

Лекция 2. **ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

Краткое содержание: Классификация звеньев. Классификация кинематических пар. Методы исследования механизмов. Понятие о структурном анализе и синтезе. Рациональная структура механизма. Методы определения и устранения избыточных связей и местных подвижностей.

2.1. Классификация звеньев

Составные части механизма называется элементами механизма. Чтобы механизм мог производить требуемые движения и передавать необходимые силы, несколько его элементов должны иметь достаточную жесткость, т.е. должны быть твердыми телами. Входящие в механизм твердые тела, образующие между собой подвижные соединения, называются звеньями механизма. Обычно звено состоит из нескольких неподвижно соединенных элементов или деталей.

Название звеньев определяется их функциональным назначением и видом относительного движения.

Неподвижное звено механизма, служащее базой для крепления всех других звеньев, называется *стойкой* (станина станков, блок-картер двигателя, рама и т. д.).

В зависимости от характера движения звеньев относительно стойки они называются:

кривошипом – звено рычажного механизма, совершающего полный оборот вокруг оси, связанной со стойкой;

коромыслом – звено, совершающее неполный оборот вокруг оси, связанной со стойкой;

шатуном – звено рычажного механизма, совершающее плоскопараллельное движение;

ползуном – звено рычажного механизма, совершающее поступательное перемещение относительно стойки или другого звена;

кулисой – подвижное звено рычажного механизма, являющееся направляющей для ползуна (камня);

кулачком – звено, профиль которого, имея переменную кривизну, определяет закон движения ведомого звена (толкателя);

зубчатым колесом – звено с замкнутой системой зубьев, обеспечивающее за свой полный оборот непрерывное движение парного звена.

Условные изображения звеньев представлены на рис.2.1 и 2.2.

Звенья механизма, к которым подводится механическая энергия, называются *входными*. Звенья механизма, выполняющие непосредственно технологический процесс, называются *выходным*, или *исполнительными*. Часто в качестве входных звеньев механизмов используется кривошипный вал, а в качестве исполнительного звена – ползун (например, нож режущего аппарата, комбайна поршень компрессора).

В любом механизме подвижные звенья входят в соединения между собой или с неподвижным звеном так, что всегда имеет место возможность движения одного звена относительно другого.

Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающих их относительное движение, называется *кинематической парой*. Поверхности, линии и точки, по которым соприкасаются звенья, называются *элементами кинематических пар*. Все главные свойства механизма зависят от вида кинематических пар.

Наименование	Эскиз	Движение	Особенности
Стойка		Отсутствует	–
Кривошип		Вращательное	Полный оборот вокруг оси вращения
Коромысло		Колебательное	Неполный оборот, возвратное движение
Шатун		Плоскопараллельное	Нет пар, связанных со стойкой
Ползун		Поступательное	Возвратное движение

Рис.2.1. Классификация звеньев механизма и их условное обозначение.

Наименование	Эскиз	Движение	Особенности
Кулиса		Колебательное, вращательное	Направляющая для ползуна
Кулиса		Плоскопараллельное	Направляющая для ползуна
Кулиса		Поступательное	Возвратное движение, направляющая для ползуна

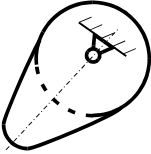
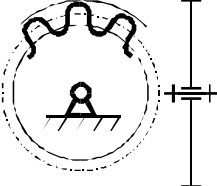
Кулачок		Вращательное	Профиль определяет движение ведомого звена
Зубчатое колесо		Вращательное	Зубчатый контур

Рис.2.2. Классификация звеньев по виду движения.

2.2. Кинематические пары, их свойства и классификация

Приступая к изучению свойств и классификации кинематических пар, прежде всего, обратите внимание на то, что какими звеньями они образованы и какую роль выполняют эти звенья в механизме.

Кинематические пары, элементами которых являются поверхности, называются *низшими кинематическими парами*. Если звенья соприкасаются по линиям и точкам, то кинематические пары называются *высшими*. Низшие кинематические пары позволяют передавать большие усилия, более технологичны и меньше изнашиваются, чем высшие кинематические пары. Образование низшей кинематической пары возможно только в случае, когда элементы соприкасающихся звеньев имеют во всех точках одинаковые радиусы кривизны. Известны три кривые, имеющие во всех точках одинаковый радиус кривизны: прямая, окружность и винтовая линия. Поэтому элементы низших кинематических пар выполняются в виде плоскости, кругового цилиндра, поверхности шара и винта. Эти поверхности позволяют образовать шесть различных кинематических пар. Названия, конструктивное исполнение и условное изображение которых представлены на рис.1.4.

Класс	Число степеней свободы	Примеры кинематических пар и их условное обозначение	Класс	Число степеней свободы	Примеры кинематических пар и их условное обозначение
V	1		IV	2	
V	1		III	3	

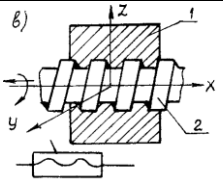
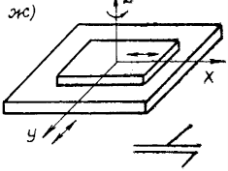
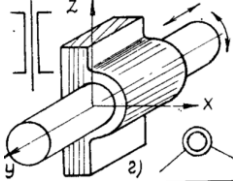
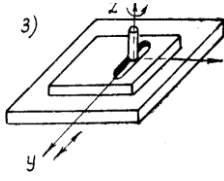
IV	1		III	3	
IV	2		IV	2	

Рис.2.3. Классификация низших кинематических пар по видам относительного движения.

Разновидностей высших кинематических пар больше, чем низших, и с их помощью можно практически осуществить любой закон движения выходного звена механизма. Кинематическая пара существует, если ее элементы соприкасаются, т.е. если она замкнута. Кинематические пары

Разновидностей высших кинематических пар больше, чем низших, и с их помощью можно практически осуществить любой закон движения выходного звена механизма. Кинематическая пара существует, если ее элементы соприкасаются, т.е. если она замкнута. Кинематические пары имеют геометрическое или силовое замыкание (с помощью пружин, сил тяжести и т.д.). Главным свойством кинематической пары является то относительное движение, которое пара позволяет совершить соединенным звеньям.

Свободное твердое тело (рис.2.4) в пространстве имеет шесть независимых движений (степеней свободы): три поступательных движения вдоль осей координат x , y , z и три вращательных движения вокруг этих осей.

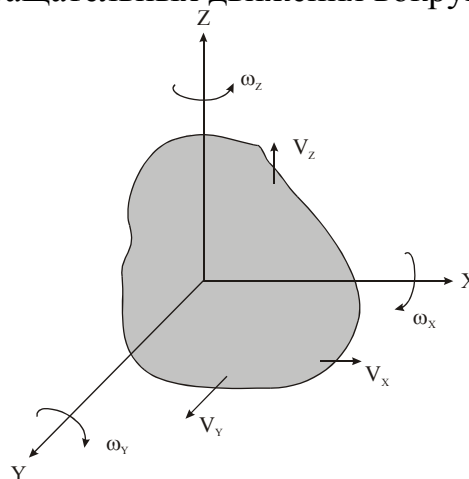


Рис.2.4. Вид возможного движения свободного тела в пространстве.

Условие соприкосновения двух звеньев в кинематической паре накладывает ограничения, т.е. связи S на их относительное движение. Если одно из звеньев кинематической пары связать с неподвижной системой

координат x , y , z (рис.2.4), то число степеней свободы второго звена определяется по формуле

$$W = 6 - S, \quad (2.1)$$

где S – число связей (ограничений), налагаемых элементами пары на относительное движение звеньев.

Числом ограничений, наложенных на относительное движение звеньев, определяется класс кинематических пар. Например, звенья 1 и 2 (см. рис.2.3, а, б, в) могут совершать относительно друг друга только одно независимое движение: а) вращательное; б) поступательное; в) винтовое. Все другие движения этих звеньев относительно осей координат XYZ исключаются ограничивающими буртиками и взаимоохватывающими поверхностям. Такие кинематические соединения относятся к V классу ($W = 1$; $S = 5$).

Два независимых движения звеньев допускают кинематические пары, изображенные на рис. 2.2, з, д.

Такое подвижное соединение звеньев относится к кинематическим парам IV класса ($W = 2$; $S = 4$).

Если связи, наложенные на звенья, исключают три движения относительно координатных осей ($W = 3$; $S = 3$), то такие кинематические пары относятся к III классу (см. рис.4, е, ж).

Подвижные соединения двух звеньев по линии или в точке образуют высшие кинематические пары VI и III классов используются в плоских, а II и I классов – в пространственных механизмах.

Ограничивая относительное перемещение тел дополнительными устройствами, можно изменить класс существующей кинематической пары (см. рис.2.3, д, з).

Отметить очень важное обстоятельство: число наложенных подвижным соединением связи (номер кинематических пар) равняется числу независимых составляющих реакций сил и моментов (пар сил), которые одно звено соединения может передать другому. Например, вращательная кинематическая пара V класса (рис.2.3) исключает относительное движение звеньев вдоль осей x , y , z и вращательное вокруг осей x и z . Следовательно, эта пара позволяет передавать от звена к звену силы вдоль осей x , y , z и моменты относительно осей x и z .

Таким образом, каждая связь позволяет передавать через подвижное соединение одну силу или один момент. Гибкие звенья – ремни, цепи, канаты – также и жидкость в замкнутом объеме (жидкость в гидроцилиндре), можно рассматривать как кинематические связи, устанавливающие вполне определенное соотношение между перемещениями звеньев, связываемых ими. Такие кинематические связи эквивалентны кинематическим парам I класса.

В технике часто по конструктивным соображениям между звеньями, образующими кинематическую пару, вводят промежуточные элементы, например, ролики и шарики в подшипниках, которые обеспечивают соприкосновение между звеньями в точках (признак высших кинематических пар). Однако эти сложные соединения сохраняют относительное движение звеньев и по числу связей относятся к низшим кинематическим парам, так как обеспечивают соприкосновение соединяемых звеньев по многочисленным точкам касания промежуточных элементов. Такие соединения обеспечивают высокую стойкость при больших скоростях

вследствие распределения передаваемой нагрузки по этим точкам касания промежуточных элементов.

Следует еще раз подчеркнуть, что всякая кинематическая пара является физической моделью реального соединения звеньев.

В зависимости от постановки задачи одно и то же кинематическое соединение может описываться различными кинематическими парами. Так, например, в любом реальном цилиндрическом шарнире существуют зазоры как радиальные, так и осевые. В ряде задач с учетом этих зазоров шарнир приходится рассматривать либо как вращательную, либо как цилиндрическую или сферическую пару.

2.4. Степень свободы механизмов

Система, состоящая из m свободных твердых звеньев, имеет в пространстве $6m$ степеней свободы. Если соединить эти звенья кинематическими парами, то получим связанную систему тел, которая называется *кинематической цепью*. Механизм представляет собой частный вид кинематической цепи, у которой одно звено обращено в стойку. Если все точки звеньев описывают траектории, лежащие в параллельных плоскостях, то механизм называется плоским. Если же точки звеньев перемещаются по неплоским траекториям, то механизм называется пространственным.

Следует помнить, что если для соединения n звеньев между собой применены только низшие кинематические пары (рис.2.5), то механизм называют рычажным. Механизмы, имеющие одни вращательные пары V класса, называют шарнирными. Соответственно числу звеньев, включая стойку O, механизмы именуют четырехзвенными, шестизвенными и так далее. Отличительной чертой кинематической цепи, образующей механизм, является подвижность и определенность движения ее звеньев относительно стойки. Стойка, с которой связывают неподвижную систему координат, лишена всех 6 степеней свободы. Число подвижных звеньев механизма n будет равно $m - 1$. Таким образом, число степеней свободы пространственного механизма определится формулой профессора А.П. Малышева (1923 г.):

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1, \quad (2.2)$$

где: P_5, P_4, P_3, P_2, P_1 , – число кинематических пар V, IV, III и т.д. классов, используемых в данном механизме.

Число степеней свободы, подсчитанное по формуле (1.2), указывает на число ведущих звеньев в механизме. Если степень свободы $W = 1$, то положение всех звеньев механизма однозначно определяется положением ведущего звена, т.е. одной обобщенной координатой. Если степень свободы механизма $W = 2$, то для однозначного определения положения любого звена в пространстве необходимы две обобщенные координаты. Следовательно, число степеней свободы определяет число обобщенных координат механизма или число его ведущих звеньев (приводов).

В плоских механизмах каждое звено имеет не более трех степеней свободы, а пары налагают лишь два или одно условие связи. Поэтому степень подвижности плоских механизмов определяется по формуле профессора П. Л. Чебышева (1869 г.)

$$W = 3n - 2P_2 - P_4. \quad (2.3)$$

Рассмотрим некоторые примеры.

На рис.1.6 показан механизм платформы, у которой звенья 0 и 1 – 6 образуют неподвижные три вращательные пары и три поступательные пары ($p_5 = 6$). По своей структуре – это пространственный механизм.

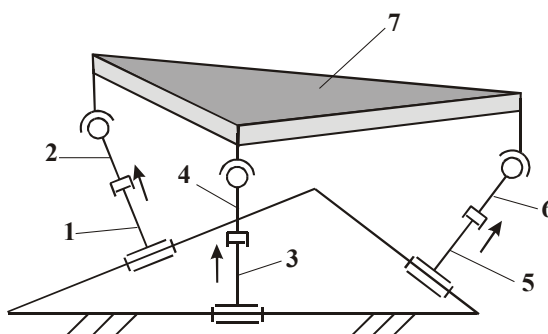


Рис.2.5. Механизм платформы.

Звенья 2, 4, 6 и 7 входят в три трехподвижные сферические пары ($p_3 = 3$). Число подвижных звеньев $n = 7$. Число степеней подвижности, определяемое по формуле (1.2),

$$W = 6 \cdot 7 - 5 \cdot 6 - 3 \cdot 3 = 3.$$

Что совпадает с числом входов $n = 3$. Входы на рис.1.6 показаны стрелками.

Применим формулу (1.3) для определения степени подвижности плоского механизма, изображенного на рис.2.6. В этом механизме три подвижных звена ($n = 3$) соединены со стойкой и между собой тремя вращательными и одной поступательной кинематическими парами V класса ($P_5 = 4, P_4 = 0$). По формуле 1.3 определим

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

Если положение звена 1 будет определяться углом φ (рис.1.7), то все остальные звенья механизма займут строго определенное положение на плоскости. В этом примере в качестве обобщенной координаты принят угол φ , который однозначно определяет положение входного звена 1, а, следовательно, и всего механизма.

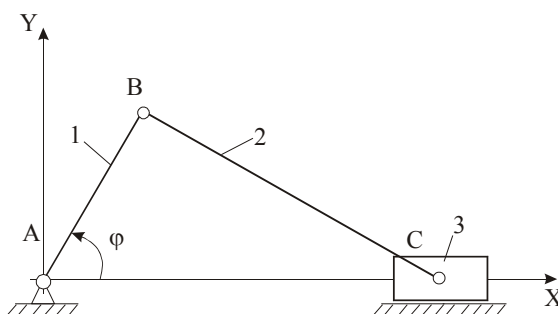


Рис.2.6. Структурная схема рычажного механизма.

В практике машиностроения нашли широкое применение плоские зубчатые и зубчато-рычажные механизмы. Для соединения звеньев таких механизмов используются не только кинематические пары V класса, но и высшие пары IV класса. В качестве примера на рис.1.8 приведена схема зубчатого механизма, которая нашла применение в различных механизмах

передаточных современных транспортных и сельскохозяйственных машинах. В рассматриваемом механизме зубчатое колесо 4 заторможено и поэтому оно выполняет роль стойки. С колесами 1 и 4 находятся в постоянном зацеплении сателлиты (2-3).

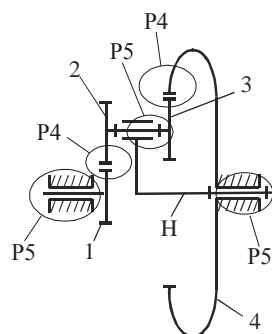


Рис.2.7. Структурная схема зубчатого механизма.

Следовательно, зубчатые колеса в точках зацепления образуют три кинематические пары IV класса ($P_4 = 2$). Колесо 1 образует со стойкой кинематическую пару V класса, водило (Н) образует со стойкой и блоком сателлитов две кинематические пары V класса. Таким образом, $P_5 = 3$.

Степень подвижности механизма

$$W = 3n - 2P_2 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1.$$

В данном механизме за выходное звено следует принять колесо 1, а за выходное водило – Н. Обратите внимание, что если в плоском механизме для соединения звеньев используются сферические и цилиндрические кинематические пары, то в формуле (1.3) они учитываются как одноподвижные шарниры V класса.

Структура механизмов.

Как отмечалось выше, структура любой технической системы определяется функционально связанной совокупностью элементов и отношений между ними. При этом для механизмов под элементами понимаются звенья, группы звеньев или типовые механизмы, а под отношениями подвижные (КП) или неподвижные соединения. Поэтому под структурой механизма понимается совокупность его элементов и отношений между ними, т.е. совокупность звеньев, групп или типовых механизмов и подвижных или неподвижных соединений. Геометрическая структура механизма полностью описывается заданием геометрической формы его элементов, их расположения, указания вида связей между ними. Структура механизма может быть на разных стадиях проектирования описываться различными средствами, с разным уровнем абстрагирования: на функциональном уровне - функциональная схема, на уровне звеньев и структурных групп - структурная схема и т.п. Структурная схема - графическое изображение механизма, выполненное с использованием

условных обозначений рекомендованных ГОСТ (см. например ГОСТ 2.703-68) или принятых в специальной литературе, содержащее информацию о числе и расположении элементов (звеньев, групп), а также о виде и классе кинематических пар, соединяющих эти элементы. В отличие от кинематической схемы механизма, структурная схема не содержит информации о размерах звеньев и вычерчивается без соблюдения масштабов. (Примечание: кинематическая схема - графическая модель механизма, предназначенная для исследования его кинематики.)

Понятие о структурном синтезе и анализе.

Как на любом этапе проектирования при структурном синтезе различают задачи синтеза и задачи анализа.

Задачей структурного анализа является задача определения параметров структуры заданного механизма - числа звеньев и структурных групп, числа и вида КП, числа подвижностей (основных и местных), числа контуров и числа избыточных связей.

Задачей структурного синтеза является задача синтеза структуры нового механизма, обладающего заданными свойствами: числом подвижностей, отсутствием местных подвижностей и избыточных связей, минимумом числа звеньев, с парами определенного вида (например, только вращательными, как наиболее технологичными) и т.п.

Основные понятия структурного синтеза и анализа.

Подвижность механизма - число независимых обобщенных координат однозначно определяющее положение звеньев механизма на плоскости или в пространстве.

Связь - ограничение, наложенное на перемещение тела по данной координате.

Избыточные (пассивные) - такие связи в механизме, которые повторяют или дублируют связи, уже имеющиеся по данной координате, и поэтому не изменяющие реальной подвижности механизма. При этом расчетная подвижность механизма уменьшается, а степень его статической неопределимости увеличивается. Иногда используется иное определение: Избыточные связи - это связи число которых в механизме определяется разностью между суммарным числом связей, наложенных кинематическими парами, и суммой степеней подвижности всех звеньев, местных подвижностей и заданной (требуемой) подвижностью механизма в целом.

Местные подвижности - подвижности механизма, которые не оказывают влияния на его функцию положения (и передаточные функции), а введены в механизм с другими целями (например, подвижность ролика в кулачковом механизме обеспечивает замену в высшей паре трения скольжения трением качения).

2.5. Структура и классификация плоских механизмов

2.5.1. Принцип построения механизмов

В любом механизме имеются входное и выходные звенья. Входные и выходные звенья соединяются между собой промежуточными. К входному звену подводится поток мощности от двигателя. Поэтому оно называется ведущим. Все остальные звенья образуют ведомую цепь. Последнее звено в кинематической цепи называется выходным или исполнительным.

Следует помнить, что ведущее звено (или звенья), присоединенные к стойке, образуют ведущую цепь или начальный механизм. Чаще всего это вращательное движение относительно оси, связанной со стойкой, или поступательное движение относительно стойки.

Под первичным механизмом понимают механизм, состоящий из двух звеньев (одно из которых неподвижное) образующих кинематическую пару с одной $W_{nm}=1$ или несколькими $W_{nm} > 1$ подвижностями. Примеры первичных механизмов даны на рис. 2.7.

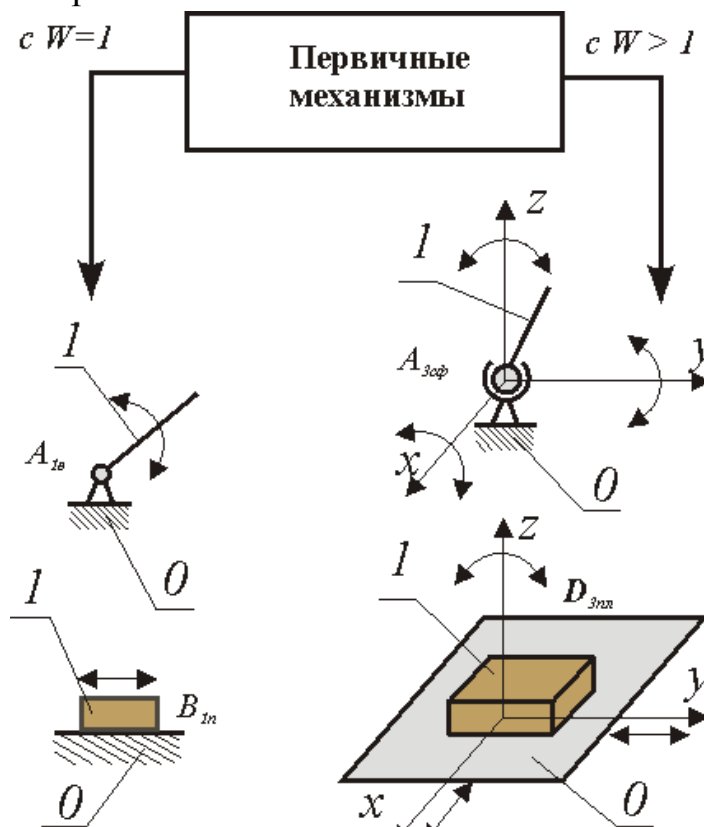


Рис. 2.7

Структурной группой Ассура (или группой нулевой подвижности) называется кинематическая цепь, образованная только подвижными звеньями механизма, подвижность которой (на плоскости и в пространстве) равна нулю ($W_{zp} = 0$).

На рис.1.9, а ведущую цепь образуют кривошип 1 и стойка 0, а ведомую – шатуны 2,4, коромысло 3 и ползун 5. Если ведомую цепь отсоединить от

ведущей и теми же самыми подвижными элементами присоединить к стойке (рис.1.9, в), то подвижность ведомой цепи станет равна нулю. т.е. она превратится в ферму. В большинстве механизмов ведомую цепь можно разделить на части (рис.2.9, д), каждая из которых при присоединении свободными элементами к стойке превращается в ферму, т.е. будет иметь подвижность, равную нулю:

$$W = 3n - 2P_5 = 0. \quad (2.3)$$

Из зависимости (1.4) легко установить количество звеньев и кинематических пар, входящих в ведомую цепь плоского рычажного механизма или в отдельные ее составляющие части (см. рис.2.9, в, г, д).

$$n = \frac{2}{3} P_5. \quad (2.3)$$

Обратите внимание, что в соответствии с (1.5) в ведомую цепь механизма или отдельную ее часть может входить только четное число звеньев, соединенных между собой и стойкой числом кинематических пар, делящихся без остатка на три (рис.1.9, 1.10).

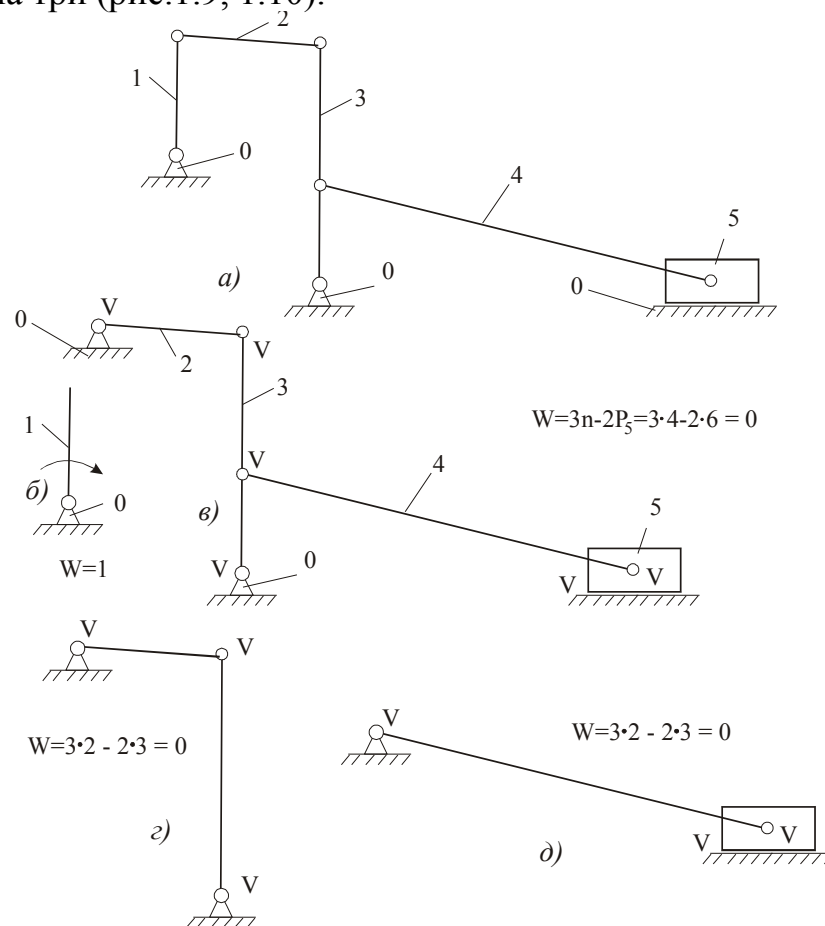


Рис.2.9. Последовательность расчленения механизма на составные части:
а – шестизвенный механизм; б – ведущая цепь; в – ведомая цепь;
г – двухповодковая группа II класса с тремя вращательными кинематическими парами; д – двухповодковая группа II класса с двумя вращательными и одной поступательной кинематической парой.

Впервые на эту особенность строения механизма указал русский ученый Л. Б. Ассур в начале XX века. Поэтому группы звеньев, отвечающих

требованиям (1.5), называются структурными группами, или группами Ассура. Если группу Ассура присоединить к ведущей цепи (простейшему механизму), то образуется новый механизм, обладающий подвижностью ведущей цепи, а исполнительным станет выходное звено ведомой цепи. Последовательно присоединяя к имеющейся цепи разные структурные группы, можно получить рычажные механизмы, которые будут воспроизводить различные законы движения исполнительных звеньев. Этот метод образования механизмов получил название «Метод наложения структурных групп».

Большое разнообразие кинематических цепей, удовлетворяющих условию (1.5), вызывает необходимость в классификации структурных групп. В зависимости от числа звеньев, вида кинематических пар и последовательности их расположения в кинематической цепи структурные группы разделяются по классам, порядку и виду. Каждый класс структурных групп имеет особенности в расчете кинематических и динамических параметров механизма.

2.5.2. Классификация структурных групп механизмов

Отличительной особенностью структурных групп является наличие в них свободных кинематических пар и пар, при помощи которых звенья в группе соединяются в замкнутые контуры.

Эта особенность положена в основу подразделения структурных групп по классам, порядку и видам. Примеры классификации структурных групп приведены на рис.1.10.

Класс структурной группы:

а) в группах II класса каждое звено входит только в две кинематические пары (рис.1.10, а, б, в, г);

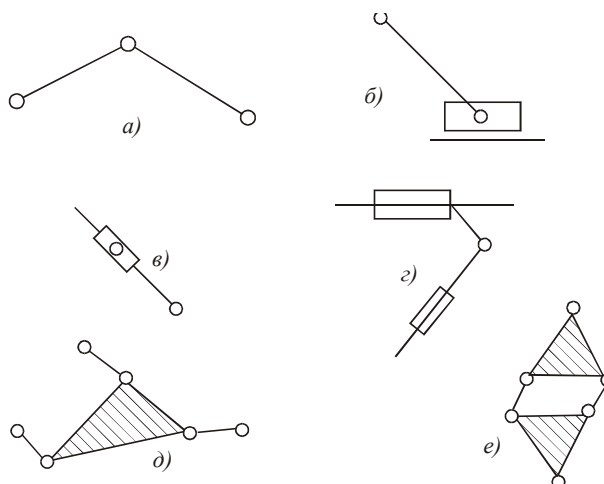


Рис.2.10.Схемы структурных групп.

б) к III классу относятся структурные группы, в которых есть звенья, входящие в три кинематические пары (рис. 2.10, б);

в) к IV классу и выше относятся структурные группы, имеющие замкнутые контуры. По количеству звеньев, создающих данный контур, определяется класс группы (рис. 2.10, е).

Порядок структурной группы определяется числом свободных элементов кинематических пар, которыми группа присоединяется к механизму. Очевидно, что все группы II класса имеют второй порядок.

Примеры структурных групп, относящихся к различным классам, представлены на рис.2.10.

На рис.2.10, а, б, в, г представлены группы, относящиеся ко II классу. Можно видеть, что каждое звено входит только в две кинематические пары.

Структурная группа, относящаяся к III классу, представлена на рис.2.10, д. В данной группе три звена могут входить в две кинематические пары, а одно звено (заштрихованное) – в три кинематические пары.

На рис.1.10, е представлена структурная группа, относящаяся к IV классу. В данной группе есть замкнутый контур, образованный четырьмя звеньями. Числом звеньев, образующих замкнутый контур, и определяется класс структурной группы.

Структурные группы II класса подразделяются на виды.

Вид структурной группы определяется видом и последовательностью расположения кинематических пар, входящих в структурную группу. Так, структурная группа (рис.1.10, а) имеет только вращательные кинематические пары, следовательно, данная группа имеет вид ВВВ. Структурная группа (рис.2.10, б) имеет вращательную и поступательную кинематические пары – ВВП (структурные группы, рис.2.10, в – ВПВ; г – ПВП).

2.5.3. Формула строения механизма

Наибольшее распространение в машиностроении получили двухповодковые структурные группы II класса. Класс механизма определяется высшим классом структурной группы, входящей в этот механизм. Механизмы различных классов имеют различные методы кинематического и силового расчета. Состав и последовательность присоединения групп Ассура в механизме определяется его формулой строения.

Например, строение шестизвенного механизма (см. рис.2.9) можно представить формулой

$$\begin{array}{c}
 \text{I}(0-1) \xrightarrow{\text{В}} \text{II}(2-3) \xrightarrow{\text{В}} \text{II}(4-5-0) \\
 \text{В} \quad \text{В} \quad \text{В} \quad \text{В} \quad \text{В П} \quad , \quad (2.5) \\
 \begin{array}{c}
 \text{В} \nearrow \text{В} \\
 \text{(0)}
 \end{array}
 \end{array}$$

где В – означает связь между звеньями при помощи вращательных кинематических пар V класса (шарнирное соединение);

П – связь между звеньями осуществляется при помощи поступательной кинематической пары;

«→» – связь в узловых точках механизма, в которых присоединяются группы Ассура.

Из формулы строения следует, что шестизвенный механизм состоит из начального механизма I класса, включающего стойку 0 и кривошип 1. К кривошипу 1 последовательно присоединена структурная группа II класса, состоящая из звеньев 2 и 3. Звено 3 соединено кинематическими парами со звеньями 2 и 0. К звену 3 последовательно присоединена группа Ассура II

класса, состоящая из звеньев 4 и 5. Звено 5 замыкается на стойку. Следовательно, это механизм II класса, имеющий одно входное звено. Кинематический анализ начинается с определения кинематических характеристик узловых точек кривошипа, и последовательно в соответствии с формулой строения определяются кинематические параметры всех узловых точек механизма, включая исполнительное звено. Силовой анализ механизма выполняется в обратной последовательности.

При разложении механизма на структурные группы обратите внимание на то, что:

а) каждое звено и каждая кинематическая пара в структурном анализе учитывается только один раз, т.е. одно и то же звено и одна и та же кинематическая пара могут быть отнесены только к одной структурной группе;

б) если в узловой точке расчетной схемы сходятся m звеньев, то эта узловая точка содержит кинематических пар $Z = m - 1$.

Контрольные вопросы к лекции 2.

1. Перечислите признаки по которым классифицируются кинематические пары ?
2. Что называется моделью машины или механизма ? Перечислите виды моделей механизмов ?
3. Что называют структурным анализом и структурным синтезом ?
4. Какие связи в механизме называются избыточными ?
5. Какие подвижности в механизме называются местными или локальными ?
6. Дайте определение понятия "подвижность механизма" ?
7. Напишите формулы для подсчета подвижности механизма для плоскости и для пространства ?
8. Напишите формулу для подсчета избыточных связей в механизме ?
9. Укажите элементы из которых состоит механизм в структурной классификации Ассур ?
10. Какие задачи решаются при структурном анализе механизма по Ассур ?
11. Как определяется класс и порядок механизма по Ассур и по Артобелевскому ?