

# Проектирование деревообрабатывающего оборудования и инструмента

## Схемы машин

**35.04.02** «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих  
производств (уровень магистратуры)»

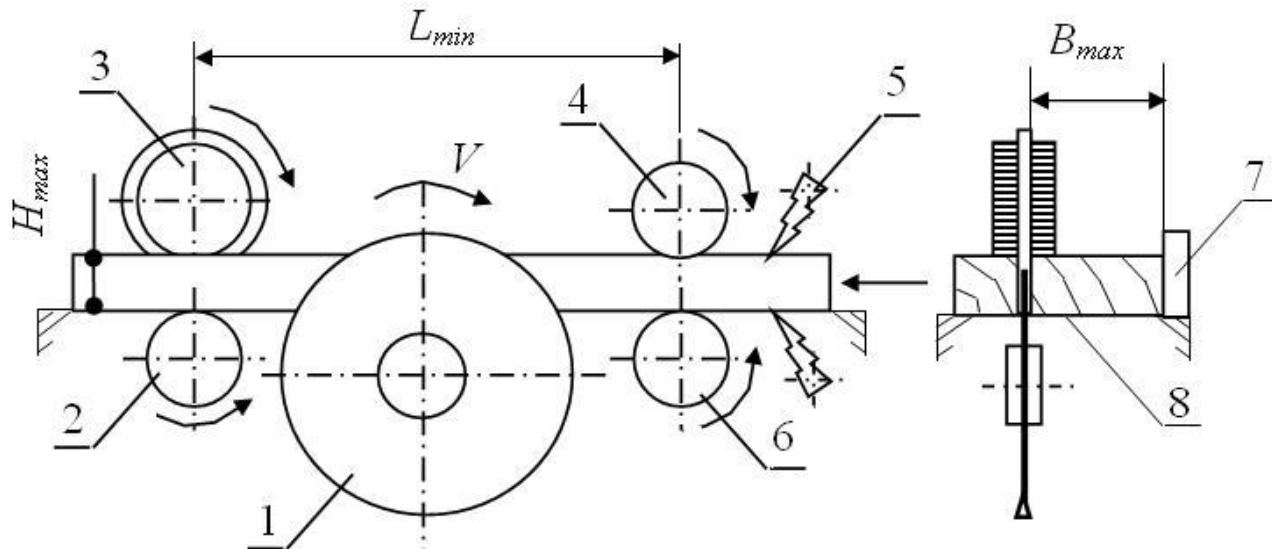
Кафедра инновационных технологий и оборудования  
деревообработки

## Общие сведения

- ***Схемы – это конструкторские документы, на которых условными символами графически изображены составные части машины, их взаимное расположение и связи.***
- Схема позволяет быстро разобраться в конструкции и последовательности действий элементов устройства.
- Виды, типы и общие требования к выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-84. Для проектирования и изучения конструкций деревообрабатывающего оборудования используются схемы: функциональная, кинематическая, гидравлическая, пневматическая, электрическая. Схемы выполняются без соблюдения масштаба. Пространственное расположение частей изделия можно не учитывать.

# Функциональные схемы

- **Функциональной называют схему машины, отражающую принцип ее работы и характер движений ее рабочих органов и обрабатываемой детали.**
- Функциональная схема показывает, какие движения рабочих органов должны быть сделаны для обеспечения нормальной безопасной работы станка. На ней показываются условными очертаниями обрабатываемая деталь и инструмент, базирующие, направляющие, прижимные и подающие органы, их взаимное расположение и направление движения. На рис. изображена функциональная схема круглопильного станка для продольной распиловки пиломатериалов.

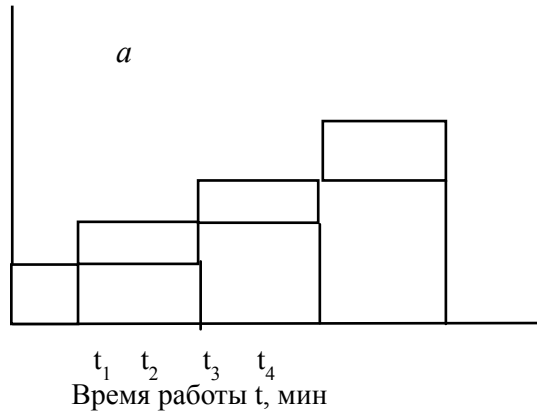


# Производительность машин

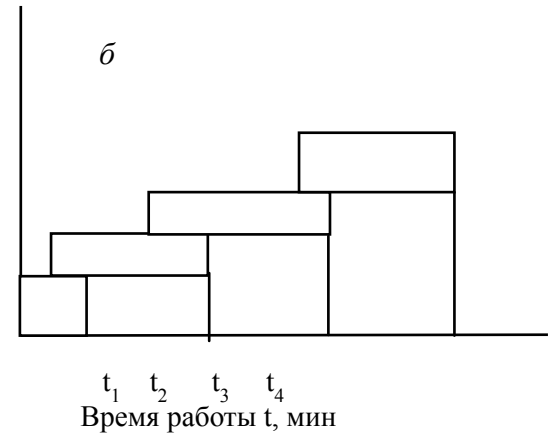
- **Фактическая сменная производительность** станка, шт./смена:
- для проходных станков
- $Q_{см.п} = (V_s T / K_p K_{и}) / (L i_p)$ ,
- для цикловых и циклопроходных станков
- $Q_{см.п} = T K_{и} i / t_{ц}$ ,
- 
- где  $T$  – продолжительность смены, мин;
- $V_s$  – скорость подачи, м/мин;
- $i$  – количество одновременно обрабатываемых деталей;
- $L$  – длина детали, м;
- $i_p$  – число проходов для полной обработки деталей.
- $t_{ц}$  – продолжительность цикла обработки детали, мин.

# Циклограмма

Опе  
раци  
и



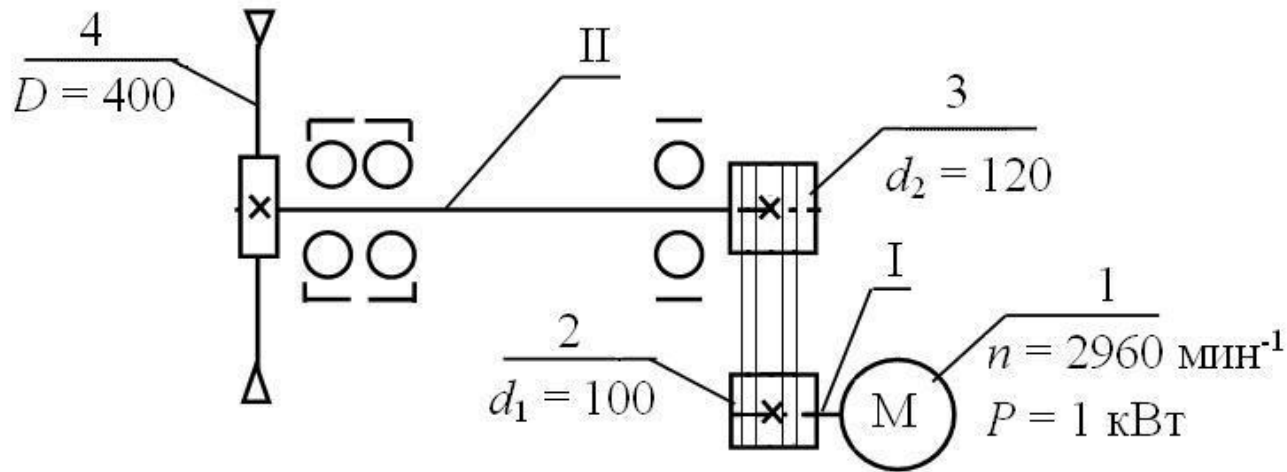
Опе  
раци  
и



# Кинематическая схема

- Каждый станок состоит из кинематических элементов (звеньев) – валов, шестерен, шкивов, звездочек и т.п. Взаимодействующие друг с другом звенья образуют кинематические пары. Из кинематических пар образуются кинематические цепи, которые связывают двигательные механизмы станка с исполнительными.
- Кинематическая схема станка отражает способ передачи движений в машине от двигательных механизмов к исполнительным.
- Условные обозначения элементов кинематических схем выполняются по ГОСТ 2.770-68. Правила выполнения изложены в ГОСТ 2.703-75.
- На рис. приведена кинематическая схема механизма главного движения круглопильного станка.
- Кинематическая схема позволяет рассчитать скорости рабочих движений станка или подобрать кинематические пары по заданным скоростям рабочих движений. Для этого на схеме приводится обозначение и характеристика всех входящих в нее элементов.
- **Передаточное число.** При выполнении кинематических расчетов всегда определяется передаточное число кинематической цепи.

## Продолжение



*Передаточное число кинематической цепи равно отношению частоты вращения вала двигателя к частоте вращения вала исполнительного элемента и равно произведению передаточных чисел отдельных кинематических пар, при этом передаточное число кинематической пары равно отношению диаметра ведомого шкива (числа зубьев шестерни, звездочки) к диаметру ведущего шкива (числу зубьев шестерни, звездочки).*

Это правило можно записать следующим образом:

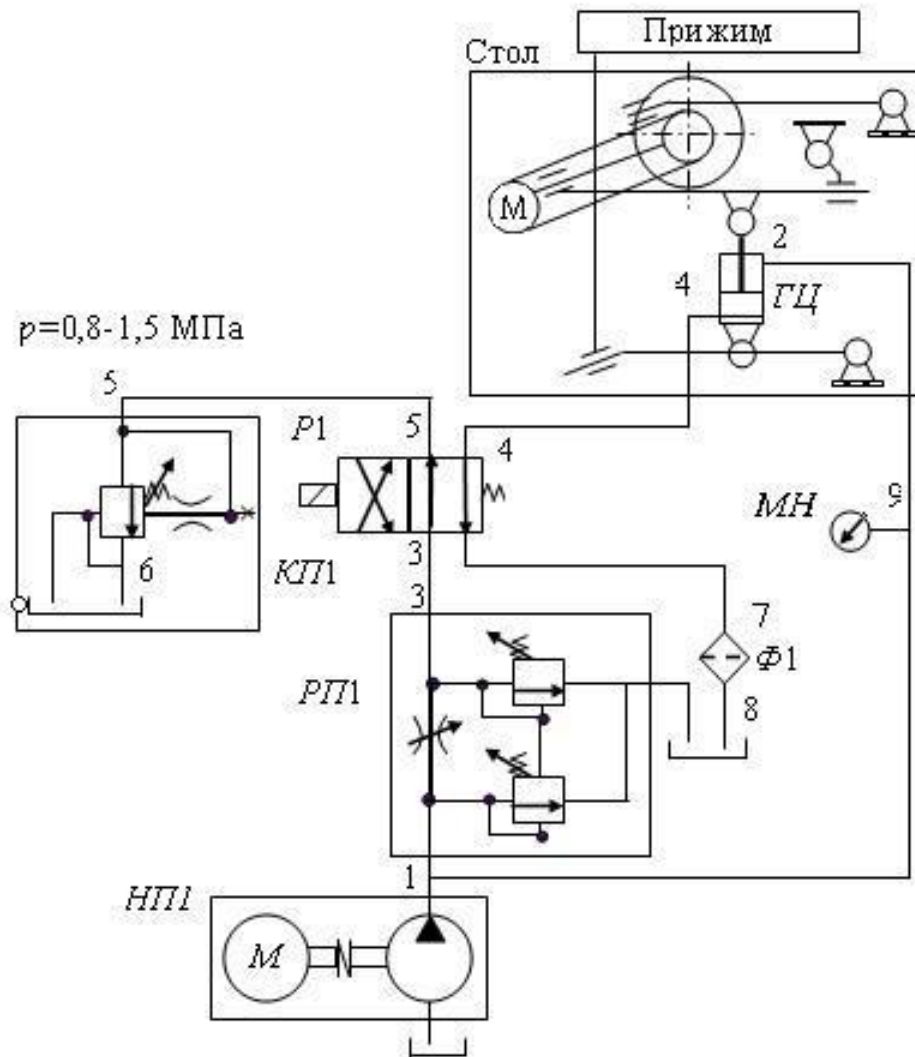
$$U = \frac{n_{дв}}{n_{и.о}} = U_{p.n} U_{з.n} \dots U_{ц.n} = \frac{d_2}{d_1} \frac{z_4}{z_3} \dots \frac{z_6}{z_5}$$

# Гидравлическая схема

- ***Гидравлической называют схему, отражающую состав и соединение элементов, входящих в гидравлический механизм.***
- В состав гидравлических систем входят следующие элементы: насосная установка (гидростанция), трубопроводы (шланги гибкие), распределительная и контрольно-регулирующая аппаратура, гидродвигатели (гидроцилиндры и гидромоторы).
- На рис. приведена гидравлическая схема торцовочного станка ЦКБ-40-01. В исходном положении механизмов станка масло нагнетается насосом в штоковую полость гидроцилиндра. При этом шток гидроцилиндра шарнирно соединен с рамкой, а корпус – с рычагом, который взаимодействует с прижимом.



# Продолжение



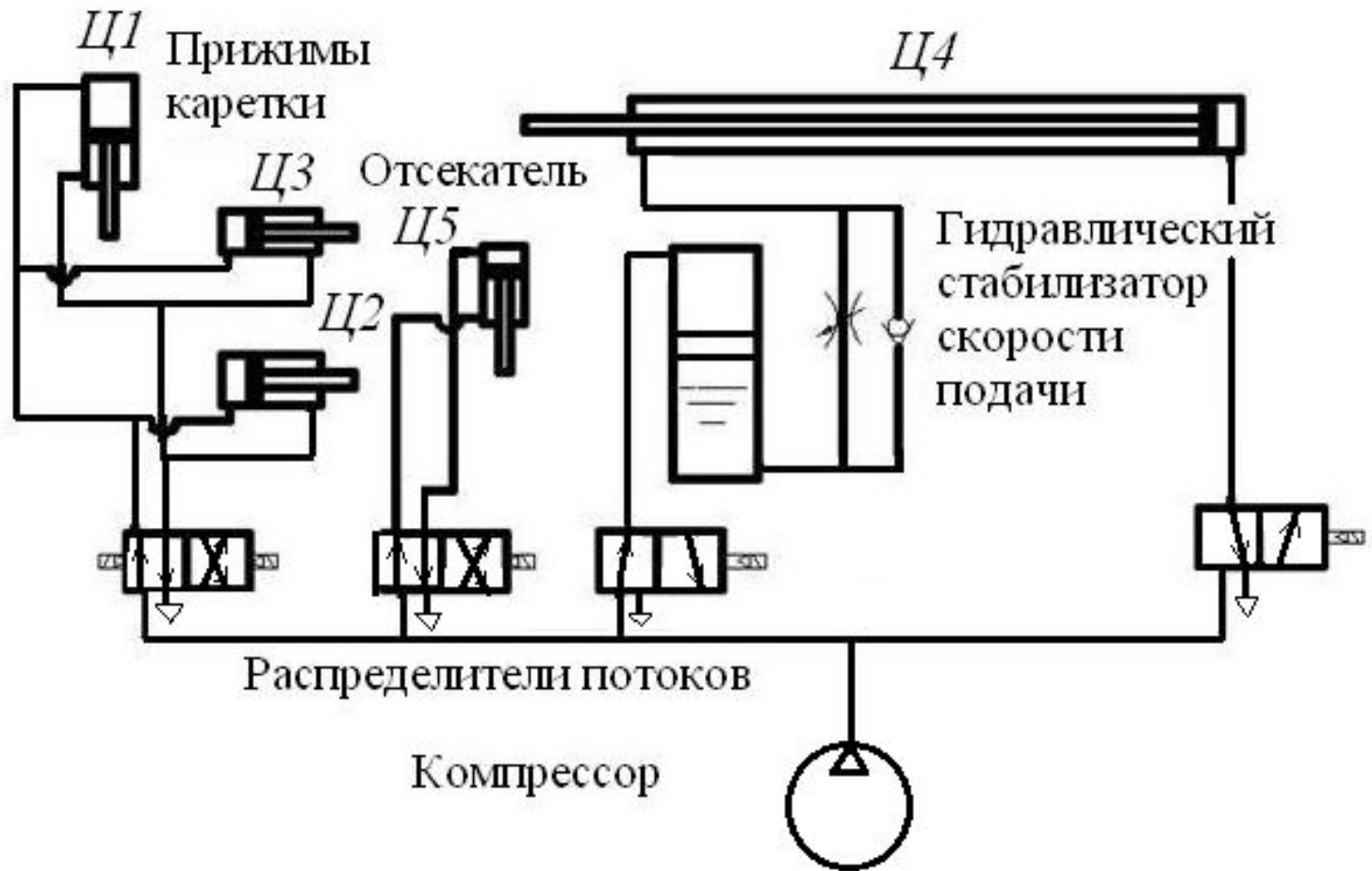
Направление потока масла  
будет следующее:

НП -- РП1 -- 3 -- Р1 -- 4 --  
ГЦ ↑/ ГЦ -- 2 --  
-- 9 -- МН

## Пневматическая схема

- ***Пневматической называют схему, отражающую состав и соединение элементов, входящих в пневматический механизм машины.***
- Начертание пневматических схем сходно с начертанием гидросхем, но проще, поскольку пневматические механизмы работают обычно от централизованной установки сжатого воздуха (компрессора), который не изображается на схеме. Кроме того, эти механизмы не требуют трубопроводов для отвода отработанного воздуха. Отработанный воздух выбрасывается в атмосферу.
- Пневматический привод чаще всего используется в механизмах прижима, прессования. В приводах механизмов подачи для обеспечения плавности хода используется гидравлическое демпфирование.
- На рис. показана пневматическая схема шипорезного станка. На станке зажим пакета заготовок производится вертикальным пневмоцилиндром Ц1 и горизонтальными пневмоцилиндрами Ц2 и Ц3. Подача каретки по направляющим выполняется пневмоцилиндром Ц4, а движение отсекателя обеспечивается пневмоцилиндром Ц5.

## Продолжение



Пневматическая схема привода каретки шипорезного станка

# Электрическая схема

- **Электрическая схема** изображает состав и соединение электрических элементов станка. Для их начертания приняты условные обозначения, установленные ГОСТ 2.701-76.
- В электрической схеме различают две цепи: силовую цепь и цепь управления. В силовую цепь включают электродвигатели, силовые электромагниты, вводные рубильники, предохранители, силовые контакты контакторов, нагревательные элементы и др. Силовая цепь замыкается и размыкается под действием цепи управления.
- В цепь управления включаются кнопки управления, обмотки контакторов, путевые выключатели, реле управления и защиты и другие элементы управления. По цепи управления должен протекать электрический ток небольшой величины. Для повышения надежности и безопасности эксплуатации цепь управления подключается на пониженное напряжение с помощью трансформатора. Так, например, силовая цепь имеет напряжение 380 В, а цепь управления питается напряжением 36, 110, 220 В.

## Продолжение

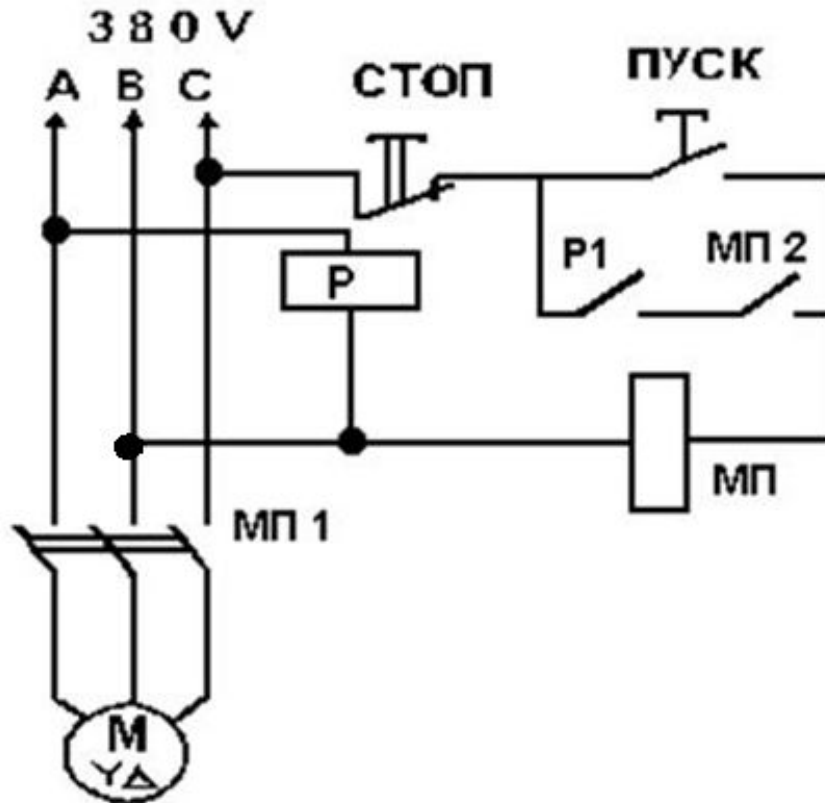


Схема электрическая принципиальная для пуска электродвигателя

## Виды и типы схем

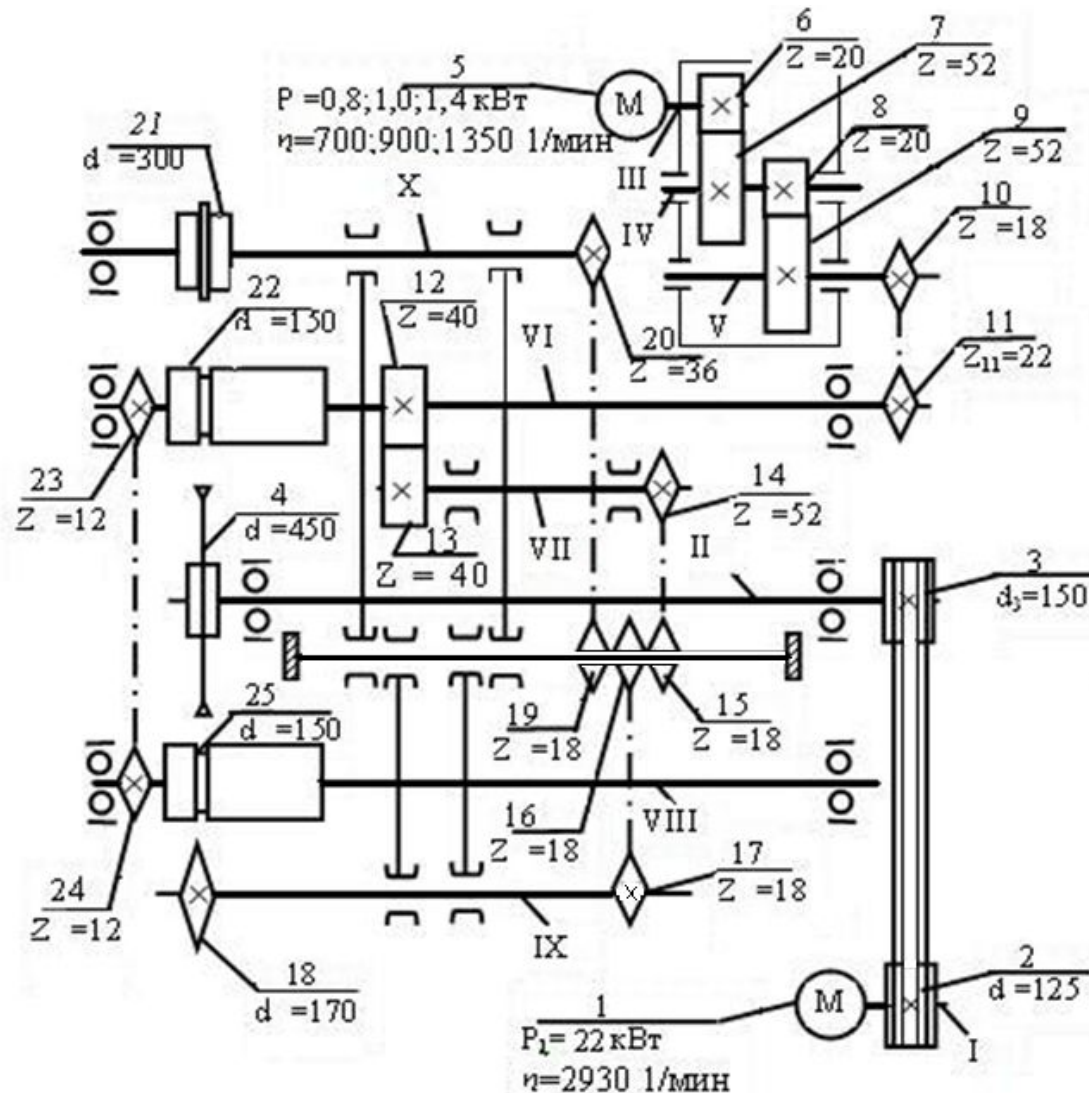
- Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяют на следующие виды (ГОСТ 2.701–84):
  - К кинематические
  - Э электрические;
  - Г гидравлические;
  - С комбинированные
  - П пневматические;
  - В вакуумные и др.

В зависимости от основного назначения различают следующие типы схем:

- структурные;
- функциональные;
- принципиальные (полные);
- соединений (монтажные);
- подключения;
- общие;
- расположения;
- объединенные.

# Правила выполнения кинематических схем

- Кинематические схемы изображаются условными графическими обозначениями элементов машины, установленными ГОСТ 2.770–68.



# Общие принципы разработки схемы

- При разработке кинематической схемы учитываются следующие принципы [14].
- **Максимально возможная простота.** Чем проще кинематическая схема станка, тем более простой и менее трудоемкой в изготовлении получается созданная по ней конструкция. Кроме того, станки со сложной кинематической схемой труднее в обслуживании и менее надежны в эксплуатации.
- Общую кинематическую схему следует разбить на несколько автономных цепей с отдельными двигателями и минимальным количеством кинематических пар. Надо стремиться к сокращению или исключению механизмов сложных при изготовлении и сборке. К таким механизмам относятся червячные, планетарные, мальтийские передачи и др. Надо стремиться, чтобы все валы и оси были только параллельны или перпендикулярны.
- **Максимально возможная степень автоматизации** по основным и вспомогательным движениям.
- Выполнение этого требования обеспечивает большую производительность и повышает безопасность работы на станке. Однако это приводит к усложнению конструкции станка. Поэтому вопрос о целесообразности степени автоматизации проектируемого станка следует решать исходя из масштабов производства, возможной экономии вспомогательного времени



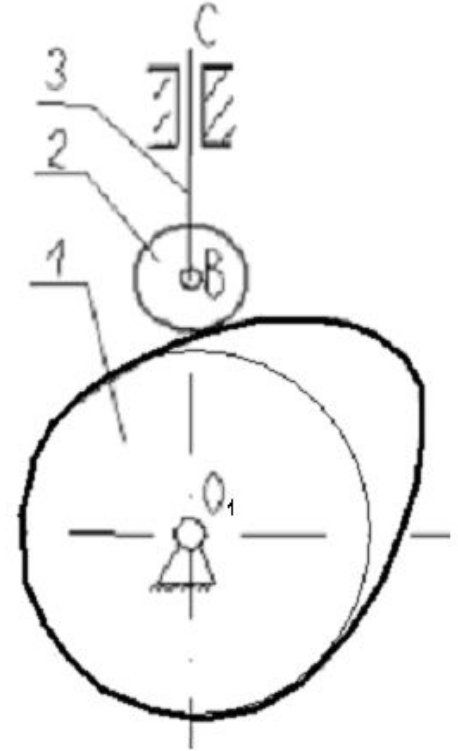
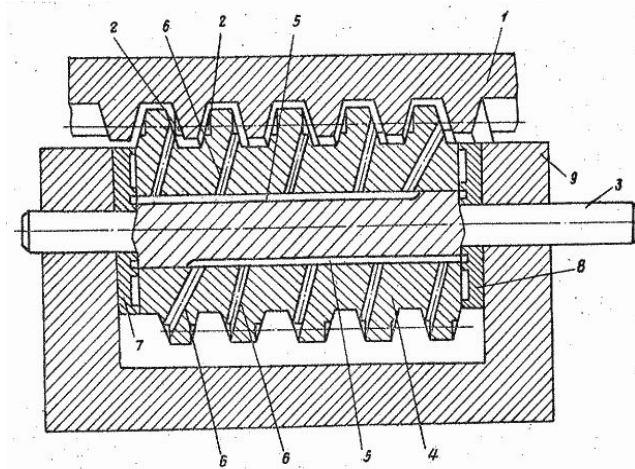
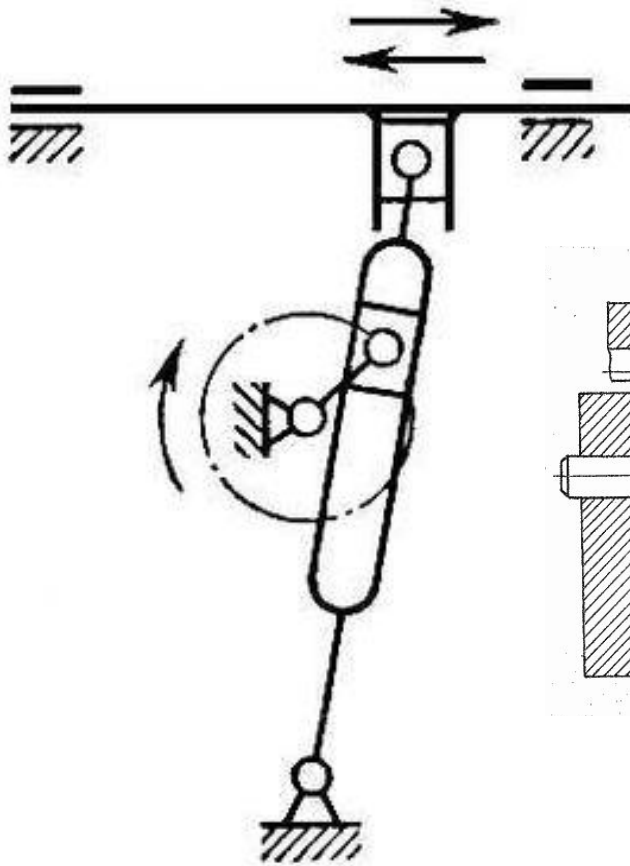
# Продолжение

- **Возможно более высокий КПД** тех кинематических цепей, в которых расходуется большая часть энергии (Это касается цепей механизма главного движения). В остальных механизмах передаваемая мощность мала, поэтому и при низком КПД потери мощности будут невелики.
- Общий КПД кинематической цепи находится как произведение КПД отдельных передач, поэтому повышение КПД достигается путем сокращения числа передач и исключением передач с низким КПД (винтовых, червячных и т. д.).
- **Обеспечение требуемой точности** работы механизмов станка. Погрешности движения отдельных механизмов обусловлены многими ошибками и прежде всего неточностью изготовления и монтажа. В результате износа в кинематических парах появляются зазоры, в ременных и фрикционных передачах возникает проскальзывание, кинематические пары начинают передавать движения неравномерно, в механизмах наблюдается изменение скорости, утечка масла в гидроприводе и т. д.
- **Использование нормализованных, стандартизованных и унифицированных узлов.** Нормализованные, стандартизованные и унифицированные узлы, многократно проверенные на практике, должны использоваться в максимальном объеме. Применение в кинематических цепях электродвигателей постоянного тока, моторов-редукторов, моторов-вариаторов-редукторов, гидромоторов позволит без промежуточных передач присоединять их к рабочим органам машин.

# Факторы, определяющие структуру кинематических цепей

- Структура кинематической схемы станка зависит от следующих факторов. **Форма траектории начального и конечного звеньев цепи.** Траектории движений начального и конечного звеньев кинематической цепи могут быть различными. Для преобразования одного вида движения в другой используются следующие передачи и механизмы.
- **Преобразование вращательного движения во вращательное** может быть осуществлено такими передачами:
  - при параллельных осях ведущего и ведомого валов – ременной, цепной, зубчатой;
  - при пересекающихся осях – конической зубчатой или фрикционной, червячной.
- **Преобразование вращательного движения в поступательное**
  - обеспечивается передачами реечно-шестеренчатой, реечно-червячной, винтовой, механизмами кривошипно-шатунным, кулисным, кулачково-рычажным или гидро- и пневмо устройствами.
- **Преобразование поступательного движения во вращательное** достигается реечно-шестеренчатой передачами, кривошипно-шатунным механизмом или гидроприводом.

# Продолжение



Кулисный механизм;

реечно-червячная передача;

кулачковый механизм

# Продолжение

- **Преобразование равномерного вращения ведущего вала в периодическое движение ведомого** может быть выполнено механизмом с мальтийским крестом или шаговым механизмом.
- **Преобразование вращательного движения в плоское** с криволинейной траекторией достигается копирами или пантографами.
- **Значение передаточного числа кинематической цепи.** Во всех случаях следует стремиться к уменьшению значения передаточного числа кинематической цепи понижающих передач и увеличению передаточного числа повышающих передач. В идеальном случае частота вращения рабочего вала равна или незначительно отличается от частоты вращения вала двигателя. Для решения такой задачи промышленность выпускает электродвигатели низко- и высокооборотные, односкоростные и многоскоростные, а также гидравлические роторные моторы.
- **Регулирование скорости конечного звена.** При необходимости регулирования скорости конечного звена в заданном диапазоне в кинематическую цепь вводятся коробки скоростей, вариаторы, электромагнитные муфты скольжения, применяются регулируемый электро- или гидропривод.

# Продолжение

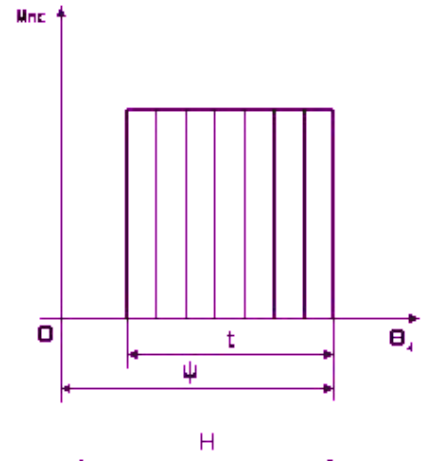
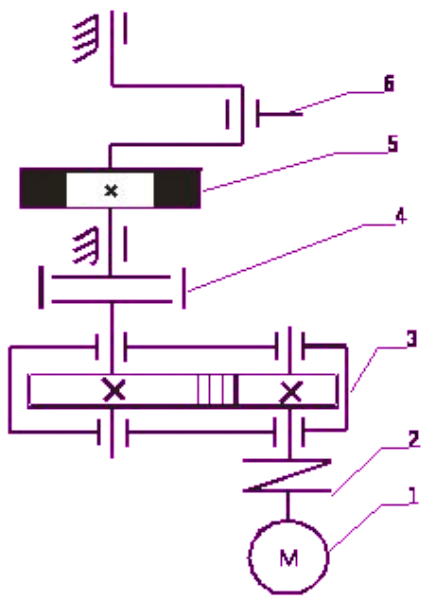
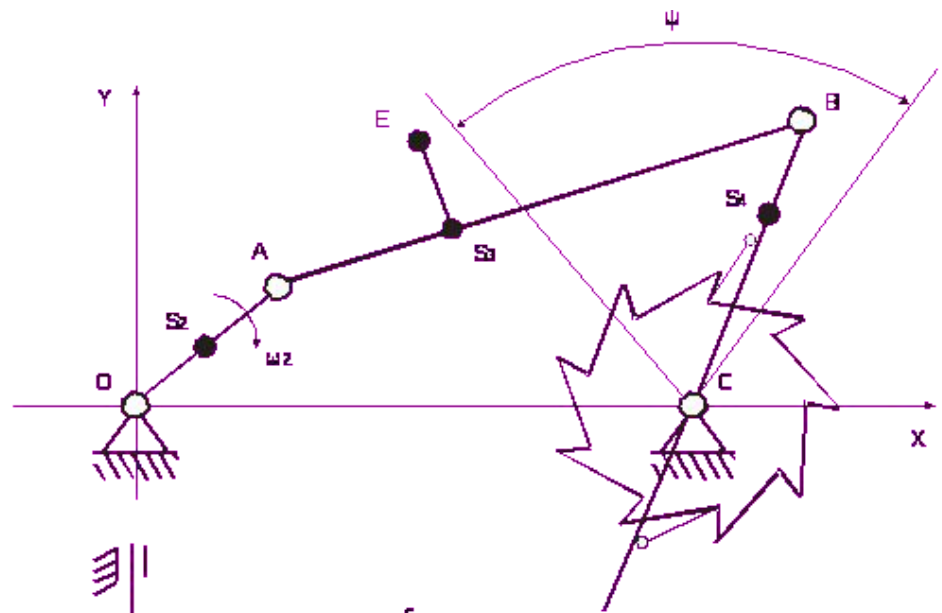
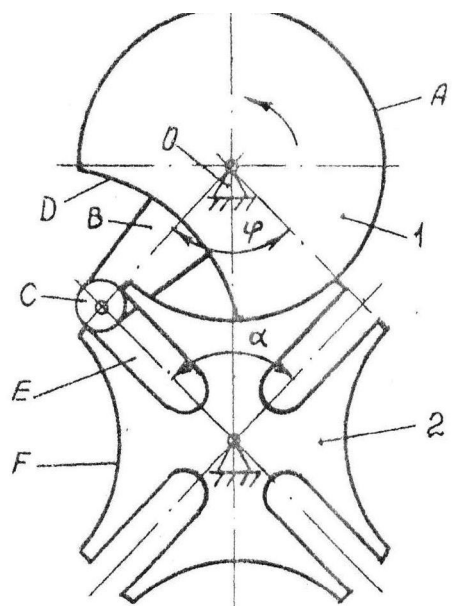


Рис. 5.1 Привод шагового конвейера

## Продолжение

- **Сохранение постоянства скорости рабочего органа во время его движения.** Если скорость рабочего органа должна быть строго постоянна, то в кинематической цепи не должны применяться ременные, фрикционные передачи или механизмы с пневмоприводом. В таких механизмах под действием нагрузки неизбежны проскальзывания и неточности в перемещениях, что неизбежно ведет к изменению скорости рабочего звена.
- **Реверсирование поступательных движений рабочего органа.** Прямолинейное возвратно-поступательное движение рабочего органа машины при небольшом его ходе достигается кривошипно-шатунным или кулисным механизмом, пневмо- или гидроцилиндром. Если длина хода рабочего органа большая, то задача решается применением реечно-шестеренной передачи, ходового винта с гайкой или цепной передачи, соединенной мультипликатором с гидроцилиндром.

# Порядок разработки кинематической схемы

- Разработка схемы ведется в несколько этапов.
- **Этап 1.** На первом этапе фиксируется перечень необходимых кинематических цепей механизмов: механизма главного движения, подачи, настроечных перемещений и др.
- **Этап 2.** Устанавливаются предельные значения или диапазон регулирования скоростей рабочих органов. Назначается частота вращения или величина хода двигателя. Определяется частота вращения вала рабочего органа или величина его хода.
- **Этап 3.** Изображается конструкция кинематической цепи, определяется ее передаточное число.
- В идеальном случае передаточное число должно быть равно единице или незначительно отличаться от единицы. Количество передач должно стремиться к минимуму.
- Если в кинематической замедляющей движение цепи несколько передач, то они должны быть расположены в такой последовательности, чтобы **частота вращения валов убывала как можно медленнее**. Передаточные числа отдельных кинематических пар, начиная от двигателя, в этом случае должны располагаться в порядке возрастания значений  $u_1 \leq u_2 \leq u_3 \leq \dots \leq u_n$ . Например,  $u_0 = 80$  можно разложить на частные передаточные числа следующим образом:  **$80 = 2 \times 4 \times 10$** . При таком расположении передач их габариты и материалоемкость уменьшаются.
- Рекомендуемые значения передаточных чисел некоторых передач приведены в табл. 6.

## Продолжение

**Рекомендуемые средние и максимально допустимые значения передаточных чисел передач**

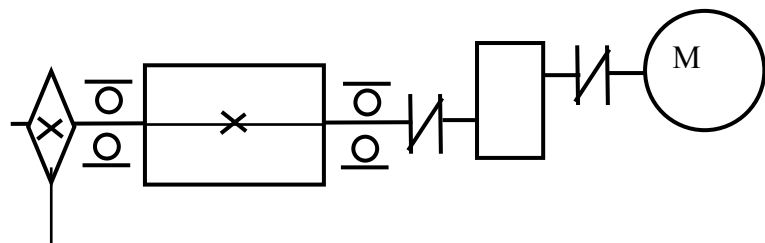
Вид передачи	$U_{cp}$	$U_{max}$ <i>x</i>	Вид передачи	$U_{cp}$	$U_{max}$
Цилиндрическая зубчатая	2-4	6	Плоскоременная	2-3	5
Коническая зубчатая	2-3	4	Клиноременная	2-4	6
Цепная	2-3	7	Ременная с натяжным роликом	2-4	7

**Ременные передачи применяют только на быстроходных участках кинематической цепи.**

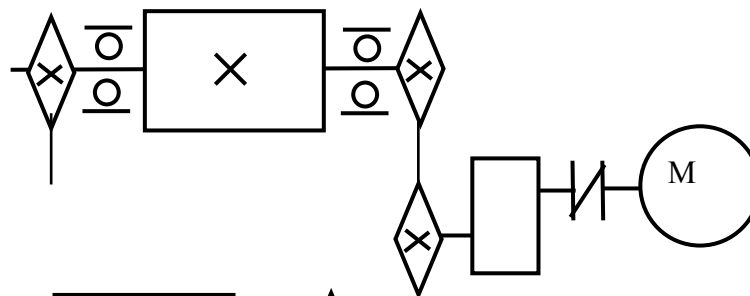


# Подготовка вариантов кинематических цепей

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

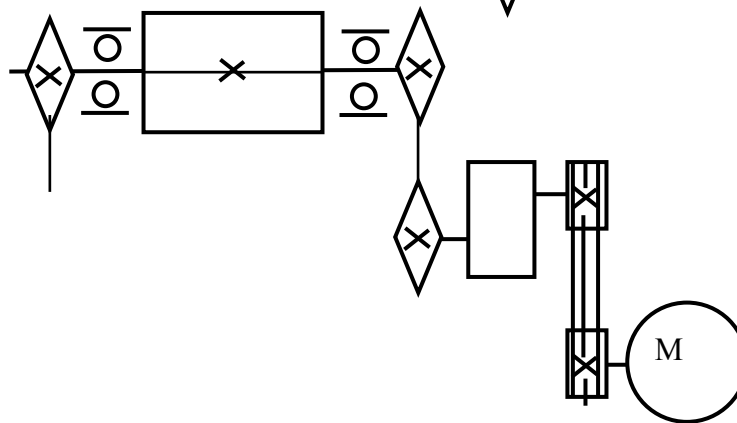
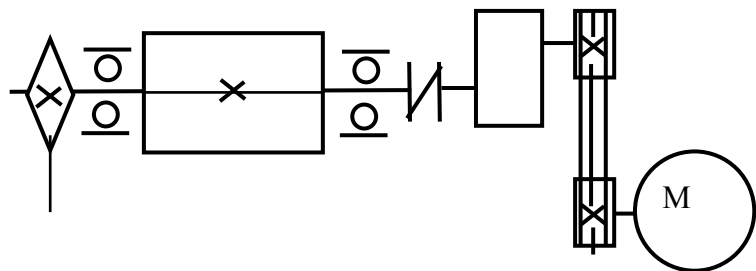


Рис. 18. Варианты кинематических схем привода роликового конвейера

# Выбор привода машины

- ***Приводом называется совокупность двигателя и кинематической цепи, подсоединенных к рабочему органу машины.***
- В современных деревообрабатывающих станках применяются электродвигательный, гидравлический и пневматический приводы. Выбор того или иного привода зависит от многих факторов, таких как назначения механизма станка, наличия того или иного источника энергии, величины потребной мощности, КПД, потребности в регулировании скорости рабочего органа и др.
- **Асинхронные электродвигатели**
- **Общие сведения.** Асинхронные электродвигатели находят самое широкое распространение в приводах машин. Они отличаются простотой конструкции и технического обслуживания, экономичностью и надежностью.
- В России электродвигатели выпускаются по ГОСТ Р 51689 [11] несколькими предприятиями: Открытым акционерным обществом “Владимирский электромоторный завод”, Открытым акционерным обществом “Ярославский электромашиностроительный завод” и др.
- Выпускаются различные типы машин: АИР, А, 5А, 5АИ, 5АМ, 4АМУ и др. Например, электродвигатель с условным обозначением:
- **АИР 100S2 У3 1М1081.**

# Продолжение

- Это означает:
- АИР – "А" - асинхронный двигатель, - "И" - Интерэлектро, - "Р" - привязка мощностей к установочным размерам в соответствии с ГОСТ Р 51689 ;
- 100 – габарит двигателя (высота оси вала от основания), мм;
- S – установочный размер по длине станины;
- 2 – число полюсов;
- УЗ – климатическое исполнение и категория размещения;
- 1М1081 – исполнение на лапах, 2081 – лапы и фланец, 3081 - фланец.
- Если асинхронный двигатель имеет  $p$  пар полюсов и подключен к питающей сети с частотой  $f_1$ , то синхронная частота вращающегося магнитного поля  $n_o$  может быть рассчитана по формуле (1).
- При работе ротор двигателя преодолевает сопротивление и вращается медленнее с частотой  $n_1$ .

$$n_o = \frac{60 f_1}{p} \quad n_1 = \frac{60 f_1}{p} (1 - s) \quad s = \frac{n_o - n_1}{n_o}$$

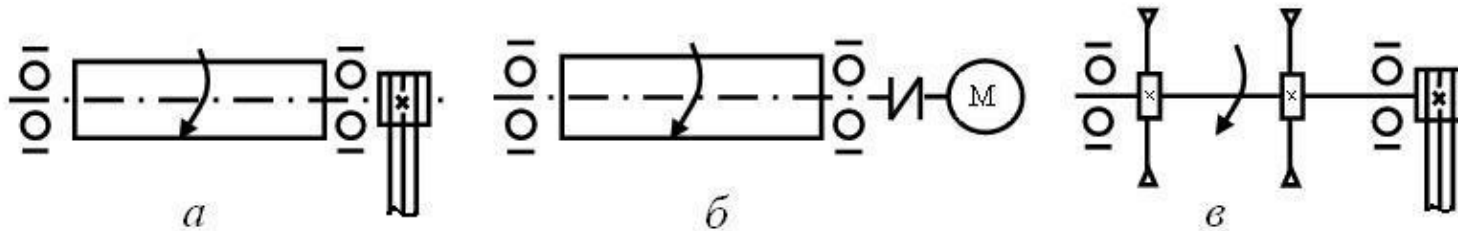
# Регулирование частоты вращения двигателя

- Частоту вращения асинхронного двигателя можно регулировать путем изменения скольжения, числа пар полюсов или частоты тока питающей сети.
- **Меняя величину сопротивления ротора, можно изменить величину критического скольжения. При этом изменится частота вращения двигателя.** Этот метод регулирования частоты вращения двигателя применяется в приводах деревообрабатывающих машин, работающих в повторно-кратковременном режиме, когда двигатель часто включается и выключается.
- **Частоту вращения двигателя можно регулировать изменением числа пар полюсов. Это достигается переключением обмоток статора по схемам: звезда – двойная звезда; треугольник – двойная звезда.** Такой способ регулирования отличается простотой, экономичностью. При этом частота вращения двигателя изменяется только ступенчато. По этому принципу работают многоскоростные двигатели.
- **Частоту вращения можно регулировать также изменением частоты тока питающей сети.** При частоте тока 300 с-1 частота вращения двигателя достигает 18000 мин-1. Частоту вращения вала электродвигателя можно изменить, если двигатель подключить к питающей сети через промышленный электронный преобразователь (инвертор) частоты электрического тока. На рынке России можно найти различные преобразователи отечественного и иностранного производства. Например, инвертор фирмы **Toshiba серии VF – S11.**

# Механизмы главного движения



**Рабочим валом** называют быстроходный вал станка с закрепленным на нем режущим инструментом в промежутке между подшипниковыми опорами.



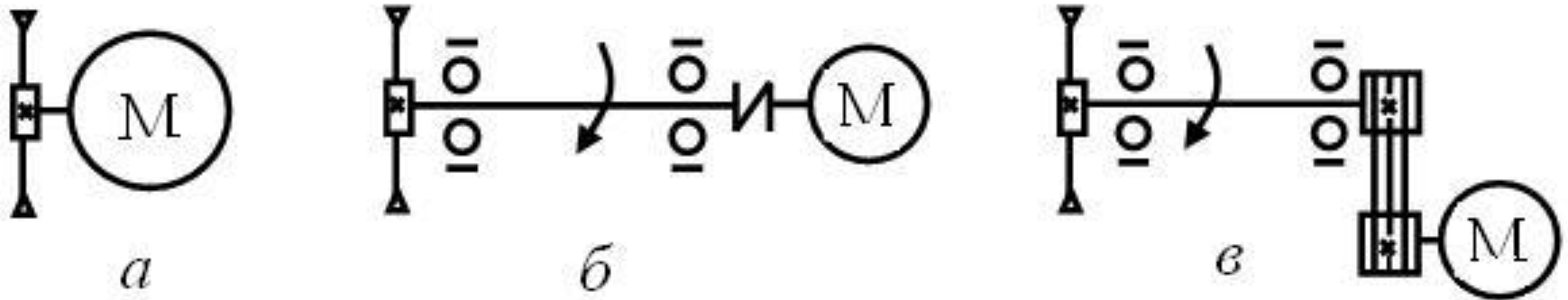
Рабочие валы:

*a, б* – ножевые валы; *в* – пильный вал

$$V = \frac{\pi D n}{60000}$$

# Шпиндели

- Шпиндель – быстроходный вал станка с креплением режущего инструмента на его консольной части.

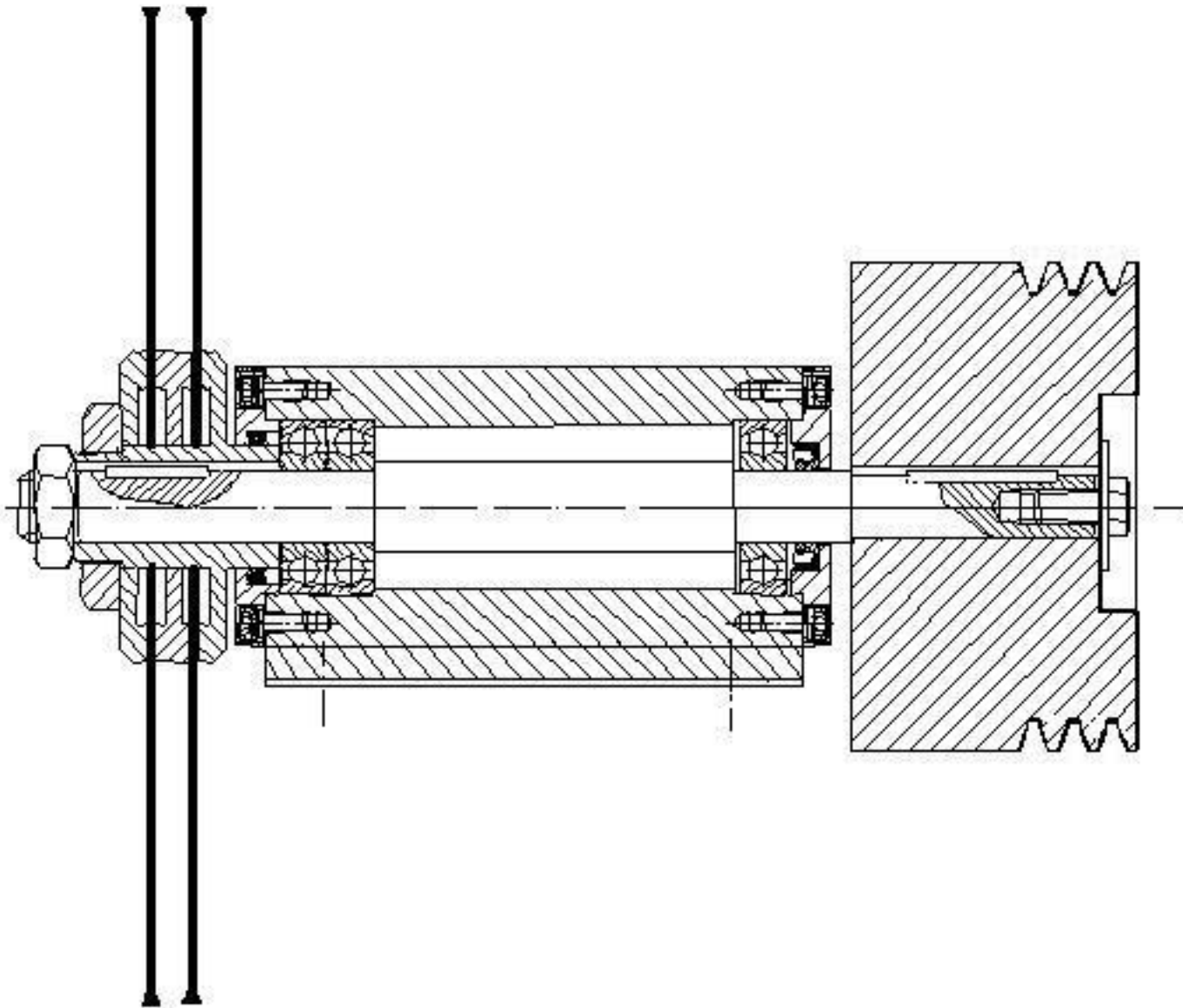


Способы соединения шпинделя с электродвигателем:

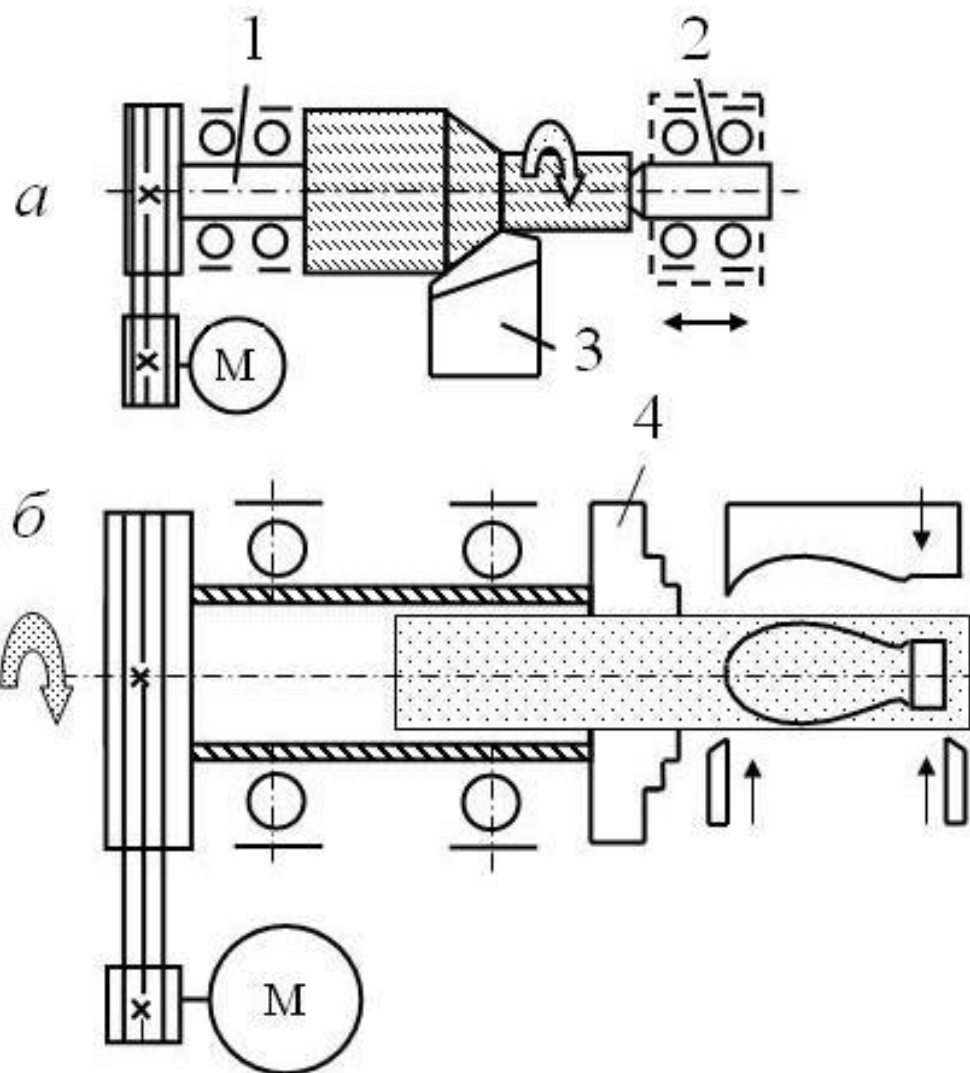
*a* – в качестве шпинделя использован вал двигателя;

*б* – муфтой; *в* – ременной передачей

# Шпиндель

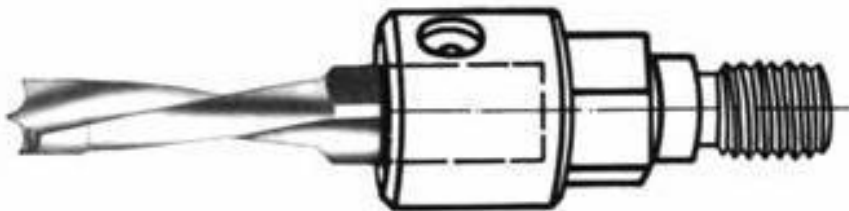


## Центры, патроны





# Патроны



*a*



*б*

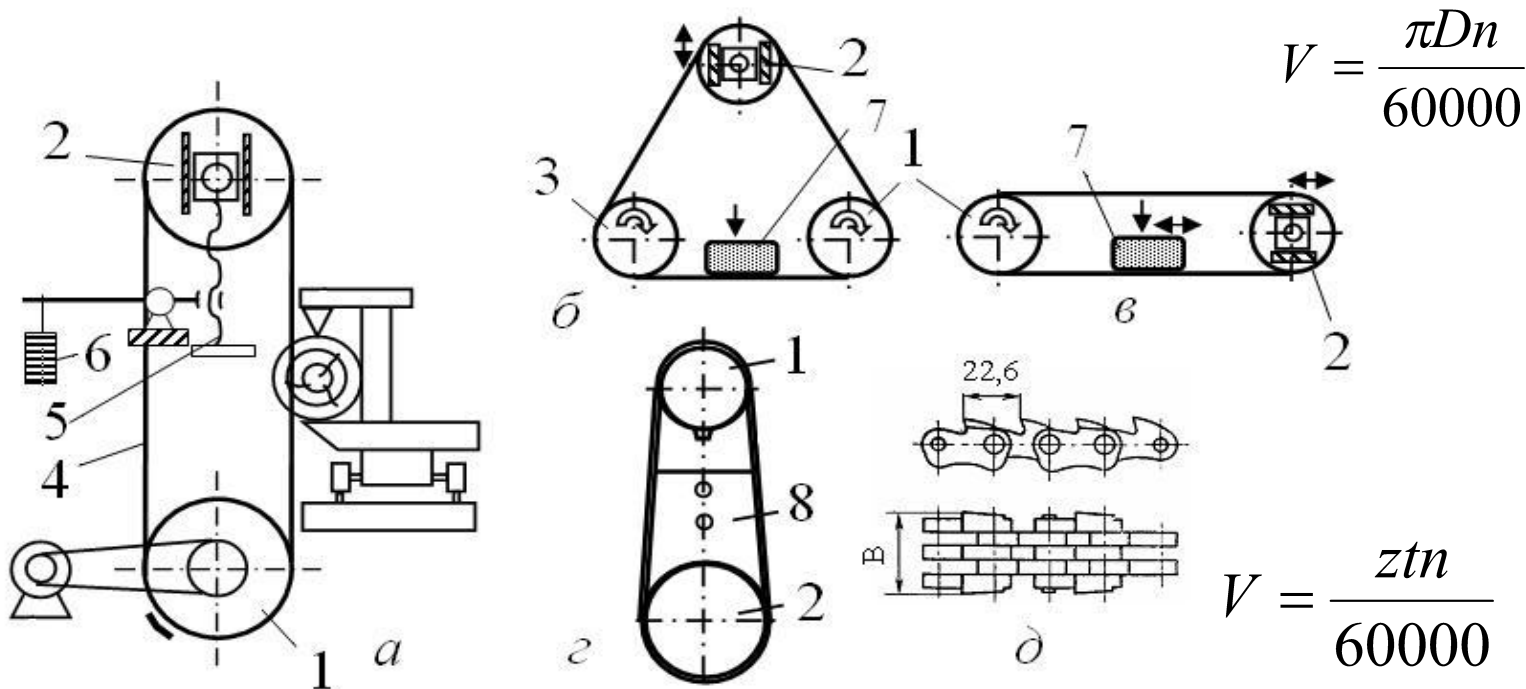
Крепление сверла в патроне:

*a* – со стопорным винтом;

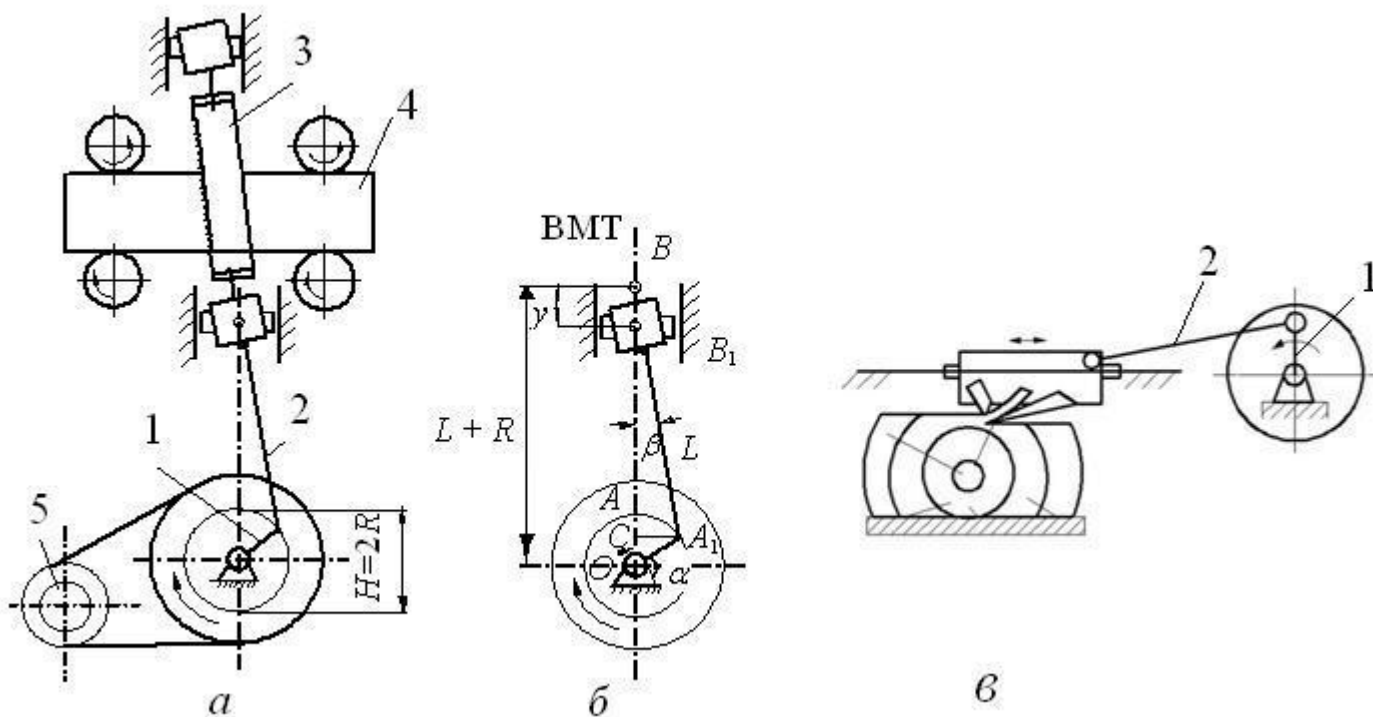
*б* – со стопорным винтом и сменной головкой

## Механизмы с поступательным движением

- Механизм отличается выполнением режущего инструмента в виде замкнутой гибкой ленты, надетой на несколько шкивов (ленточной пилы, замкнутой ленты, склеенной из шлифовальной шкурки, фрезерной цепи и др.)



# Механизмы с возвратно-поступательным движением



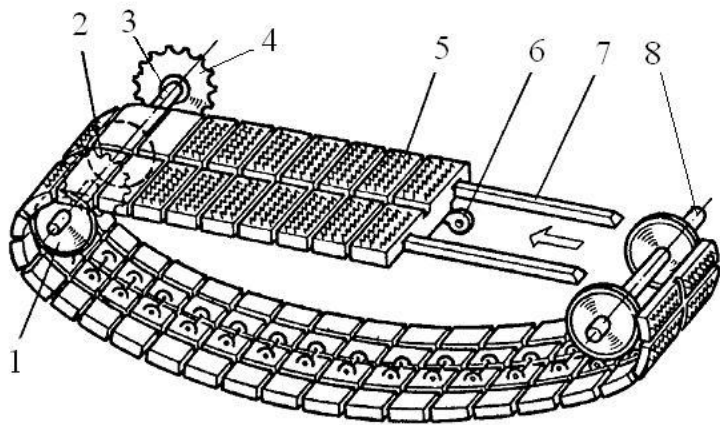
Механизмы главного движения  
с возвратно-поступательным движением:  
*а, б* – лесопильной рамы; *в* – строгального  
станка

# Механизмы подачи

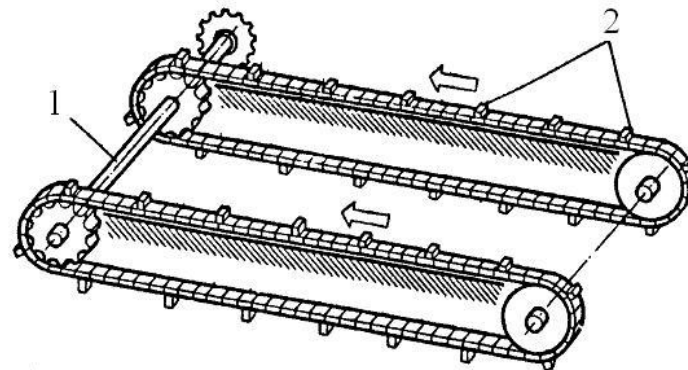
- **Механизмы подачи** - это устройства машин, осуществляющие **движение подачи**. Подача выполняется движением заготовок, а иногда движением режущего инструмента.
- **Классификация**



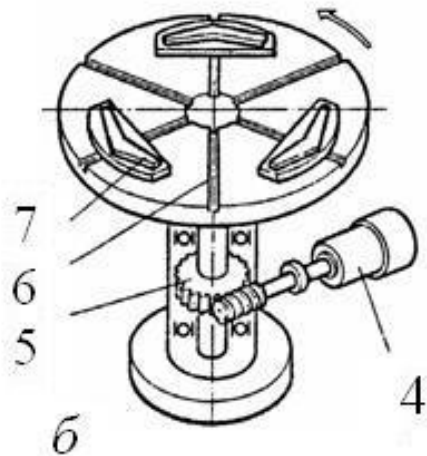
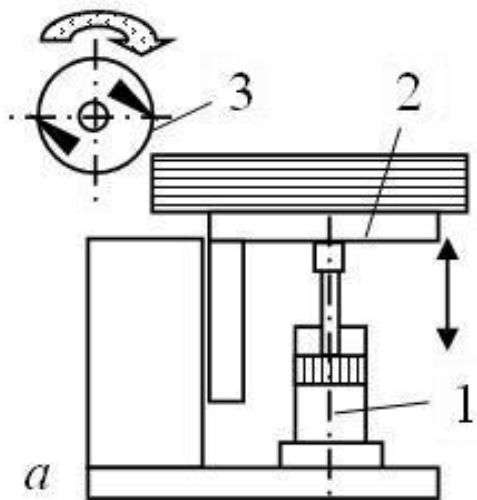
## Механизмы подачи



Гусеничный конвейер



Цепной конвейер

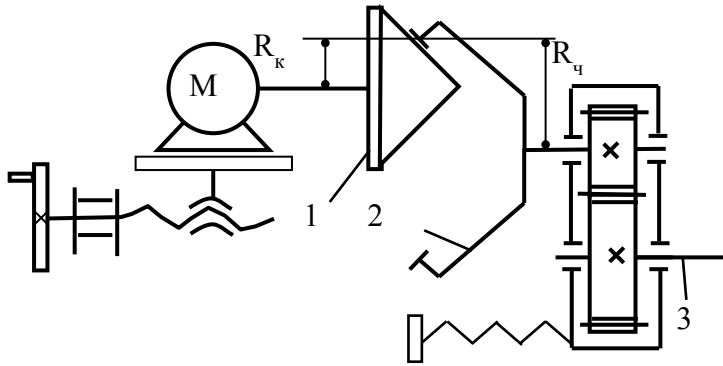


Столы: *a* – для  
вертикальной  
подачи;  
*б* – карусельный

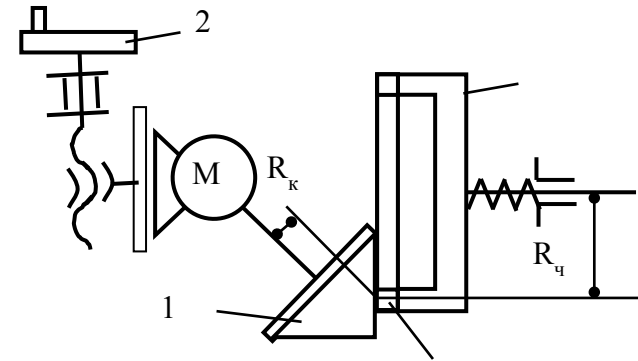
## Привод механизмов подачи

- **В нерегулируемом приводе** используется асинхронный электродвигатель трехфазного переменного тока с каким-либо редуктором или мотор-редуктор. В приводах используются различные редукторы: цилиндрические одноступенчатые узкие типа ЦУ с передаточным числом  $u = 2-6,3$ , двухступенчатые типа Ц2У с  $u = 8-40$ , конические цилиндрические типа КЦ1 с  $u = 6,3-28$ , червячные редукторы РЧУ с  $u = 8-80$  и др.
- Мотор-редукторы выпускаются одноступенчатые типа МЦ и двухступенчатые соосные типа МЦ2С. Частота вращения выходного вала мотор-редуктора первого типа выбирается в диапазоне 224-450 мин<sup>-1</sup>, а для второго типа – 28-180 мин<sup>-1</sup>.
- **Для ступенчатого регулирования** в приводе используют многоскоростные асинхронные электродвигатели или коробки скоростей, или многоступенчатые шкивы.
- **В приводах с бесступенчатым регулированием** используют электродвигатели переменного тока с частотным преобразователем или постоянного тока, или гидромоторы, которые позволяют плавно изменять частоту вращения вала в широком диапазоне.

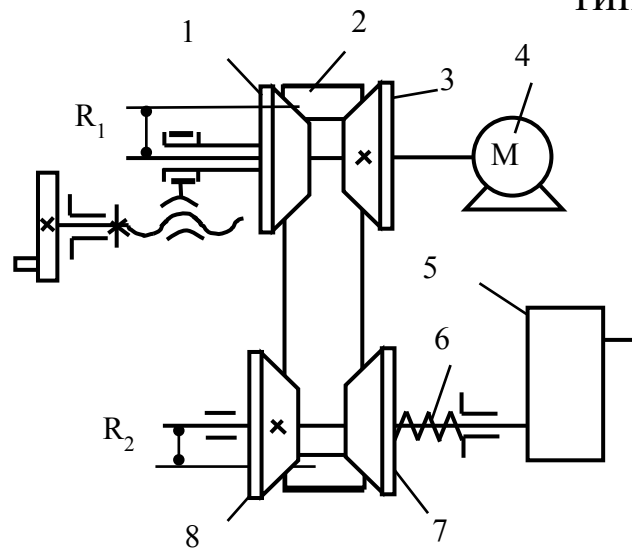
# Вариаторы скоростей



Конусный вариатор с параллельными валами



Конусный вариатор типа "Вебо"



Клиноременный вариатор



СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ =)

