

ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ
ОБЗОР ОСНОВНЫХ ВИДОВ МЕХАНИЗМОВ
Методические указания к практическим занятиям

ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В процессе занятия необходимо ознакомиться с основными группами и видами механизмов, их графическими изображениями. Научиться представлять реальный механизм в виде схемы.

В отчете необходимо изобразить и описать классические виды механизмов.

Ведущей отраслью современной техники является машиностроение. Прогресс машиностроения определяется созданием новых высокопроизводительных и надежных машин. Решение этой важнейшей проблемы основывается на комплексном использовании результатов многих научных дисциплин и, в первую очередь, теории механизмов и машин.

По мере развития машин содержание термина "машина" изменялось. Для современных машин дадим следующее определение: *машина есть устройство, создаваемое человеком для преобразования энергии, материалов и информации с целью облегчения физического и умственного труда, увеличения его производительности и частичной или полной замены человека в его трудовых и физиологических функциях.*

По выполняемым машинами функциям их делят на следующие классы:

- 1) Энергетические машины
- 2) Транспортные машины
- 3) Технологические машины
- 4) Контрольно-управляющие машины
- 5) Логические машины
- 6) Кибернетические машины

Определение термина "механизм" неоднократно менялось по мере того, как появлялись новые механизмы.

Механизм есть система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других тел. Если в преобразовании движения кроме твердых тел участвуют жидкие или газообразные тела, то механизм называется соответственно гидравлическим или пневматическим. С точки зрения функционального назначения механизмы делятся на следующие виды:

- 1) Механизмы двигателей и преобразователей
- 2) Передаточные механизмы
- 3) Исполнительные механизмы
- 4) Механизмы управления, контроля и регулирования
- 5) Механизмы подачи, транспортировки и сортировки обрабатываемых изделий и объектов
- 6) Механизмы автоматического счета, взвешивания и упаковки готовой продукции

Основным признаком механизма является преобразование механического движения. Механизм входит в состав многих машин, т. к. для преобразования энергии, материалов и информации требуется обычно

преобразование движения получаемого от двигателя. Нельзя отождествлять понятия "машина" и "механизм". Во-первых, кроме механизмов в машине всегда имеются дополнительные устройства, связанные с управлением механизмами. Во-вторых, есть машины, в которых нет механизмов. Например, в последние годы созданы технологические машины, в которых каждый исполнительный орган приводится в движение от индивидуального электро- или гидродвигателя.

При описании механизмов, они были разделены на отдельные группы по признаку их конструктивного оформления (рычажные, кулачковые, фрикционные, зубчатые и др.)

Механизмы образуются последовательным присоединением звеньев к начальному механизму.

ЗВЕНО – одна или несколько неподвижно соединенных друг с другом деталей, входящих в механизм и движущихся, как одно целое.

ВХОДНОЕ ЗВЕНО – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев. Входное звено соединено с двигателем либо с выходным звеном другого механизма.

ВЫХОДНОЕ ЗВЕНО – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм. Выходное звено соединено с исполнительным устройством (рабочим органом, указателем прибора), либо со входным звеном другого механизма.

Звенья соединяются друг с другом подвижно посредством кинематических пар: вращательных (шарнир) и поступательных (ползун).

ТРАЕКТОРИЯ движения *точки* (звена) – линия перемещения точки в плоскости. Это может быть прямая линия или кривая.

1. РЫЧАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Рычажными механизмами называют механизмы, в которые входят жесткие звенья, соединенные между собой вращательными и поступательными кинематическими парами. Простейшим рычажным механизмом является двухзвенный механизм, состоящий из неподвижного звена-стойки **2** (*Рис.1.1*) и подвижного рычага **1**, имеющего возможность вращаться вокруг неподвижной оси (обычно это начальный механизм).

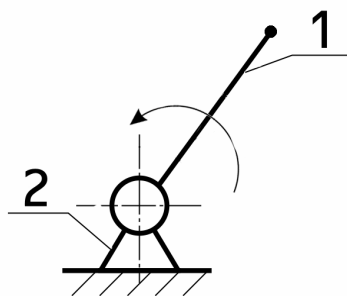


Рис.1.1 Двухзвенный рычажный механизм

К двухзвенным рычажным механизмам относятся механизмы многих ротационных машин: электромоторов, лопастных турбин и вентиляторов. Механизмы всех этих машин состоят из стойки и вращающегося в неподвижных подшипниках звена (ротора).

Более сложными рычажными механизмами являются механизмы, состоящие из четырех звеньев, так называемые четырёхзвенные механизмы.

На **Рис. 1.2** показан механизм шарнирного четырехзвенника, состоящего из трех подвижных звеньев 1, 2, 3 и одного неподвижного звена 4. Звено 1, соединенное со стойкой, может совершать полный оборот и носит название кривошипа. Такой шарнирный четырехзвенник, имеющий в своем составе один кривошип и одно коромысло называется кривошипно-коромысловым механизмом, где вращательное движение кривошипа посредством шатуна преобразуется в качательное движение коромысла. Если кривошип и шатун вытянуты в одну линию, то коромысло займет крайнее правое положение, а при наложении друг на друга – левое.

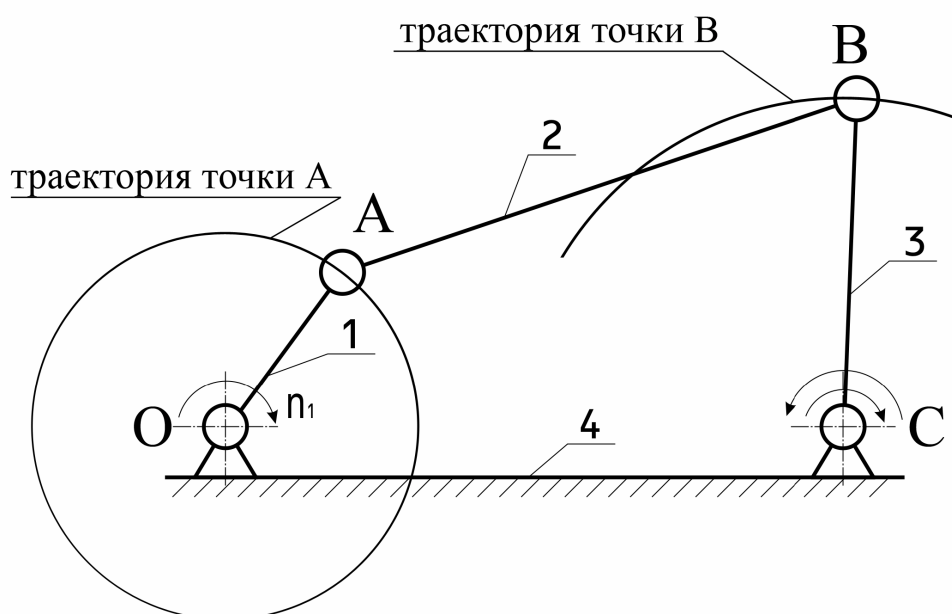


Рис. 1.2 Механизм шарнирного четырехзвенника

Примером такого механизма является механизм представленный на **Рис. 1.3**, где звено 1 – кривошип (входное звено), звено 2 – шатун, звено 3 – коромысло. Точка M_s двигаясь по кривой $M_1 - M'_1$ описывает траекторию $\alpha - \alpha$. Одни траектории могут быть воспроизведены рычажными механизмами теоретически точно, другие – приближенно, с достаточной для практики степенью точности.

Рассматриваемый механизм, называемый симметричным механизмом Чебышева, часто применяют в качестве кругового направляющего механизма, у которого $AB = BC = BM = 1$. При указанных соотношениях

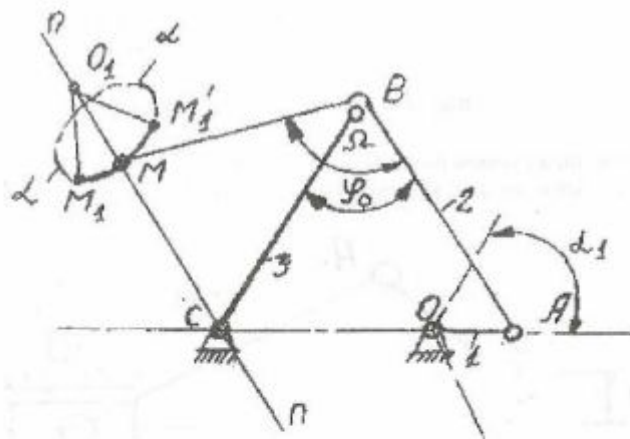


Рис. 1.3 Кривошипно-коромысловый механизм

точка M шатуна AB описывает траекторию, симметричную относительно оси $n - n$. Угол наклона оси симметрии к линии центров CO определяется: $\angle MCO = \pi - \Omega / 2$. Часть траектории точки M является дугой окружности радиуса O_1M , что может быть использовано в механизмах с остановкой выходного звена.

Другим примером четырехзвенника является широко распространенный в технике кривошипно-ползунный механизм (Рис. 1.4).

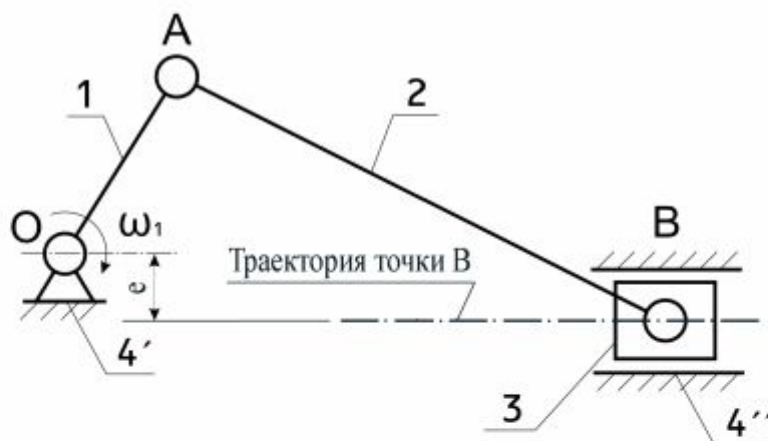


Рис. 1.4 Кривошипно-ползунный механизм

В этом механизме вместо коромысла устанавливается ползун, движущийся в неподвижной направляющей. Этот кривошипно-шатунный механизм применяют в поршневых двигателях, насосах, компрессорах и т.д. Если эксцентриситет e равен нулю, то получим центральный кривошипно-ползунный механизм или аксиальный. При e не равном нулю кривошипно-ползунный механизм называется нецентральным или дезаксиальным. Здесь вращение кривошипа OA через шатун AB преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна. Естественно крайние положения ползуна, будут при расположении кривошипа и шатуна в одну линию.

Если в рассмотренном механизме заменить неподвижную направляющую на подвижную, которая называется кулисой, то получим четырёхзвенный кулисный механизм с кулисным камнем. Примером такого механизма может служить кулисный механизм строгального станка (*Рис.1.5*). Кривошип *1*, вращаясь вокруг оси, через кулисный камень *2* заставляет кулису *3* совершать качательное движение. При этом кулисный камень относительно кулисы движется возвратно-поступательно.

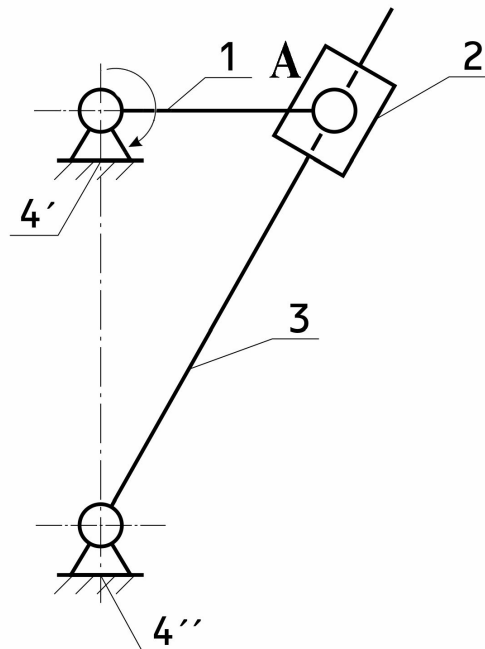


Рис. 1.5 Четырёхзвенный кулисный механизм

Крайние положения кулисы будут при перпендикулярном расположении к ней кривошипа. Построить такие положения просто: изображается окружность радиусом равным длине кривошипа (траектория движения точки *A*), и проводятся касательные из оси вращения кулисы.

Таким образом звенья могут совершать **поступательное, вращательное** или **сложное** движения.

2. КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Широкое распространение в технике получили кулачковые механизмы. Простейший кулачковый механизм – трехзвенный, состоящий из кулачка, толкателя и стойки. Входным звеном чаще всего бывает кулачок. Кулачковые механизмы бывают как плоскими, так и пространственными.

Плоские кулачковые механизмы для удобства рассмотрения разобьем на механизмы в зависимости от движения выходного звена на два вида:

1. Кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем (ползуном).

2. Кулачковый механизм с поворачивающимся толкателем (коромыслом).

Пример первого кулачкового механизма показан на **Рис.2.1**. Кулачок **1**, вращаясь с заданной угловой скоростью, действует на ролик **3** и заставляет толкатель **2** в виде ползуна двигаться в направляющих возвратно-поступательно.

На **Рис.2.2** приведена схема кулачкового механизма с поворачивающимся толкателем (коромыслом). Кулачок **1**, вращаясь с заданной угловой скоростью ω_1 , действует на толкатель **2** и заставляет последний вращаться вокруг оси вращения **A**.

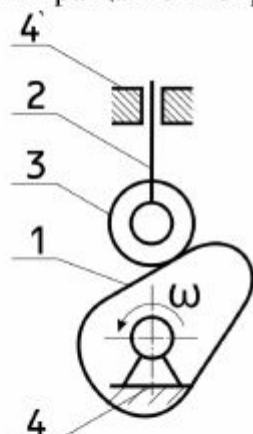


Рис.2.1 Механизм с поступательно-движущимся толкателем

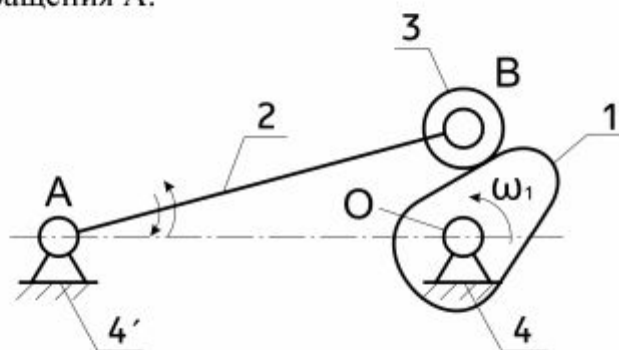


Рис.2.2 Кулачковый механизм с поворачивающимся толкателем

Кулачковые механизмы имеют разновидности в зависимости от геометрических форм элемента выходного (ведомого) звена и взаимного расположения толкателя и кулачка. Например, кулачковый механизм, показанный на **Рис.2.1** может иметь разные виды ведомых звеньев (**Рис.2.3**).

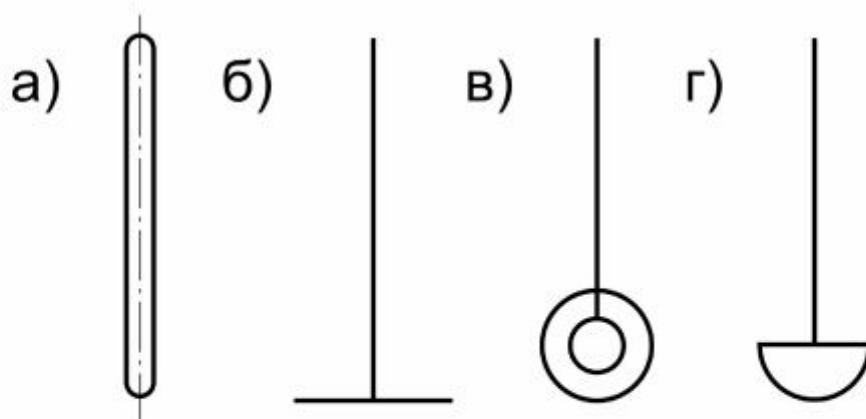


Рис.2.3 Виды ведомых звеньев, применяемые для кулачковых механизмов с поступательно движущимся выходным звеном:
а) толкатель с острием; б) с плоскостью; в) толкатель с роликом; г) толкатель со сферическим наконечником.

Кулачковые механизмы с поступательно движущимся ведомым звеном можно разделить на:

а) кулачковые механизмы с центральным толкателем, у которых направление движения толкателя совпадает с осью вращения кулачка (*Рис.2.4*);

б) кулачковые механизмы со смещенным толкателем (дезаксиальные), если ось толкателя отстоит на расстояние e – дезаксиал от оси вращения кулачка (*Рис.2.5*).

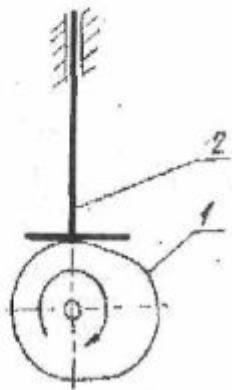


Рис.2.4 Кулачковый механизм с центральным толкателем

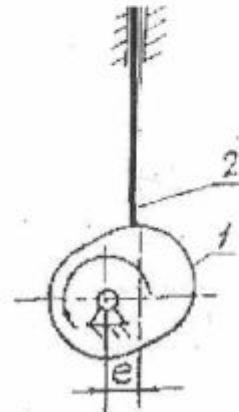


Рис.2.5 Кулачковый механизм со смещенным толкателем

При работе кулачковых механизмов необходимо, чтобы было постоянное соприкосновение ведущего и ведомого звеньев. Это может быть обеспечено либо **силовым замыканием**, чаще всего с помощью пружин (*Рис.2.6*), либо **геометрически**, если выполнить профиль кулачка *1* в форме **паза**, боковые поверхности которого воздействуют на ролик *3* толкателя *2*.

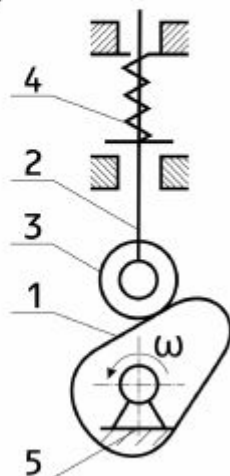


Рис.2.6 Кулачковый механизм с силовым замыканием

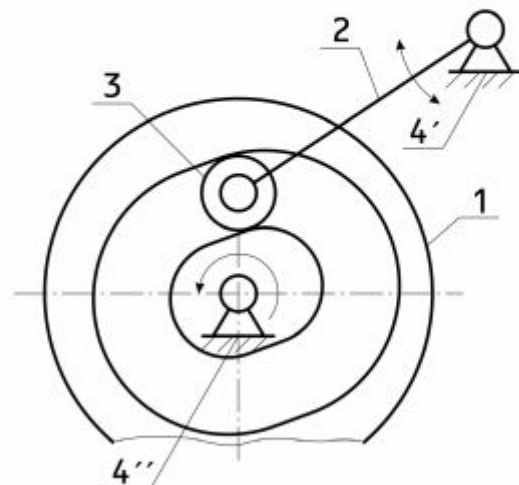


Рис.2.7 Кулачковый механизм с геометрическим замыканием

Пазовый кулачок обеспечивает геометрическое замыкание высшей пары кулачкового механизма (*Рис.2.7*).

Все рассмотренные выше кулачковые механизмы плоские. Часто встречаются пространственные кулачковые механизмы, которые весьма разнообразны по конструктивному оформлению. Наиболее распространенными пространственными кулачковыми механизмами являются механизмы барабанного типа (*Рис.2.8*). Цилиндрический кулачок *1* с профильным пазом, обеспечивающим кинематическое замыкание высшей пары, вращается с постоянной угловой скоростью и через ролик *3* сообщает качательное движение толкателю *2*, закон изменения которого зависит от очертания паза.

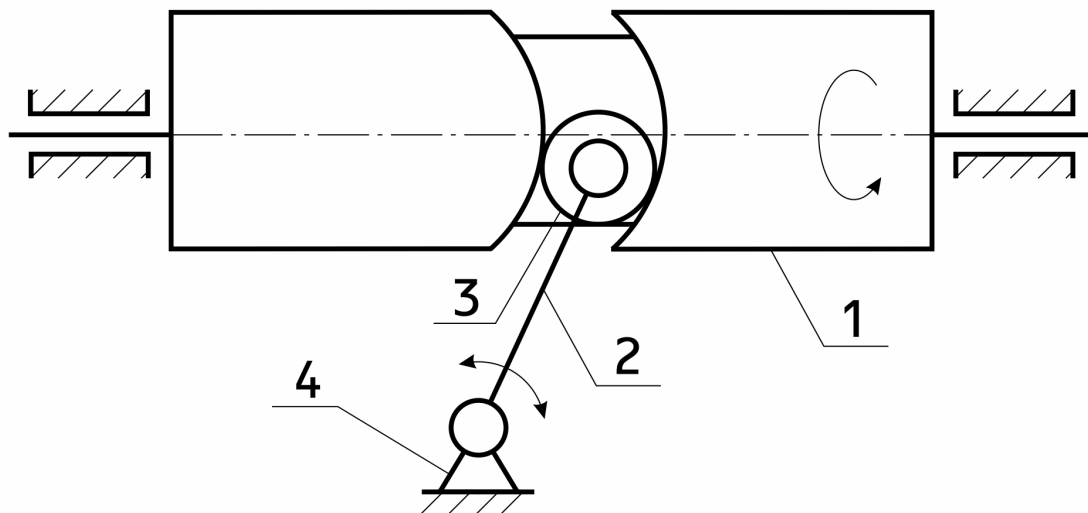


Рис.2.8 Пространственный кулачковый механизм барабанного типа

3. ФРИКЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

В фрикционных механизмах передача вращательного движения между звеньями (катками – роликами) осуществляется вследствие трения возникающего между ними. На *Рис.3.1* показан фрикционный механизм с цилиндрическими катками. Передача движения от ведущего катка *1* к ведомому катку *2* осуществляется силой трения, возникающей под действием пружины с силой равной Q .

Нами рассмотрен фрикционный механизм с цилиндрическими катками для передачи вращательного движения между параллельными валами. В передачах же с пересекающимися осями применяют фрикционные механизмы с коническими катками.

Достоинствами фрикционной передачи являются плавность работы и возможность осуществления бесступенчатого изменения передаточного отношения, а также реверсирования. Поэтому фрикционные передачи

широко применяют в машиностроении в качестве вариаторов. Простейший вариатор, называемый лобовым (*Рис.3.2*), состоит из диска *1* и ролика *2*.

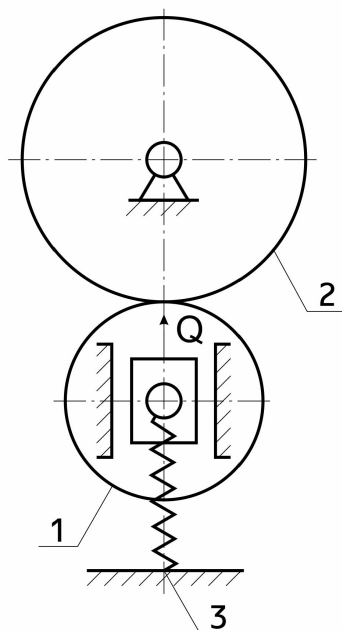


Рис.3.1 Фрикционный механизм с цилиндрическими катками

Ролик можно смещать вдоль оси O_2 , вследствие чего точка контакта M может занимать различные положения, определяемые расстоянием x . Это позволяет плавно регулировать величину и направление угловой скорости выходного звена.

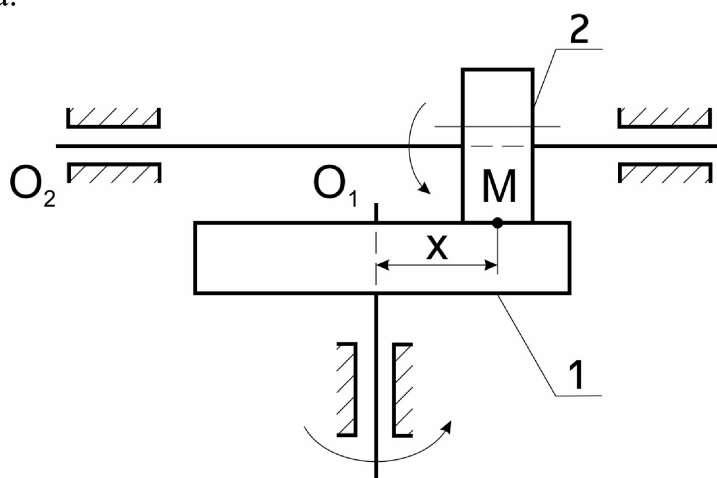


Рис.3.2 Лобовая фрикционная передача

В качестве вариаторов можно применять также фрикционные механизмы с коническими барабанами.

В процессе эксплуатации фрикционных механизмов, вследствие перегрузки или попадания масла на них, может наблюдаться

проскальзывание одного катка относительно другого. Поэтому фрикционные механизмы не обеспечивают постоянства передаточного отношения между ведущим и ведомым валами, что является существенным недостатком, который отсутствует у зубчатых механизмов.

4. ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Самое широкое применение в машинах и приборах находят зубчатые механизмы которые позволяют передавать вращательные движения от одного вала к другому с заданными угловыми скоростями.

В зависимости от расположения осей валов, между которыми осуществляется вращательное движение при постоянном значении передаточного отношения, различают передачи:

1. При параллельных валах
2. При пересекающихся валах
3. При скрещивающихся валах

1) На **Рис.4.1** показаны цилиндрические колеса с внешним зацеплением, а на **Рис.4.2** изображены цилиндрические колеса с внутренним зацеплением, где зубья одного из колес расположены по внутренней поверхности.

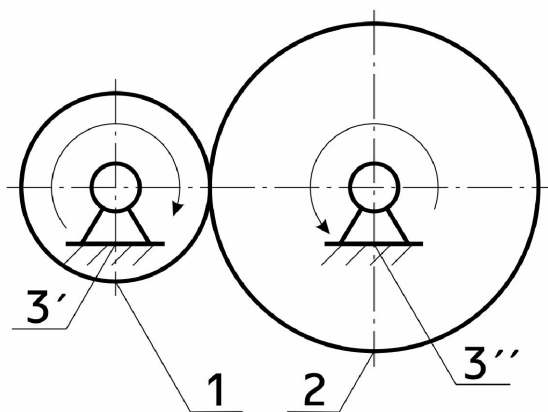


Рис.4.1 Зубчатый механизм с внешним зацеплением

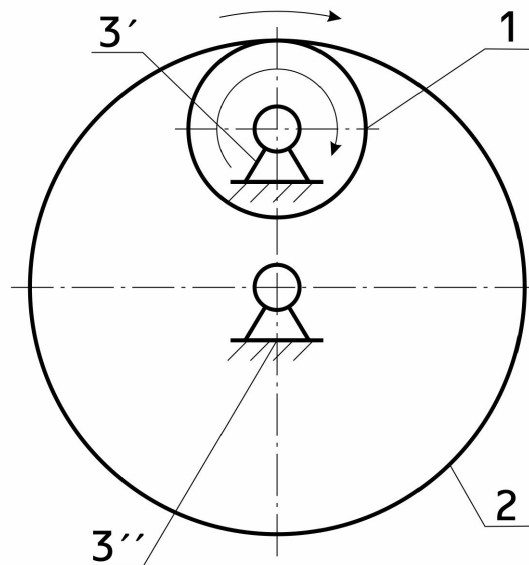


Рис.4.2 Зубчатый механизм с внутренним зацеплением

Наряду с прямозубыми, широкое распространение получили зубчатые колеса с косыми и шевронными зубьями.

Зубчатый механизм с реечным зацеплением имеет в составе зубчатую рейку 1 и зубчатое колесо 2 (**Рис.4.3**).

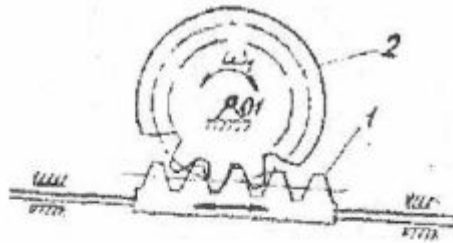


Рис.4.3 Зубчатый механизм с реечным зацеплением

2) При пересекающихся валах применяют конические колеса (**Рис.4.4**) с прямыми зубьями, а также с косыми, криволинейными и круглыми.

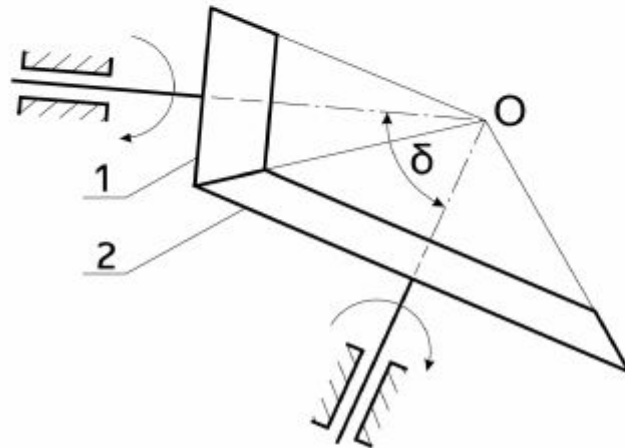


Рис.4.4 Коническая зубчатая передача

3) При скрещивающихся валах используется червячная передача (**Рис.4.5**), у которой входным звеном является червяк 1, а также могут применяться винтовые конические (гипоидные) колеса и винтовые цилиндрические (геликоидальные) колеса.

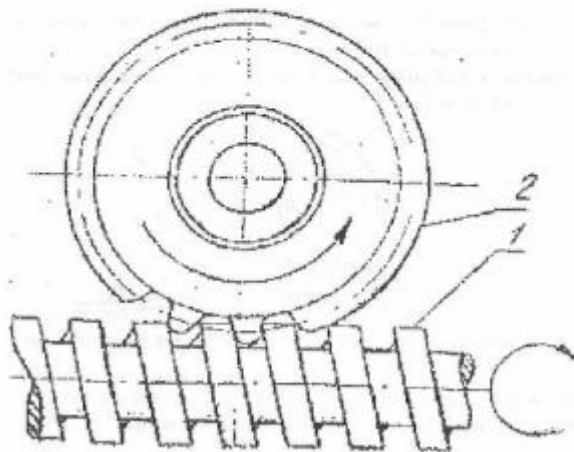


Рис.4.5 Червячная передача

По форме зуба передачи классифицируются:

- а) зубчатые передачи с эвольвентным профилем зубьев;
- б) передачи с циклоидным профилем зуба;
- в) косозубые передачи с зацеплением Новикова М.Л., имеющем в нормальном сечении круговой профиль зуба.

Зубчатые передачи осуществляются не только в виде отдельной пары зубчатых колес в одноступенчатой передаче, но и в более сложных комбинациях, образуя сложные механизмы. Различают два вида таких механизмов: многоступенчатые зубчатые механизмы с неподвижными осями и зубчатые механизмы с колесами, имеющими подвижные оси.

1. **Многоступенчатые** зубчатые механизмы с неподвижными осями подразделяются на рядовые и ступенчатые зубчатые механизмы.

1.1 **Рядовое** соединение зубчатых колес представляет собой последовательное соединение нескольких зубчатых колес (**Рис.4.6**).

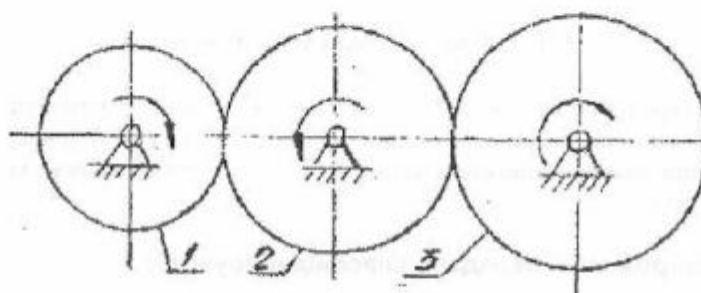


Рис.4.6 Рядовое соединение зубчатых колес

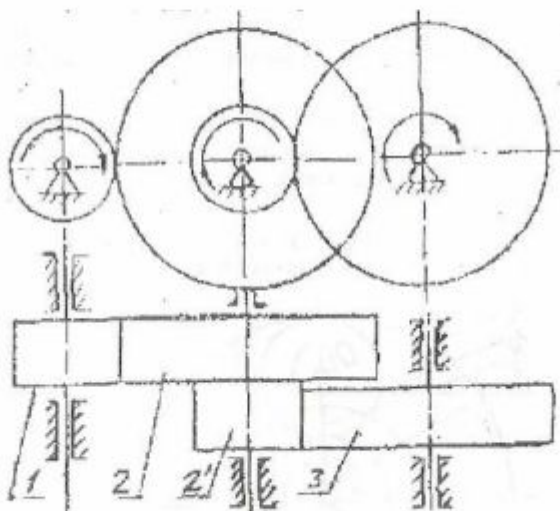


Рис.4.7 Двухступенчатый зубчатый механизм

1.2 В ступенчатых зубчатых механизмах последовательно соединяются несколько пар колес (**Рис.4.7**), так что на осях может быть помещено более одного колеса.

2. **Специальные** многоступенчатые механизмы имеют некоторые зубчатые колеса с подвижными осями (**Рис.4.8**). Здесь на подвижной оси O_2 находится колесо 2, которое при вращении водила H вокруг центральной оси O_1 обегает неподвижное (опорное) колесо 3 и вращается вокруг собственной оси.

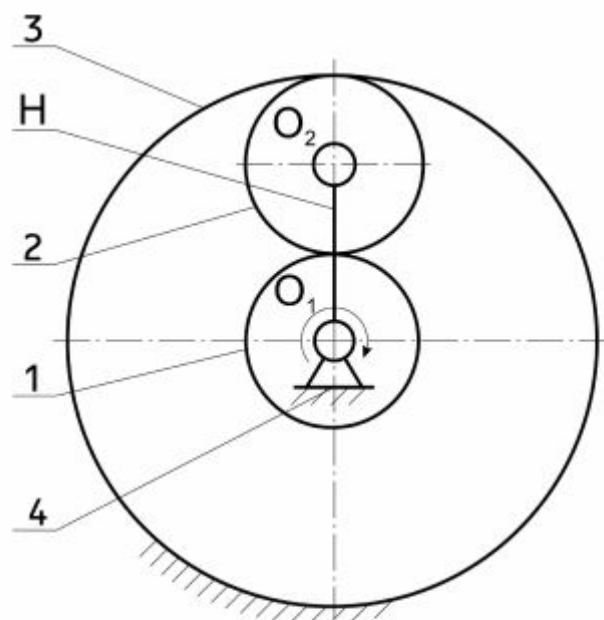


Рис.4.8 Планетарный зубчатый механизм

Колеса 1 и 3 называются центральными колесами (солнечным и корончатым), колесо 2 сателлит или планетарное колесо. Рассматриваемый зубчатый механизм называется **планетарным** и имеет одну степень под-

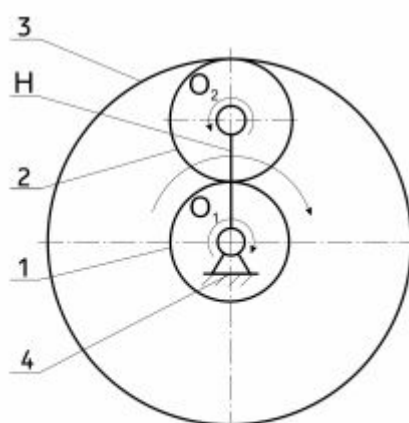


Рис.4.9 Дифференциальный механизм

вижности, т.к. имеется неподвижное колесо 3. Достаточно задать закон движения одному звену, чтобы все остальные звенья двигались определенно и целесообразно.

Иными словами работу механизма следует описать так: центральное колесо 1 сообщает движение сателлиту 2, который обкатывается по колесу 3 и увлекает за собой по часовой стрелке водило.

Планетарные механизмы компактны и используются для значительного уменьшения числа оборотов на выходе, при этом передаточные отношения могут быть более тысячи,

Планетарные механизмы, в которых все колеса подвижны, обладают двумя степенями подвижности и называются **дифференциальными** механизмами (**Рис.4.9**). Такой механизм должен иметь заданными законы движения двух звеньев.

К зубчатым механизмам относятся и **устройства прерывистого** движения: храповые механизмы, мальтийские механизмы и другие.

4. МЕХАНИЗМЫ С ГИБКИМИ ЗВЕНЬЯМИ

Кроме механизмов с твердыми звеньями, рассмотренными нами выше, в качестве промежуточных звеньев применяются гибкие звенья (ремни, канаты, цепи, ленты и т.д.). Механизмы с гибкими звеньями применяются при значительных межосевых расстояниях.

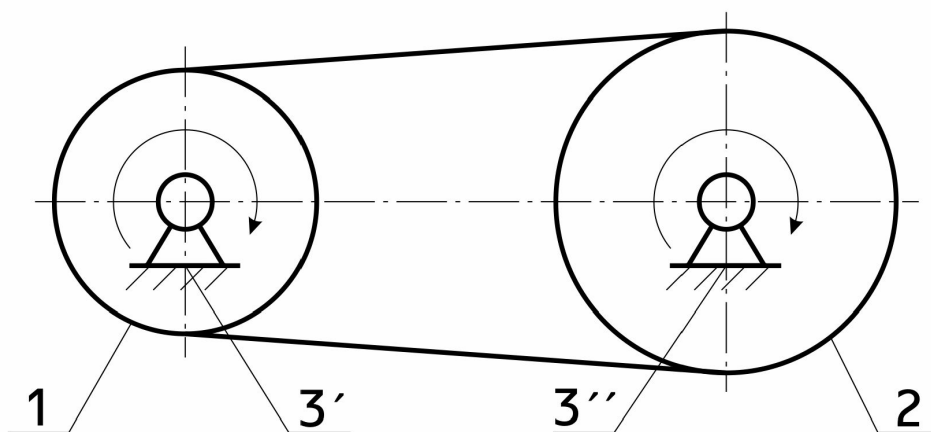


Рис.5.1 Открытая ременная передача

Ременные передачи по конструктивному оформлению подразделяются на:

- 1.Передачи с параллельными осями валов.
- 2.Передачи с непараллельными осями валов.

На **Рис.5.1** показан простейший пример открытой ременной передачи, у которой вращение шкивов 1 и 2 происходит в одном и том же направлении. Передача ремнем осуществляется за счет трения возникающего между шкивом и ремнем. **Ремень** может быть **плоский, клиновой или зубчатый**.

В перекрестной ременной передаче (*Рис.5.2*) вращение шкивов *1* и *2* происходит в разных направлениях.

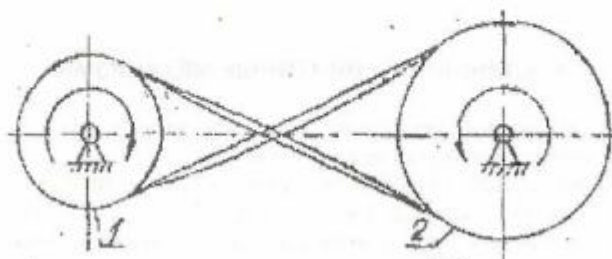


Рис.5.2 Перекрестная ременная передача

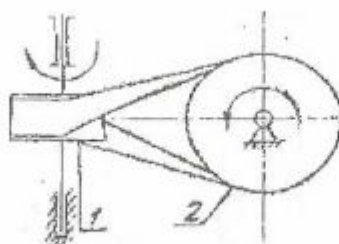


Рис.5.3 Полуперекрестная ременная передача

Примерами передачи с непараллельными осями валов может служить полуперекрестная ременная передача (**Рис.5.3**), применяемая при передаче вращения между скрещивающимися валами.

Для обеспечения необходимой силы трения между ремнем и шкивами, ремень должен быть натянут. Простейшее натяжное приспособление показано на **Рис.5.4**, где ролик 3 установлен на рычаге 4, который вращается вокруг оси В. На противоположном плече рычага закреплен груз 5, перемещением которого вдоль рычага достигается регулировка силы натяжения.

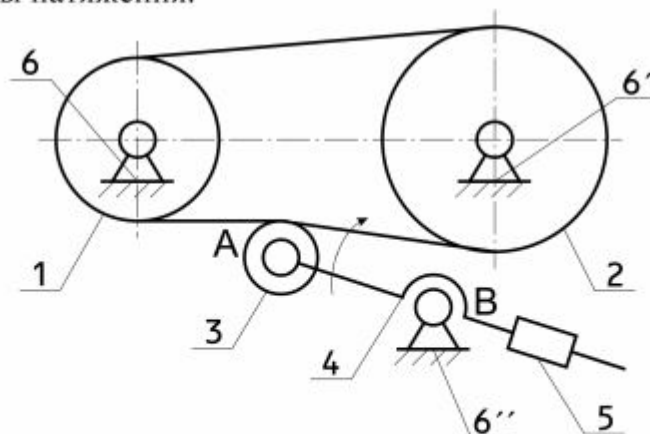


Рис.5.4 Открытая ременная передача с натяжным роликом

6. КЛИНОВЫЕ И ВИНТОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Эти механизмы трехзвенные. Они состоят из стойки и двух подвижных звеньев, образующих три кинематические пары.

1) Трехзвенный клиновой механизм простейшего вида, показанный на **Рис.6.1**, состоит из клиньев **1** и **2** и стойки **3**. Он служит для преобразования одного прямолинейного движения в другое. Например, в механизме клинчатого пресса, клин **1**, движущийся под действием силы F_1 , перемещает вверх клин **2**, преодолевая усилие F_2 . Эти механизмы применяются для различного вида прессов, поглощающих аппаратов железнодорожных автосцепок, зажимов, механизмов подачи деталей и т.д.

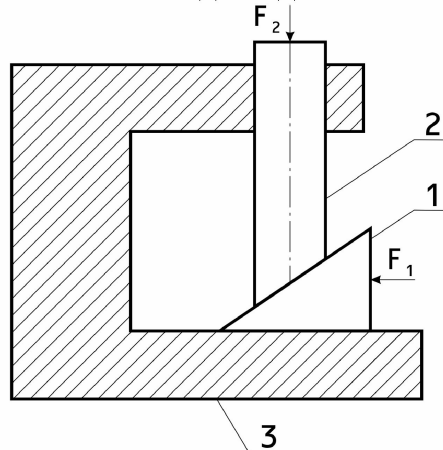


Рис.6.1 Простой клиновой механизм

2) Трехзвенный винтовой механизм (**Рис.6.2**) состоит из винта **1**, гайки **2** и стойки **3**. Он предназначен для преобразования вращательного движения винта в поступательное движение гайки по направляющим стойки. Винтовой механизм, иначе называемый передачей винт - гайка, применяют для осуществления перемещений, связанных с теми или иными технологическими процессами (винты прессов, ходовые винты станков, домкраты, струбины, съемники и т. д.).

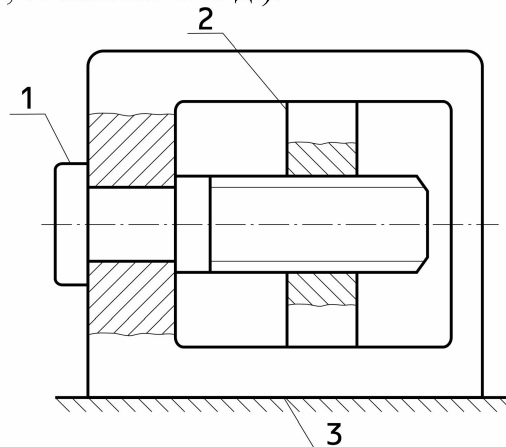


Рис.6.2 Трехзвенный винтовой механизм

7. МЕХАНИЗМЫ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ И ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Простейший механизм с гидравлическим устройством является гидравлический пресс (*Рис. 7.1*). Его можно рассматривать как четырехзвенный механизм, в котором ведущим звеном может быть один из поршней, например *1*, ведомым — поршень *2*. Жидкость *3* является звеном, передающим движение от ведущего к ведомому поршню с выигрышем в силе. Здесь емкость *4* — стойка.

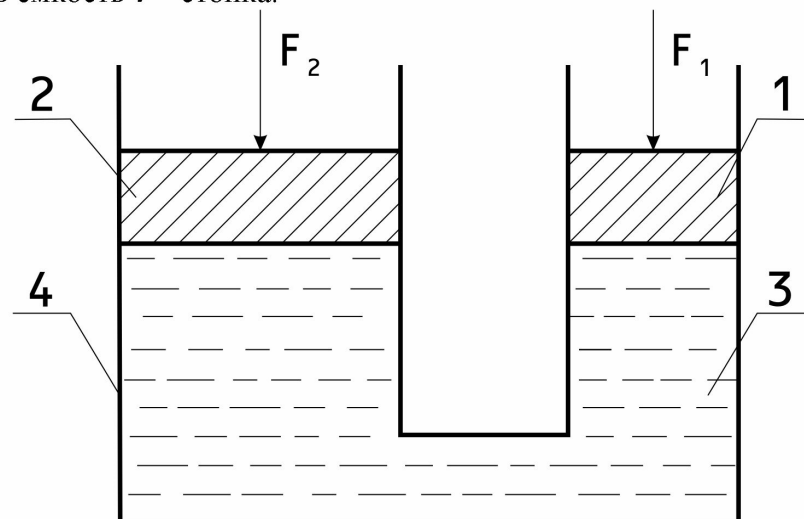


Рис. 7.1 Гидравлический пресс

Аналогичное устройство имеют многие механизмы, в которых используется сжатый воздух, например, различные станочные приспособления, инструменты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов К.В., Попов С.А. и др. Теория механизмов и механика машин – учебник для ВТУЗов. М.: Высшая школа, 2003 – 265 с.
2. Марченко С.И., Марченко Е.П., Логинова Н.В. Теория механизмов и машин. Ростов н/Д.: Феникс, 2003 – 312 с.
3. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др. Теория механизмов и машин. М.: Высшая школа, 2001 – 496.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988 – 583 с.
5. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование - учебное пособие. М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003 - 262 с.
6. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика – учебник для ВУЗов. М.: Высшая школа, 1989 – 398 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. <u>Цель и содержание</u>	<u>3</u>
2. <u>Рычажные механизмы</u>	<u>4</u>
3. <u>Кулачковые механизмы</u>	<u>7</u>
4. <u>Фрикционные механизмы</u>	<u>10</u>
5. <u>Зубчатые механизмы</u>	<u>12</u>
6. <u>Механизмы с гибкими звеньями</u>	<u>16</u>
7. <u>Клиновые и винтовые механизмы</u>	<u>18</u>
8. <u>Механизмы с гидравлическими и пневматическими устройствами</u>	<u>19</u>
9. <u>Литература</u>	<u>20</u>