент проскальзывания ( $\eta = 0,97...0,99$ ).

В машиностроении фрикционные передачи с условно постоянным передаточным отношением применяются сравнительно редко (фрикционные прессы, молоты), чаще применяются в приборах (магнитофоны, проигрыватели, спидометры), где требуется плавность и бесшумность работы. В машиностроении наиболее распространены вариаторы (в металлорежущих станках, в приводах текстильных и транспортных машин).

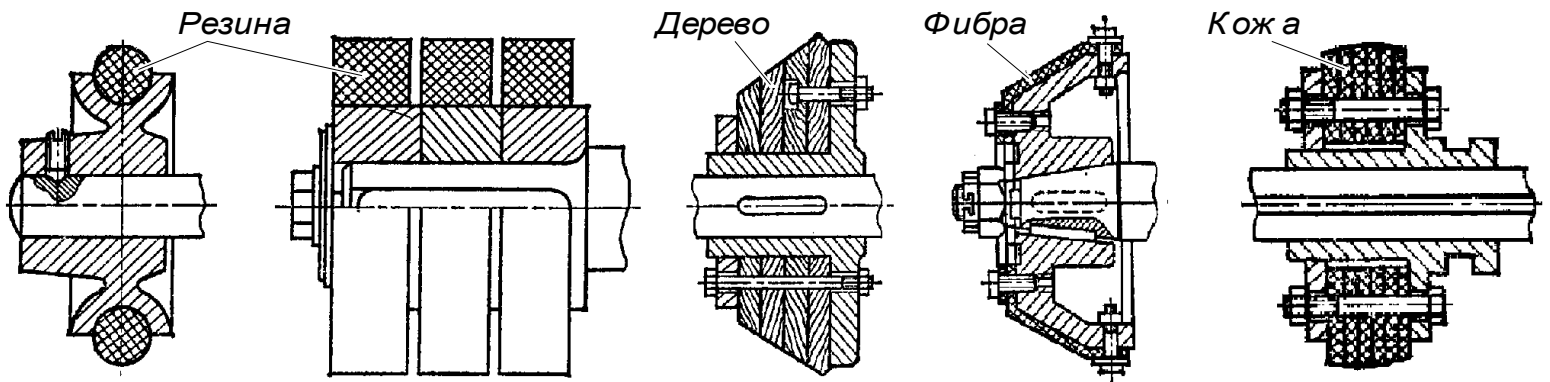
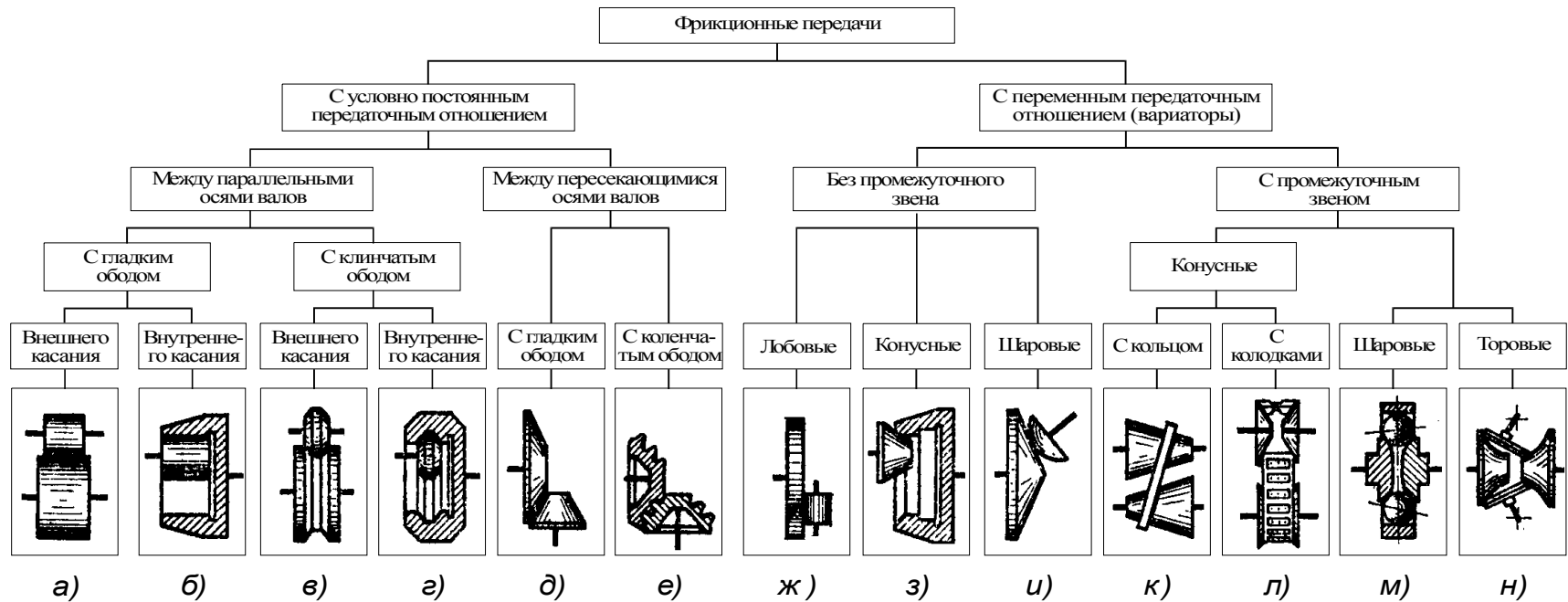


Рис. 7.3. Фрикционные передачи

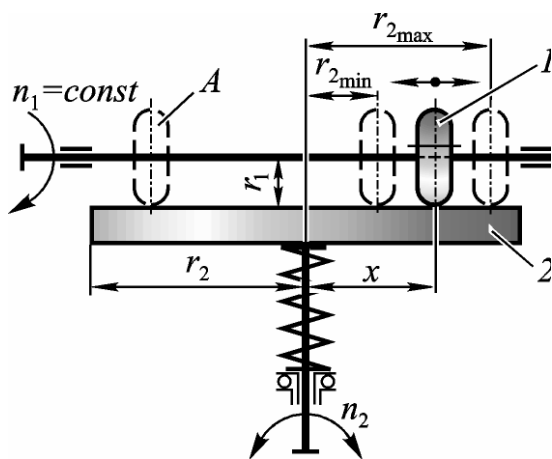


Рис. 7.4. Лобовой вариатор

Лобовой вариатор (рис. 7.4) состоит из катков 1 и 2, установленных на взаимно перпендикулярных валах и прижатых один к другому пружиной сжатия.

Каток 1 соединен с ведущим валом шпонкой. При перемещении его вдоль вала изменяется расстояние  $x$  до оси вращения ведомого вала, вследствие чего изменяется передаточное отношение и частота вращения ведомого вала ( $n_2$ ):

$$i_{\max} = \frac{r_1}{r_{2\min}} \eta = \frac{d_1}{d_{2\min}} \eta; \quad i_{\min} = \frac{r_1}{r_{2\max}} \eta = \frac{d_1}{d_{2\max}} \eta \quad (7.5)$$

Если каток 1 передвинуть в положение  $A$ , то произойдет изменение направления вращения ведомого вала (реверсирование) при том же направлении вращения ведущего вала.

Клиноремённый вариатор (рис. 7.5). На параллельных валах попарно установлены раздвижные конические диски из которых составлены два регулируемых шкива 1 и 2.

Изменение частоты вращения ведомого вала  $n_2$  достигается изменением соотношения рабочих радиусов шкивов  $r_1$  и  $r_2$  путём одновременного осевого сдвига дисков одного шкива и раздвигания дисков другого шкива на одну и ту же величину:

$$i_{\max} = \frac{r_{1\max}}{r_{2\min}} \eta = \frac{d_{1\max}}{d_{2\min}} \eta, \quad i_{\min} = \frac{r_{1\min}}{r_{2\max}} \eta = \frac{d_{1\min}}{d_{2\max}} \eta \quad (7.6)$$

## 7.5. Цепные передачи

Цепная передача — механизм, служащий для преобразования вращательного движения между параллельными валами при помощи звёздочек, жёстко насаженных на валы, и надетой на них цепи.

Цепь — многозвенная гибкая связь, которая может использоваться для перемещения грузов (тяговые цепи), подвески или подъёма грузов (грузовые цепи), для передачи движения (приводные цепи).

### Преимущества цепных передач:

- возможность передачи вращения на большие расстояния (до 8 м);
- сравнительно небольшие (меньшие, чем у ремённых и фрикционных передач) радиальные нагрузки на валы и их опоры;

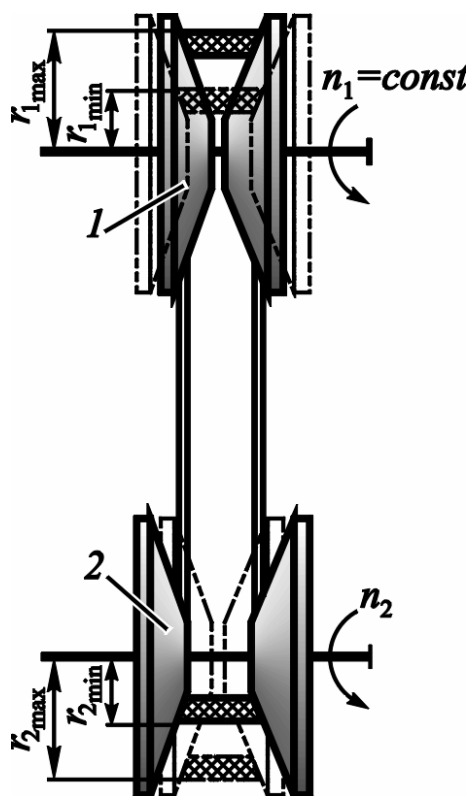


Рис. 7.5. Клиноремённый вариатор

- бóльшая прочность стальной цепи по сравнению с ремнём позволяет передать цепью большие нагрузки с постоянным передаточным отношением и при значительно меньшем межосевом расстоянии (передача более компактна);

- возможность вращения одной цепью нескольких звёздочек (системы валов);
- сравнительно высокий КПД (при нормальных условиях  $\eta = 0,92...0,95$ ; при благоприятных условиях  $\eta = 0,97...0,99$ );
- простота конструкции и эксплуатации.

**Недостатки цепных передач:**

- сравнительно быстрый износ шарниров из-за трения и трудности смазки;
- повышенный шум вследствие ударов звеньев цепи при входе в зацепление на высоких скоростях;
- ограниченные частота вращения и крутящий момент;
- невозможность использования передачи при реверсировании без остановки;
- вытягивание цепи вследствие износа шарниров и удлинения пластин, что требует натяжных устройств;
- некоторая неравномерность хода (цепь зацепляется со звёздочками как с многоугольниками, а не по окружности).

Типы приводных цепей: роликовые, втулочные, зубчатые (рис. 7.6).

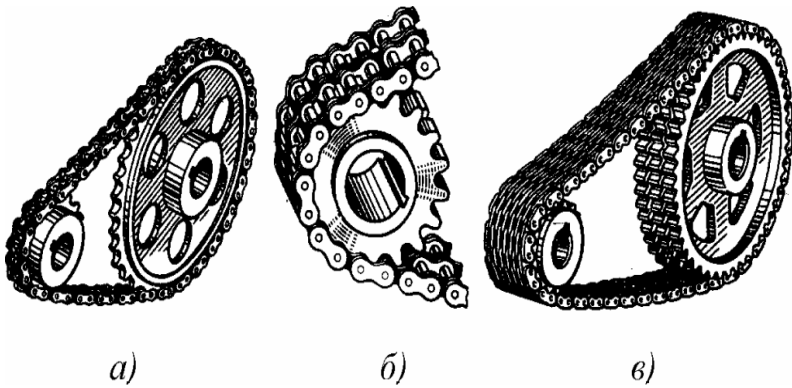


Рис. 7.6. Приводные цепи

*Роликовая* цепь (рис. 7.7) состоит из наружного звена I (собранного из двух наружных пластин 1 и валиков 2, неподвижно закреплённых в отверстиях наружных пластин) и внутреннего звена II (состоящего из двух внутренних пластин 3, втулки 4, неподвижно закреплённых в отверстиях внутренних пластин) и роликов 5, свободно уста-

новленных на втулки 4. Ролики, перекатываясь по зубьям звёздочек, уменьшают их износ. Роликовые цепи имеют широкое распространение.

*Втулочная* цепь отличается от роликовой тем, что у нее нет роликов. Это увеличивает изнашивание цепи и звёздочек, но снижает их массу и стоимость. Применяют в неотчетственных передачах (рис. 7.8, а).

*Зубчатая* цепь (см. рис. 7.8, б) состоит из набора пластин 1, имеющих два зуба с впадиной между ними для зуба звёздочки, соединённых шарниром 2. Шарнир состоит из двух призм с рабочими цилиндрическими поверхностями. Одна из призм соединяется с пластинами одного звена, другая — с пластинами соседнего звена, поэтому при движении цепи призмы *перекатываются* одна по другой, обеспечивая трение качения. Для устранения бокового сползания цепи со звёздочки применяют направляющие пластины 3, которые не имеют впадины и попадают в специальные канавки звёздочек (см. рис. 7.6, в). Зубчатые цепи по сравнению с другими позволяют передавать большие нагрузки, работают более плавно, с меньшим шумом, но и сложнее в изготовлении, тяжелее и дороже.

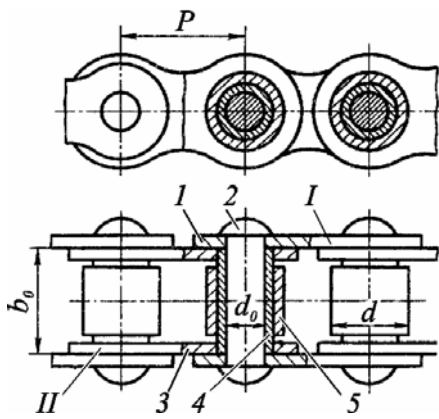


Рис. 7.7. Роликовая цепь

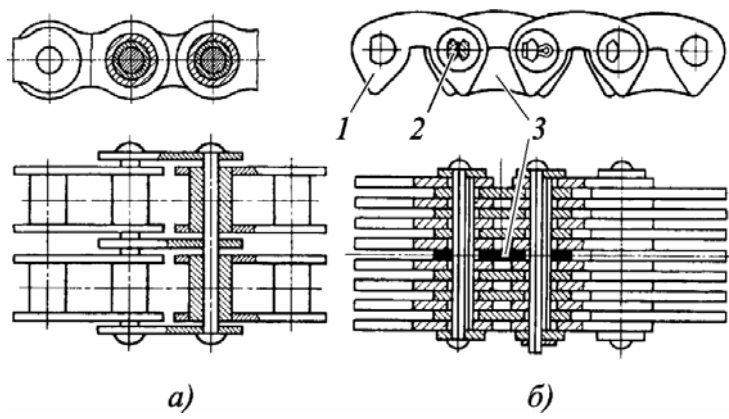


Рис. 7.8. Втулочная (а) и зубчатая (б) цепи

Передаточное отношение цепной передачи

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}, \quad (7.7)$$

где  $z_1, z_2$  – числа зубьев ведущей и ведомой звёздочек.

### 7.6. Зубчатые передачи

*Зубчатая передача* — механизм, предназначенный для передачи вращательного движения от одного вала к другому с помощью находящихся в зацеплении зубчатых колёс.

Меньшее из колёс передачи принято называть шестернёй, а большее — колесом. Зубчатые передачи — это наиболее распространённый вид механических передач в машиностроении и приборостроении.

#### **Преимущества зубчатых передач:**

- постоянное передаточное отношение (отсутствует проскальзывание);
- высокий КПД ( $\eta = 0,97 \dots 0,99$ );
- относительная компактность при передаче больших моментов;
- относительно небольшие нагрузки на опоры валов;
- большая долговечность и высокая надёжность в широком диапазоне передаваемых мощностей (до десятков тысяч киловатт у тяжелых колес);

#### **Недостатки зубчатых передач:**

- сложность изготовления и сборки точных передач;
- возможность возникновения шума и вибраций из-за недостаточной точности изготовления и сборки (при высоких скоростях вращения);
- не предохраняют механизмы от опасных перегрузок.

#### **Классификация зубчатых передач** (по рис. 7.9):

По форме образующей:

- |                                   |   |                         |
|-----------------------------------|---|-------------------------|
| – цилиндрические (а, б, в, г, ж); | ⋮ | – конические (д, е, з); |
|-----------------------------------|---|-------------------------|

По форме зуба\*:

- |                         |   |                                     |
|-------------------------|---|-------------------------------------|
| – прямозубые (а, г, д); | ⋮ | – шевронные (в);                    |
| – косозубые (б, ж);     | ⋮ | – криволинейные (гипоидные) (е, з). |

По зацеплению:

- |                                |   |                                 |
|--------------------------------|---|---------------------------------|
| – с наружным (а, б, в, д...з); | ⋮ | – с внутренним зацеплением (г). |
|--------------------------------|---|---------------------------------|

\* При переходе от прямозубых к непрямо зубым колесам повышается плавность работы, уменьшается шум и увеличивается нагрузочная способность передачи.

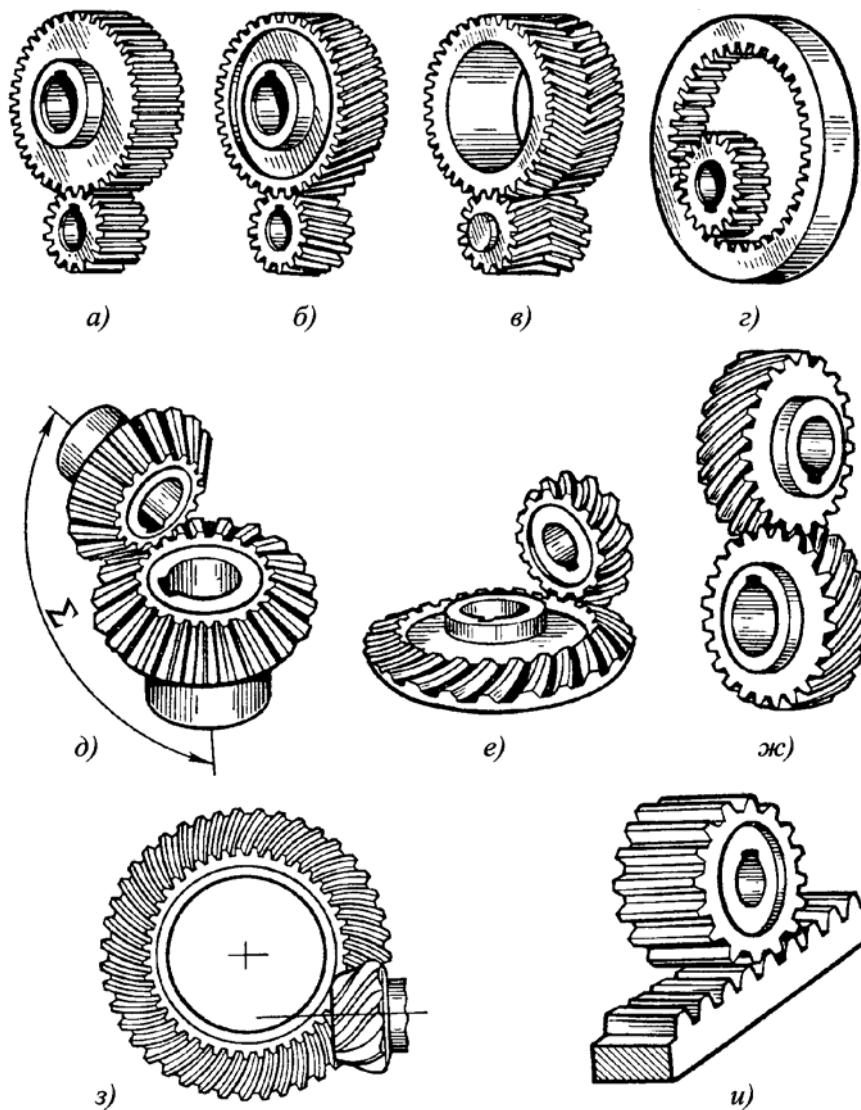


Рис. 7.9. Зубчатые передачи

По взаимному расположению осей колёс:  
 – с параллельными осями (цилиндрические) (а...г);  
 – с пересекающимися осями (конические, д, е);  
 – со скрещивающимися осями (гипоидные конические, ж), винтовые цилиндрические, з).

Передаточное отношение зубчатой передачи:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}, \quad (7.8)$$

где  $z_1, z_2$  – число зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес.

### 7.7. Зубчато-реечные передачи

Зубчато-реечная передача — механизм, служащий для преобразования вращательного движения в поступательное, иногда — наоборот (см. рис. 7.9, и).

Эта передача является частным случаем цилиндрической зубчатой передачи. Рейку рассматривают как колесо с бесконечно большим числом зубьев. Передача может быть с *прямозубым* или *косозубым* зацеплением цилиндрического колеса с рейкой.



За один оборот зубчатого колеса рейка перемещается на расстояние, равное длине делительной окружности колеса:

$$L = \pi D = \pi m z = Pz \text{ (мм)}, \quad (7.9)$$

где  $D$  – диаметр делительной окружности колеса, мм;  $m$  – модуль зацепления, мм;  $z$  – число зубьев колеса,  $P$  – шаг рейки, мм.

### 7.8. Червячные передачи

*Червячная передача* — механизм, служащий для преобразования вращательного движения между скрещивающимися валами. Обычно червячная передача состоит из червяка 1 и червячного колеса 2 (рис. 7.10).

Червячные передачи относятся к передачам зацеплением, в которых движение осуществляется по принципу винтовой пары: винтом является червяк, а червячное колесо представляет собой узкую часть длинной гайки, изогнутой по окружности резьбой наружу. Червячные передачи широко применяются в металлорежущих станках, подъёмно-транспортном оборудовании, транспортных машинах, в приборостроении.

Зубья колеса имеют вогнутую форму, что увеличивает длину контактных линий с червяком и улучшает качество работы передачи.

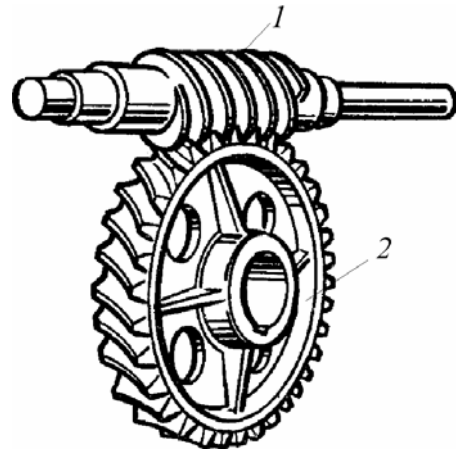


Рис. 7.10. Червячная передача

#### **Преимущества червячных передач:**

- малые передаточные отношения (большие коэффициенты редукции);
- компактность при большом коэффициенте редукции;
- плавность зацепления и бесшумность работы;
- самоторможение (не требуются тормозные, стопорные устройства);
- передача больших вращающих моментов.

#### **Недостатки червячных передач:**

- повышенный износ червяка, колеса и их нагрев из-за трения;
- сравнительно низкий КПД из-за трения ( $\eta = 0,5 \dots 0,92$ );
- необходимость применения для венцов червячных колёс дорогих антифрикционных материалов (например, бронзы);
- ограниченность передаваемой мощности (не выше 50...60 кВт).

Передаточное отношение червячной передачи

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{k}{z}, \quad (7.10)$$

где  $k$  – число заходов червяка;  $z$  – число зубьев червячного колеса.

### 7.9. Передачи винт-гайка

*Передача винт-гайка* — механическая передача, состоящая из винта 1 и гайки 2 (рис. 7.11), и предназначенная для преобразования вращательного движения в поступательное.

#### **Преимущества передач винт-гайка:**

- простота конструкции;
- компактность при высокой нагрузочной способности (грузоподъёмности);

- большой выигрыш в силе;
- возможность получения медленного движения при высокой точности перемещений (что особенно важно для приводов подач);
- плавность и бесшумность работы;
- самоторможение (в передачах винт-гайка скольжения);
- технологичность конструкции.

**Недостатки передач винт-гайка:**

- большое трение в резьбе, вызывающее повышенное изнашивание, низкий КПД (0,6...0,85);
- тихоходность передачи (сложно обеспечивать быстрое движение).

Передача винт-гайка применяется в металлорежущих станках (механизмы подачи), тисках, винтовых прессах, грузоподъёмных машинах, домкратах, измерительных приборах (при необходимости выполнения точных перемещений), рабочих органах роботов и др.

Различают два типа передач винт-гайка: передачи с трением *скольжения* или трением *качения*.

Передачи с трением скольжения (см. рис. 7.11) имеют наибольшее распространение ввиду простоты их устройства. Винты передач делятся на грузовые и ходовые. *Грузовые* предназначены для создания больших усилий (домкраты, прессы). При реверсивном движении под нагрузкой в обе стороны применяют трапецеидальную резьбу, а при больших односторонних нагрузках — упорную.

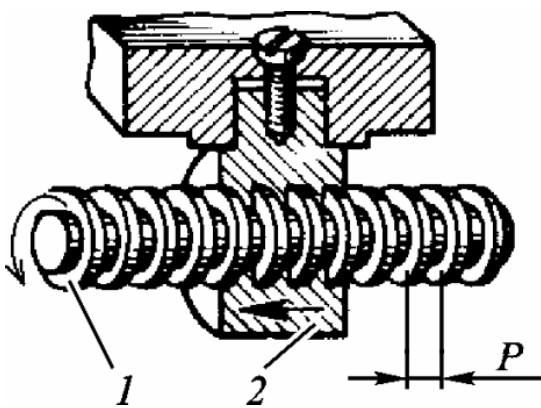


Рис. 7.11. Винт-гайка с трением скольжения

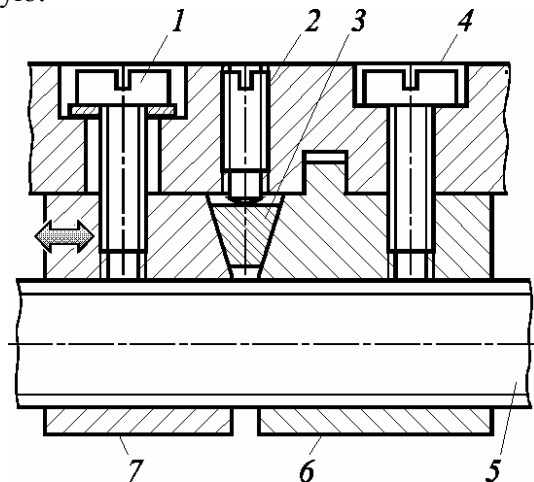


Рис. 7.12. Гайка с устройством регулирования зазора

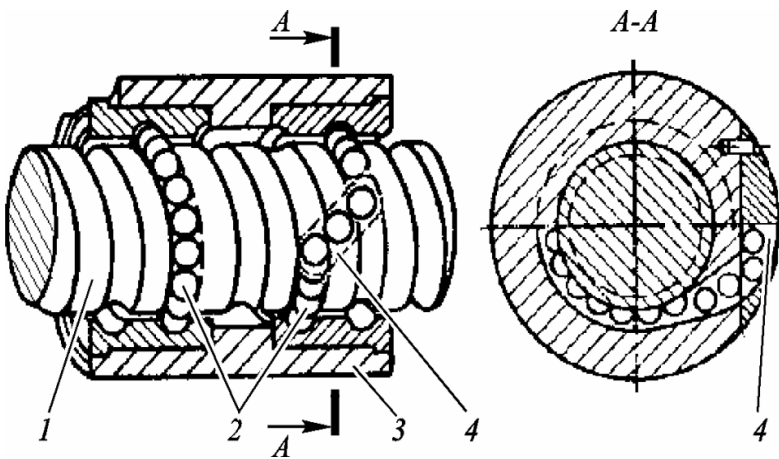


Рис. 7.13. Винт-гайка с трением качения

*Ходовые* винты предназначены для получения точных перемещений. Для уменьшения трения они, как правило, имеют трапецеидальную резьбу. Для точных винтов делительных и измерительных устройств применяют метрическую резьбу.

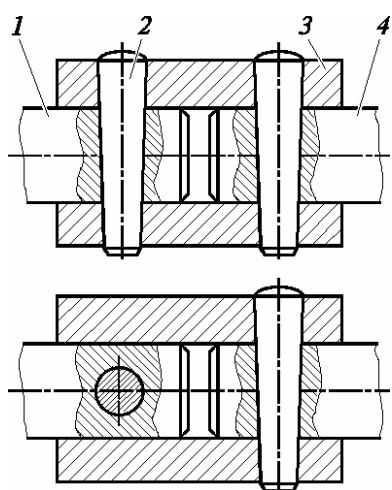
Чтобы можно было устранять зазоры, возникающие при сборке или в результате износа резьбы, гайки ходовых винтов 5 (рис. 7.12) часто делают составными из подвижной 7 и неподвижной 6 полугаек. Для выбора зазора необходимо расслабить винт 1 и, поворачивая нажимной винт 2, клином 3 смещать подвижную гайку 7 относительно неподвижной гайки 6.

Гайка ходового винта токарно-винторезного станка (маточная или часто разъёмная гайка) имеет разбём по диаметральной плоскости, что даёт возможность периодического расщепления гайки и винта.

В винтовых передачах с трением качения между канавками винта и гайки размещают шарики (ролики). При вращении винта 1 (рис. 7.13) шарики 2 перекатываются между им и гайкой 3 и увлекаются в направлении поступательного движения, попадают в канал 4 гайки, возвращающий их к началу цепочки. Таким образом, шарики циркулируют по каналу, образуя замкнутую цепочку.

#### **Преимущества передач винт-гайка качения :**

- высокий КПД ( $\eta = 0,8 \dots 0,9$ ; в винтовых передачах скольжения  $\eta = 0,2 \dots 0,4$ );
- возможность полного устранения осевого зазора и создания натяга, обеспечивающего высокую осевую жесткость;
- почти полная независимость силы трения от частоты вращения винта, что способствует обеспечению *равномерности движения*.



(вариант ориентации штифтов)

Рис. 7.14. Втулочная муфта

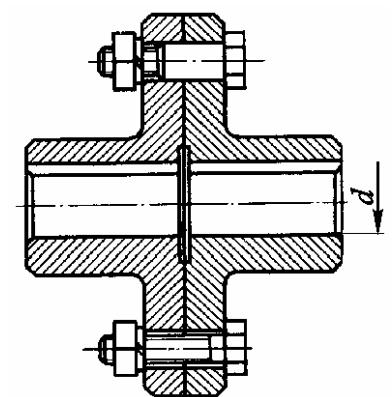


Рис. 7.15. Фланцевая муфта

Передатки винт-гайка качения применяют в механизмах подачи станков с ЧПУ.

За один оборот винта (иногда – гайки) происходит перемещение гайки (винта) на длину, равную шагу резьбы  $P$  (мм), если резьба однозаходная. Если резьба имеет  $k$  заходов, то за один оборот винта ход резьбы:

$$L = kP \text{ (мм)}$$

### 7.10. Муфты

Муфты предназначены для постоянного или периодического соединения двух стыкующихся валов (или вала с другими звеньями привода — зубчатым колесом, шкивом) и передачи вращения между ними.

В зависимости от назначения муфты бывают: постоянные, сцепные, самоуправляемые.

Постоянные муфты соединяют валы, которые не надо разъединять.

*Жёсткие* муфты соединяют соосные валы. Муфта (рис. 7.14) в виде втулки 3 соединяет валы 1 и 4 посредством штифтов 2. Такая муфта применяется в тихоходных и неответственных конструкциях машин при диаметре валов до 70 мм.

Из жёстких муфт наибольшее распространение получили *фланцевые* муфты (рис. 7.15), состоящие из двух фланцев, установленных на валах и стянутых болтами.

*Упругие* муфты позволяют соединять валы с небольшим отклонением от соосности и сглаживают дина-

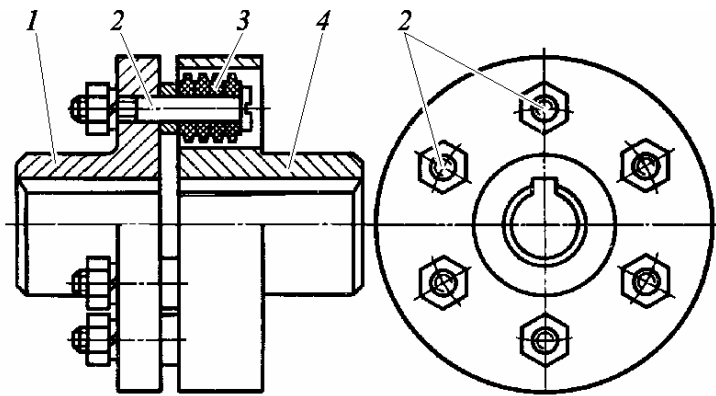


Рис. 7.16. Упругая втулочно-пальцевая муфта

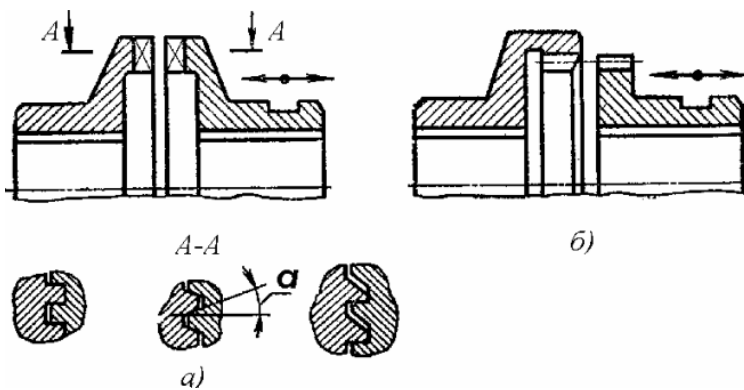


Рис. 7.17. Сцепные муфты:

*a* – кулачковая сцепная муфта; *б* – зубчатая муфта

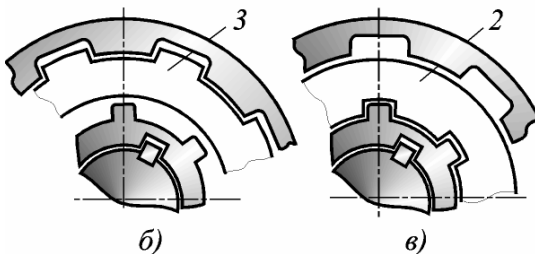
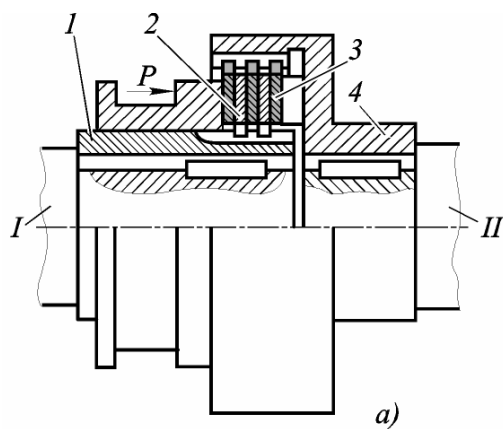


Рис. 7.18. Фрикционная муфта

мические нагрузки в приводе за счет упругих деформаций промежуточных деталей, изготовленных из эластичных материалов.

Втулочно-пальцевая упругая муфта (рис. 7.16), состоящая из полумуфт 1 и 4, с помощью резиновых колец 3, установленных на пальцах 2, амортизирует вибрации, передаваемые с одного вала на другой.

Сцепные муфты необходимы для периодического соединения звеньев привода (например, зубчатого колеса и вала в коробке передач). Кулачковые и зубчатые сцепные муфты состоят из двух полумуфт, имеющих на торцовых поверхностях выступы-кулачки (рис. 7.17, *a*) или внешние и внутренние зубья (см. рис. 7.17, *б*).

В рабочем положении кулачки (зубья) одной полумуфты входят во впадины другой.

Для включения и выключения муфты одна из ее полумуфт устанавливается на валу подвижно на шпоночном или шлицевом соединении. Перемещение полумуфты осуществляется с помощью механизма управления.

Кулачковая муфта проста по конструкции, надёжна, имеет небольшой осевой ход для включения, но не может включаться при больших скоростях вращения валов. Зубчатая муфта более работоспособна и технологична, чем кулачковая.

В дисковой фрикционной муфте (муфте трения) вращение передают диски двух типов. Диски 2 с внутренними выступами (рис. 7.18, *в*) соединены со втулкой 1, закрепленной на валу I, а диски 3 с наружными выступами (см. рис. 7.18, *б*) — с корпусом 4, закрепленным на валу II.

Величина передаваемой нагрузки с вала I на вал II определяется силой *P* сжатия дисков. Диски сжимаются механическими, гидравлическими, пневматическими или электромагнитными устройствами.

Фрикционные муфты позволяют включать механизмы станка на ходу. Дисковые электромагнитные муфты очень удобны для дистанционного управления.

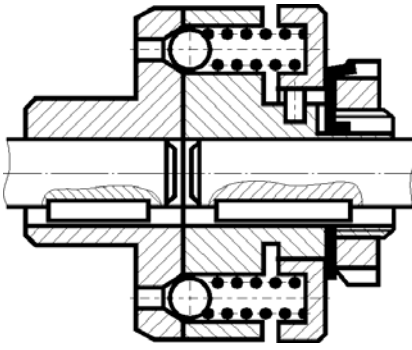


Рис. 7.19. Предохранительная муфта

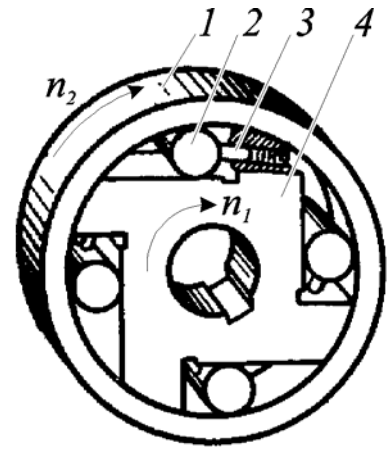


Рис. 7.20. Муфта обгона

Самоуправляемые муфты предназначены для автоматического сцепления и расцепления валов при изменении заданного режима работы.

*Предохранительные муфты* служат для предохранения ответственных и дорогостоящих деталей механизмов от поломок при перегрузках, а также для автоматизации управления движениями (например, для остановки стола станка жёстким упором).

Простейшими являются предохранительные муфты со срезающимися штифтами, передающими крутящий момент, если он не превысил расчётное значение.

Муфты с подпружиненными шариками (рис. 7.19), которые отжимаются при перегрузке, проскальзывают и разъединяют детали муфты. Подпружиненные шарики способны сами восстанавливать сцепление после снижения нагрузки. Такими же свойствами обладают пружинно-кулачковые муфты, имеющие сильно скошенные кулачки.

*Муфты обгона* применяют в тех случаях, когда ведомому валу, имеющему медленное вращение, требуется периодически сообщать быстрое вращение. Наибольшее применение нашла роликовая муфта обгона (рис. 7.20). Она состоит из закрепленного на ведущем валу ( $n_1$ ) корпуса 4, наружного кольца или втулки 1, связанной (или составляющей одно целое) с ведомым зубчатым колесом или шкивом ( $n_2$ ), и нескольких роликов 2, помещённых в вырезах корпуса 4. Каждый ролик поджимается подпружиненными штифтами 3 к кольцу 1. Если ведущей частью является корпус 4, то при вращении его по часовой стрелке ( $n_1$ ), ролики увлекаются трением в узкую часть вырезов и заклиниваются там. В этом случае корпус 4 и кольцо 1 будут вращаться вместе. Муфта обгона всегда передает вращение в одном направлении.

Если при продолжающемся движении корпуса 4 кольцу 1 сообщить движение по другой кинематической цепи, направленное в ту же сторону, но имеющее скорость ( $n_2$ ), большую по величине, чем скорость корпуса 4, то кольцо 1 сместит ролики к широкой части вырезов корпуса 4 и муфта окажется расцепленной. При этом детали 1 и 4 будут вращаться каждая со своей скоростью. Ведущим может быть и кольцо 1. В этом случае направление вращения деталей 1 и 4 изменится на противоположное.

Если при продолжающемся движении корпуса 4 кольцу 1 сообщить движение по другой кинематической цепи, направленное в ту же сторону, но имеющее скорость ( $n_2$ ), большую по величине, чем скорость корпуса 4, то кольцо 1 сместит ролики к широкой части вырезов корпуса 4 и муфта окажется расцепленной. При этом детали 1 и 4 будут вращаться каждая со своей скоростью. Ведущим может быть и кольцо 1. В этом случае направление вращения деталей 1 и 4 изменится на противоположное.

### 7.11. Реверсивные механизмы

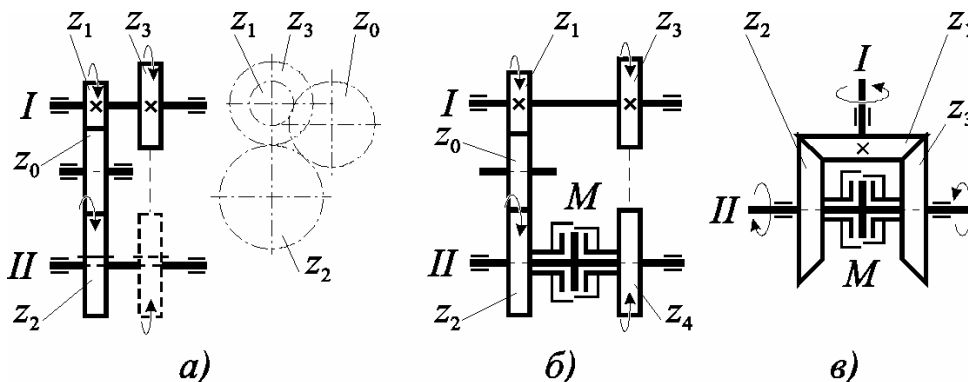


Рис. 7.21. Схемы реверсивных механизмов

Реверсировать рабочее движение (изменять его направление) при неизменном направлении работы двигателя можно введением дополнительной зубчатой передачи (*паразитного колеса*) или переключением устройства с коническими колёсами.

В цилиндрических зубчатых передачах паразитное колесо вводят, включая дополнительную (с паразитным колесом) ветвь цепи с помощью скользящего колеса  $z_2$  (рис. 7.21, *а*) или муфты  $M$  (см. рис. 7.21, *б*). Реверсивные механизмы с коническими колёсами (см. рис. 7.21, *в*) переключаются обычно двухсторонней муфтой  $M$ .

## 7.12. Механизмы привода прямолинейного движения

Кулачковые механизмы служат для преобразования вращательного движения кулачка в поступательное движение механизмов станка с определенной закономерностью. Кулачковые механизмы бывают с *плоским* (рис. 7.22, *б*), *цилиндрическим* (*а*) или *торцовым* (*в*) кулачками.

Плоский (дисковый) кулачок  $1$  (см. рис. 7.22, *б*) сообщает движение толкателю  $2$  в виде рычага в плоскости, перпендикулярной к оси кулачка.

Цилиндрический (барabanный) кулачок  $1$  (см. рис. 7.22, *а*) сообщает движение толкателю  $2$  вдоль оси кулачка. Цилиндрический кулачок перемещает ролик толкателя в обе стороны благодаря наличию фигурного паза. Если одну сторону паза убрать, то получится торцовый кулачок (см. рис. 7.22, *в*), к которому толкатель должен быть прижат, например, пружиной.

В отличие от реечной передачи или передачи винт-гайка, обеспечивающих равномерное движение, кулачок, вращаясь *равномерно*, способен обеспечить *различные законы движения* толкателя. Это зависит от рабочего профиля кулачка.

Механизмы с кривошипом преобразуют вращательное движение кривошипа в возвратно-поступательное движение ведомого звена. *Кривошипно-шатунный* механизм (рис. 7.23, *а*) содержит кривошип  $1$ , шатун  $3$  и ползун  $4$ . Кривошип является ведущим звеном и представляет собой палец  $1$ , находящийся на расстоянии  $r$  от оси вращения, и связанный с диском  $2$ , имеющим направляющие, или стержнем. Ползун  $4$  — ведомое звено, совершающее возвратно-поступательное движение. Шатун  $3$  шарнирно соединён с кривошипом и ползуном. Ход ползуна равен  $2r$ , поэтому в конструкции кривошипа предусматривают направляющие, чтобы регулировать положение пальца. Регулируя длину шатуна  $3$ , изменяют место хода, т.е. сдвигают крайние положения ползуна  $4$ .

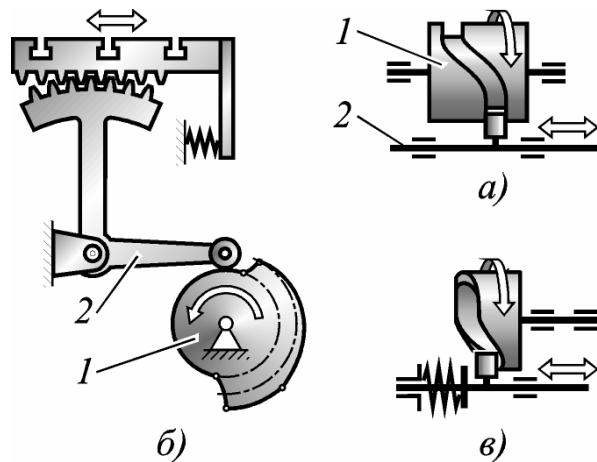


Рис. 7.22. Кулачковые механизмы

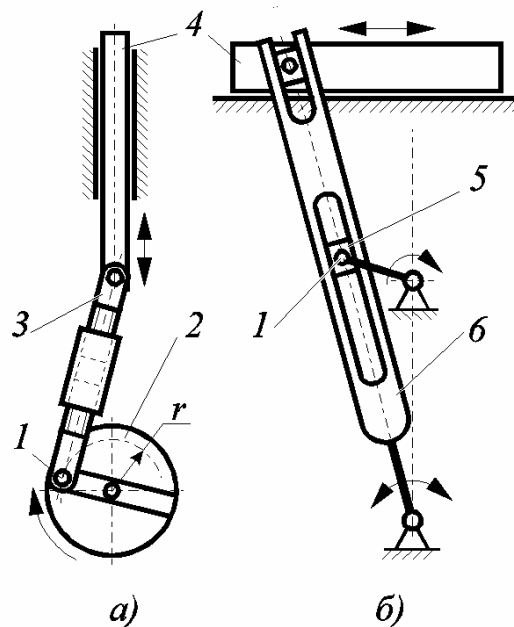


Рис. 7.23. Механизмы с кривошипом: *а* — кривошипно-шатунный; *б* — кривошипно-кулисный

Кривошипно-кулисный механизм (рис. 7.23, б) содержит, кроме ведущего кривошипа 1 и ведомого ползуна 4, камень 5, перемещающийся в направляющем пазу кулисы 6. При вращении кривошипа кулиса качается, а ползун движется возвратно-поступательно. Кривошипно-кулисный механизм отличается большой быстроходностью, достаточно плавным реверсированием, но скорость рабочего хода неравномерна, а при уменьшении скорости рабочего хода уменьшается и скорость холостого хода.

### 7.13. Механизмы прерывистого (периодического) движения

Кривошипные и кулачковые механизмы работают с *периодическим* изменением направления и скорости движения ведомого звена. При этом начальное и конечное положения этого звена повторяются периодически, не меняясь. Ведомое звено движется непрерывно, за исключением участка кулачка (кулачкового механизма), соответствующего выдержке (когда рабочий орган неподвижен).

В ряде случаев необходимо *периодически* перемещать в одном направлении ведомое звено, например, подавать инструмент на глубину резания в строгальных станках, поворачивать револьверную головку. Движение при этом происходит кратковременно, *толчком*. Для этого служат храповые и мальтийские механизмы.

Храповые механизмы могут быть с наружным и внутренним зацеплением. В механизме с наружным зацеплением (рис. 7.24, а) собачке 3 сообщается качательное движение. При движении против часовой стрелки собачка через зубья храпового колеса 2 поворачивает его на некоторый угол. При обратном ходе собачка, проскальзывая по зубьям храпового колеса, не вращает его. Качательное движение собачка 3 получает через шатун от ведущего кривошипного диска 6 с пальцем 5. Изменение положения пальца 5 в пазу (т.е. изменение радиуса  $R$ ) позволяет регулировать угол поворота  $\alpha$  собачки 3. Другим способом изменять угол поворота храпового колеса при неизменном положении кривошипного пальца 5 можно щитком 4, который закрывает часть зубьев храпового колеса, и собачка в начальный период рабочего движения скользит по его поверхности, а затем сходит с него, попадая на зуб храпового колеса, и поворачивает его. Щиток в выбранном положении удерживает фиксатор 1.

В храповом механизме с внутренним зацеплением (см. рис. 7.24, б) вал с жёстко посаженным на нём диском к которому прикреплена собачка 3, имеет качательное

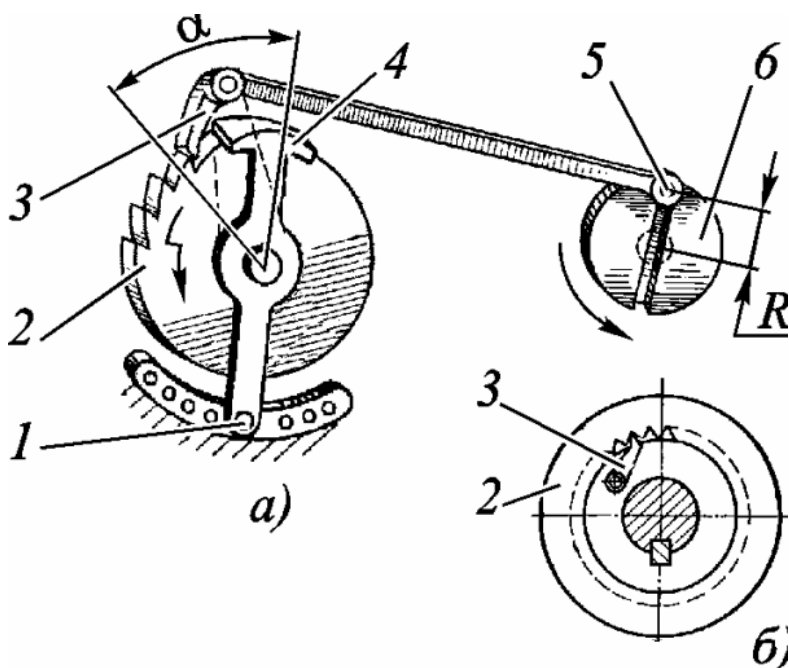


Рис. 7.24. Храповые механизмы

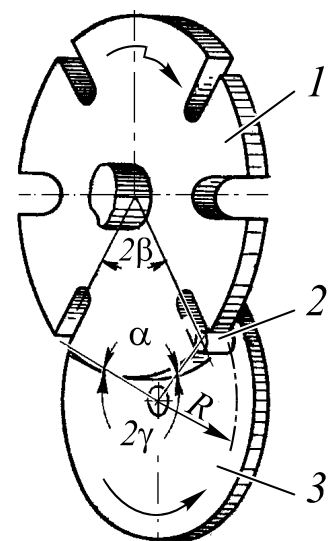


Рис. 7.25. Мальтийский механизм

движение, и собачка, вращаясь по часовой стрелке, поворачивает храповое колесо 2. Когда собачка движется в обратном направлении, храповое колесо неподвижно.

Мальтийские механизмы применяют для того чтобы периодически поворачивать на определённый угол  $2\beta$  ведомое звено — многопазовый диск (“мальтийский крест”) 1 (рис. 7.25) при равномерном повороте ведущего звена — кривошипного диска 3. За часть оборота кривошипного диска 3 (угол  $2\alpha$ ), когда происходит поворот диска 1, кривошипный палец (цевка) 2 вводится в радиальный паз и выводится из него. В момент вывода пальца из одного паза следующий паз оказывается в положении, при котором палец может быть снова введён в него. Для смягчения удара палец должен входить в паз в строго радиальном направлении. На угол  $2\gamma$  кривошип поворачивается вхолостую. Если у кривошипного диска 3 два пальца, то за один его оборот многопазовый диск 1 поворачивается дважды, каждый раз на угол  $2\beta$ .

---

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### *учащиеся должны знать:*

1. Определение металлорежущего станка.
2. Классификацию металлорежущих станков по технологическому назначению, массе, точности, уровню специализации, степени автоматизации.
3. Общую структуру металлорежущего станка.
4. Назначение станины; требования, предъявляемые к ней; материалы, из которого их изготавливают.
5. Назначение направляющих; требования, предъявляемые к ним; материал, из которого изготавливают их. Классификация направляющих.
6. Классификацию движений в металлорежущем станке.
7. Определения кинематической пары, соединения, звена (ведущего и ведомого), цепи, схемы.
8. Назначение кинематической схемы.
9. Условные обозначения основных кинематических пар.
10. Назначение оси и вала. Классификацию валов. Конструктивные элементы валов и осей.
11. Классификацию подшипников.
12. Назначение, необходимость применения, классификацию механических передач.
13. Определения передаточного числа и передаточного отношения, их взаимосвязь.
14. Назначение, преимущества и недостатки, классификацию передач ремённых, фрикционных, цепных, зубчатых, червячных, реечных, винт-гайка.
15. Назначение, классификацию, принцип работы постоянных, сцепных, самоуправляемых (предохранительных, обгонных) муфт.
16. Назначение реверсивных, кулачковых, кривошипно-кулисных механизмов, их классификация.
17. Назначение, устройство и принцип работы храповых и мальтийских механизмов.

### *должны уметь:*

1. Расшифровывать марки станков токарной, фрезерной, сверлильной групп.
2. Определять передаточное отношение передач: ремённой, зубчатой, червячной, цепной; величину перемещений передач реечной, винт-гайка
3. Находить на кинематических схемах станков условные обозначения оси и вала, подшипников, всех изучаемых передач, муфт.



4. Находить частоту вращения (скорость перемещения) последнего звена сложной кинематической цепи.

5. Объяснить принцип работы фрикционных вариаторов; муфт: постоянных, сцепных, самоуправляемых; механизмов: кулачковых, кривошипно-кулисных, храповых и мальтийских.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березовский Ю.Н., Чернилевский Д.В., Петров М.С. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1983.

2. Детали и механизмы металлорежущих станков. В 2-х т. Т.1 / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1972. – 664 с.

3. Детали и механизмы металлорежущих станков. В 2-х т. Т.2 / Под ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1972. – 520 с.

4. Маеров А.Г. Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Машиностроение, 1986. – 368 с.

5. Маркель И.И. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1986.

6. Устюгов И.И. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1981.

7. Феценко В.Н., Махмутов Р.Х. Токарная обработка. – М.: Высшая школа, 1990.

8. Фролов М.И. Техническая механика. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1981.

9. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки: Учебник для техникумов. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.

10. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Техническая механика. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1991.

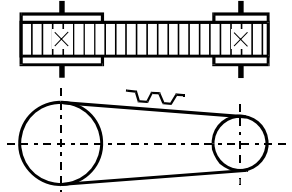
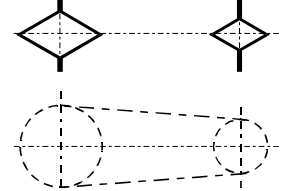
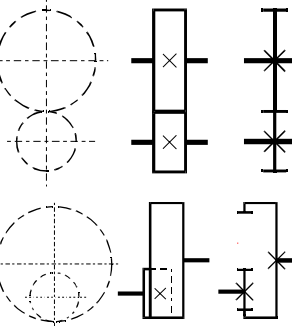
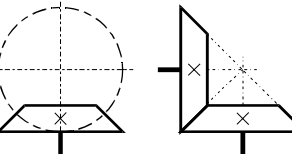
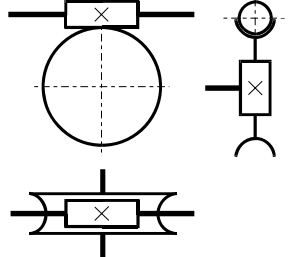
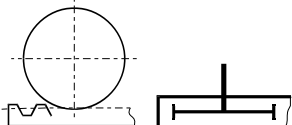
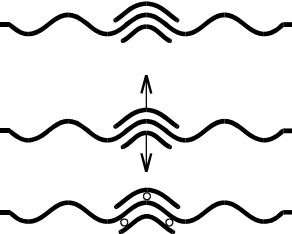

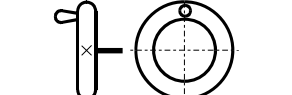
**КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**



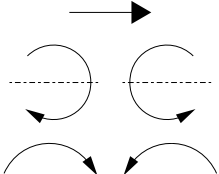

Станки	Группа	Т и п										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы: одношпиндельные	многошпиндельные	Токарно-револьверные	Токарно-револьверные полуавтоматы	Карусельные	Токарные и лоботокарные	Многорезцовые и копировальные	Специализированные	Разные токарные		
Сверлильные и расточные	2	Настольно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы: одношпиндельные		многошпиндельные	Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Отделочно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные	
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Кругло-шлифовальные, бесцентрово-шлифовальные	Внутри-шлифовальные, координатно-шлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольно-шлифовальные	Заточные	Плоско-шлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные станки, работающие абразивным инструментом		
Электрофизические и электрохимические	4	–	Светолучевые	–	Электрохимические	–	–	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	–		
Зубо- и резбо-обрабатывающие	5	Зубодолбежные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резбо-фрезерные	Зубо-отделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резбо-шлифовальные	Разные зубо- и резбо-обрабатывающие		
Фрезерные	6	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтальные консольные	Разные фрезерные		
Строгальные, долбежные и протяжные	7	Продольные: одностоечные		двухстоечные	Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания: внутреннего		наружного	–	Разные строгальные
Отрезные	8	Отрезные, работающие: токарным резцом			абразивным кругом	гладким или насечным диском	Правильно-отрезные	Ленточно-пильные	Кругло-пильные	Отрезные ножовочные	–	–
Разные	9	Трубо- и муфтообрабатывающие	Пило-насекательные	Правильно- и бесцентрово-обдирочные	–	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	–	–		

**ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ  
КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ (ГОСТ 2.770-68)**

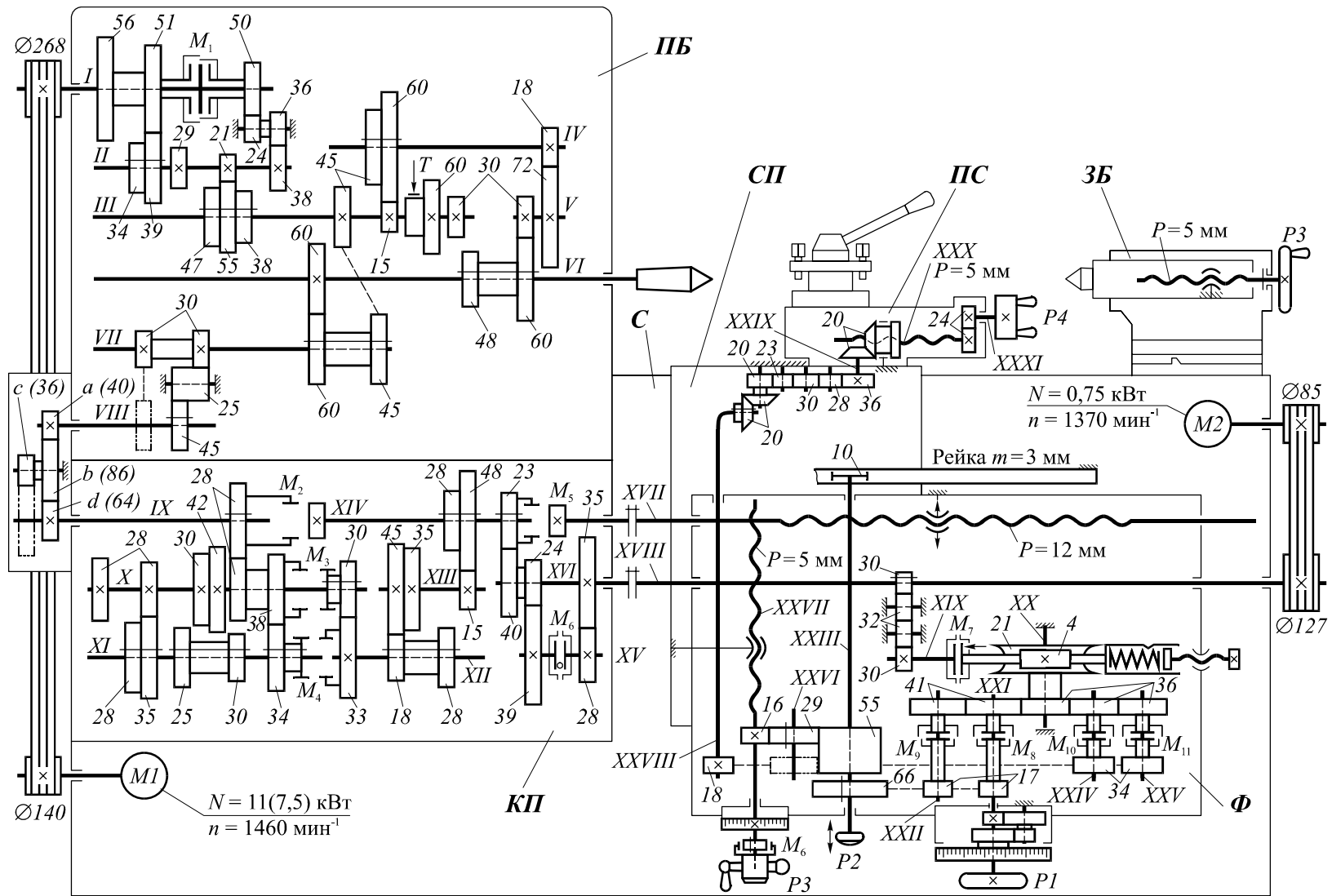
Наименование	Обозначение
Вал, ось, стержень, шатун и т.п.	
Шарнирное соединение стержней	
Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой	
Соединение детали с валом: свободное при вращении подвижное вдоль оси (например, шпоночное, шлицевое) неподвижное	
Подшипники скольжения или качения на валу. Общее обозначение без уточнения типа: радиальные упорные	
Подшипники скольжения: радиальные радиально-упорные	
Подшипники качения: радиальные радиально-упорные односторонние упорные односторонние	
Муфта. Общее обозначение без уточнения типа	
Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): глухая упругая компенсирующая	
Муфта сцепляемая (управляемая): общее обозначение односторонняя (с зубчатым колесом) двусторонняя (с зубчатыми колесами)	

Наименование	Обозначение
Муфта сцепляемая: синхронная, например, кулачковая асинхронная, например, фрикционная	
Муфта автоматическая (самодействующая): общее обозначение обгонная (свободного хода)	
Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа	
Кулачки плоские: продольного перемещения вращающиеся вращающиеся пазовые	
Кулачки цилиндрические (барабанные)	
Храповый зубчатый механизм с наружным зацеплением односторонний	
Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	
Передача ремнем: без уточнения типа ремня клиновидным ремнем	

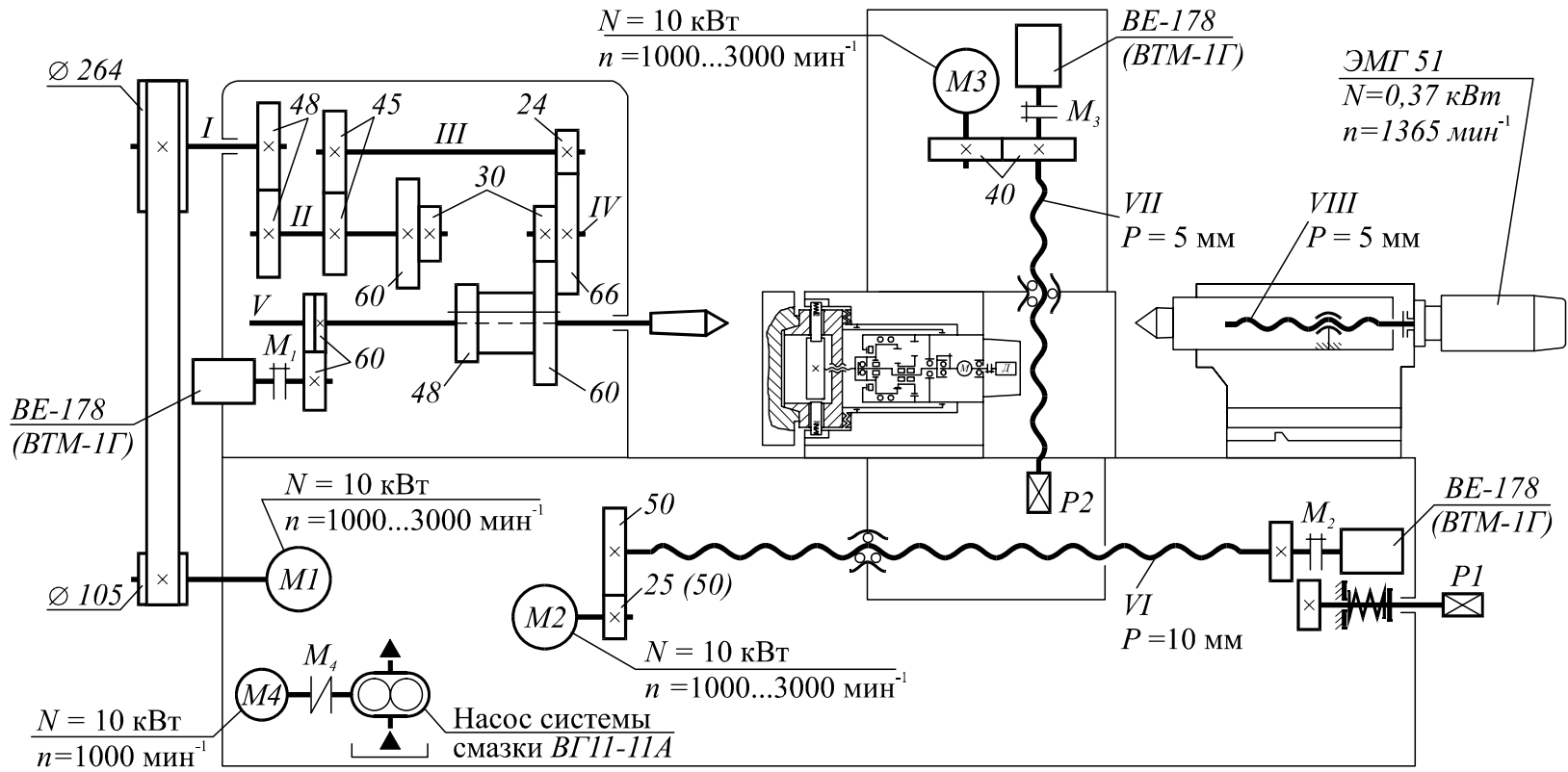
Наименование	Обозначение
зубчатым ремнем	
Передача цепью, общее обозначение без уточнения типа цепи	
Передачи зубчатые цилиндрические. Общее обозначение без уточнения типа зубьев:  внешнее зацепление  внутреннее зацепление	
Передачи зубчатые конические. Общее обозначение без уточнения типа зубьев	
Передачи червячные с цилиндрическим червяком	
Передачи зубчатые реечные. Общее обозначение без уточнения типа зубьев	
Гайка на ходовом винте, передающем движение: неразъемная  разъемная  с шариками (гайка качения)	
Конец вала под съемную рукоятку	
Маховичок	

Наименование	Обозначение
Передвижные упоры	
Электродвигатель	
<p>Одностороннее движение:</p> <p>    прямолинейное</p> <p>    вращательное с осью вращения в плоскости чертежа</p> <p>    с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа</p>	
<p>Возвратное движение:</p> <p>    прямолинейное</p> <p>    вращательное с осью вращения в плоскости чертежа</p> <p>    с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа</p> <p>Одностороннее движение с выстоем в промежуточном положении:</p> <p>    прямолинейное</p> <p>    вращательное</p>	

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 16К20

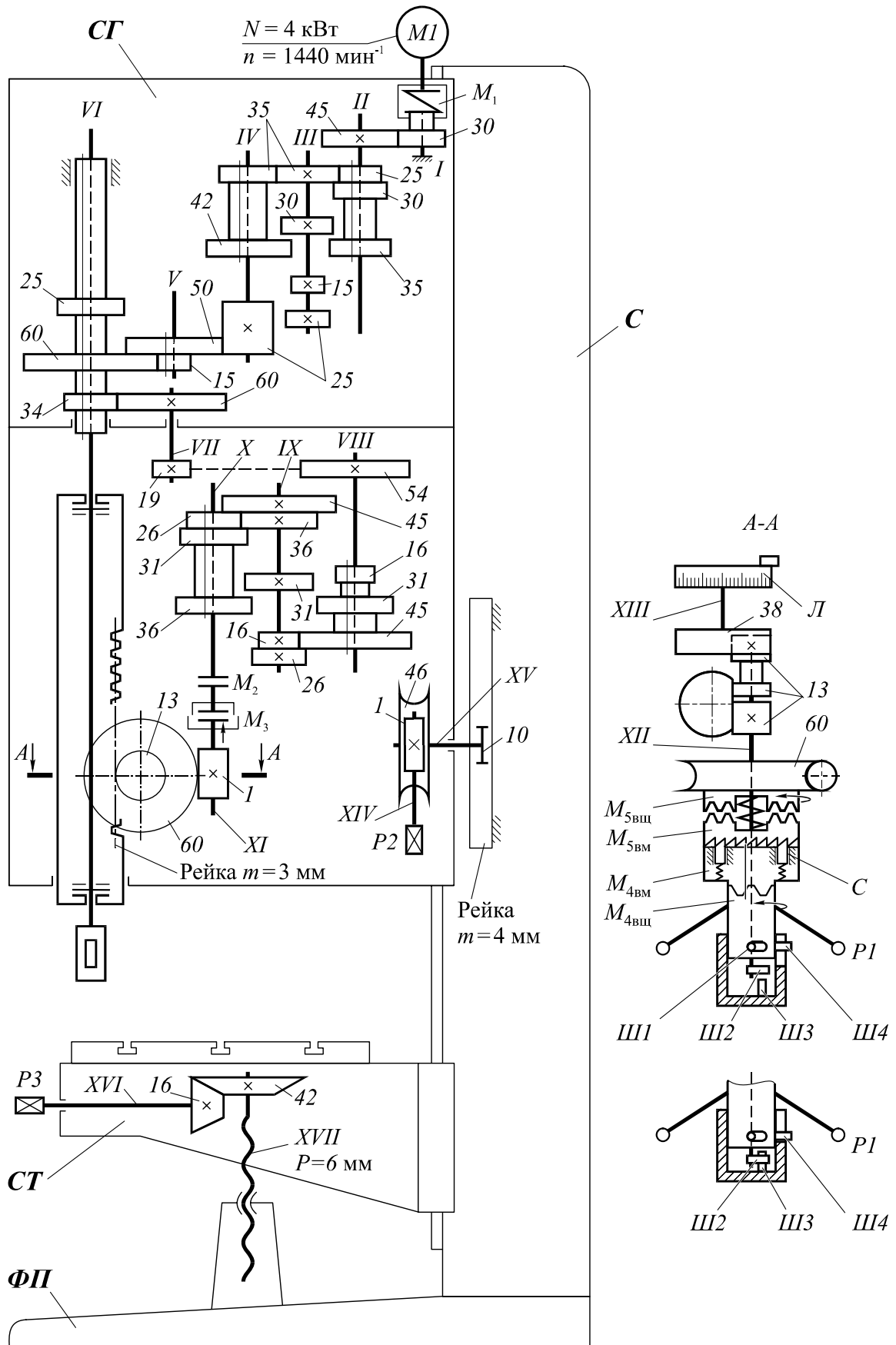


КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ 16К20Ф3 (16К20Т1)

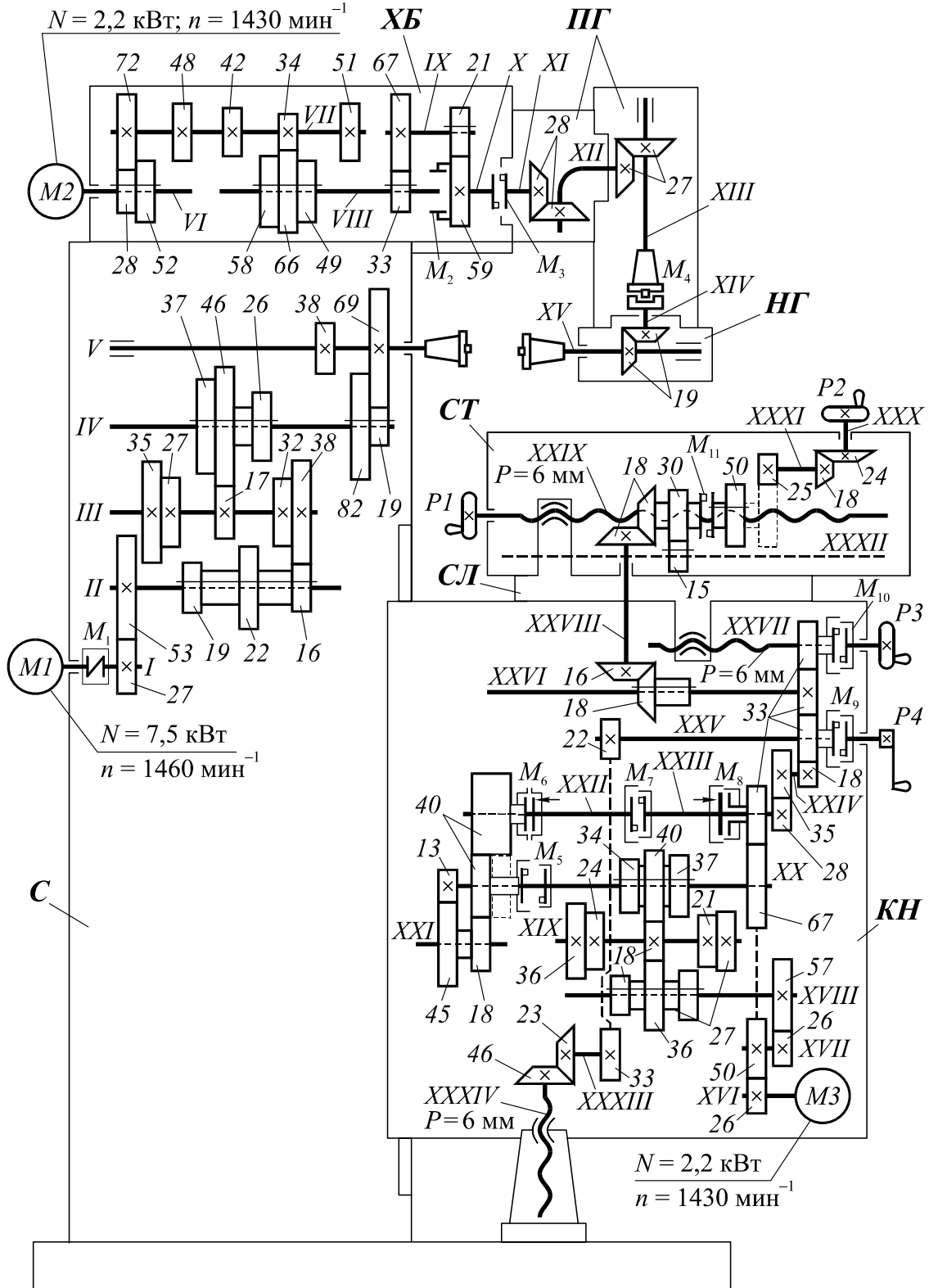




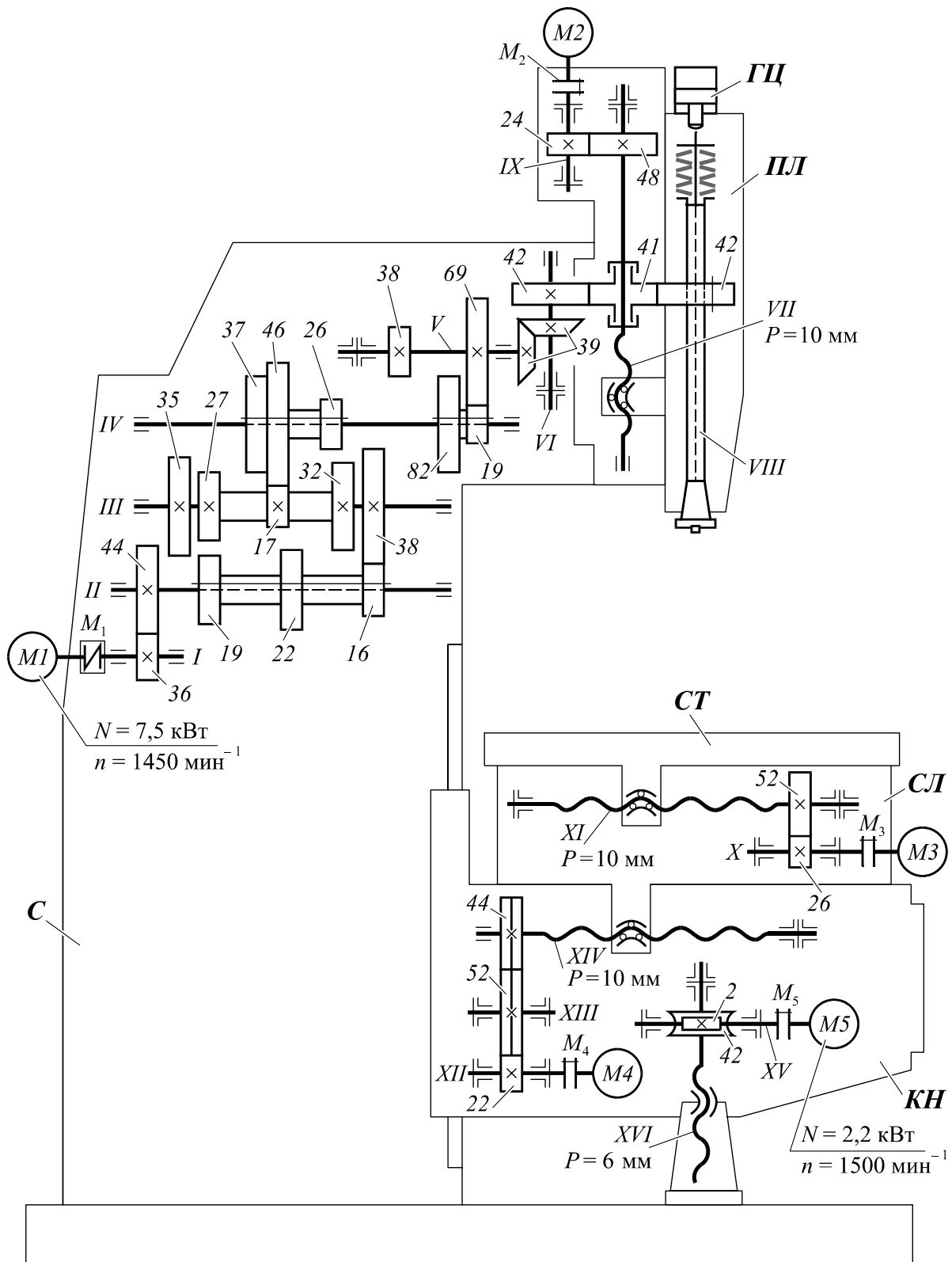
КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОГО  
СТАНКА 2Н135



КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ШИРОКОУНИВЕРСАЛЬНОГО  
КОНСОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6Р82Ш



КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА  
С ЧПУ ГФ2171 (6Р13Ф3)



**КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА 3М151**

