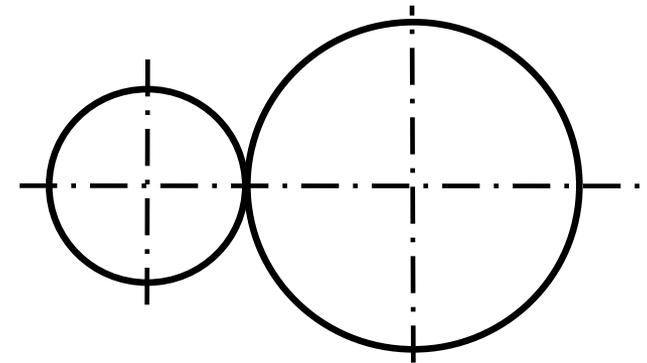
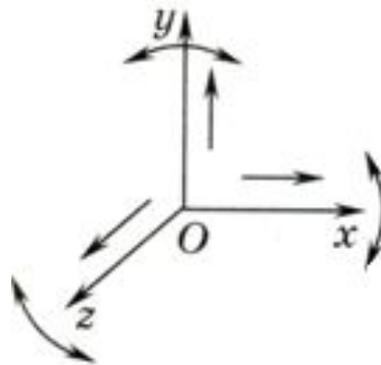
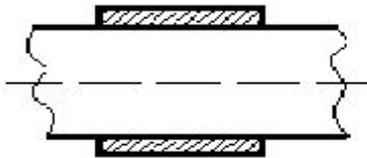


Детали, звенья, кинематические пары, кинематические цепи. Структура механизмов.

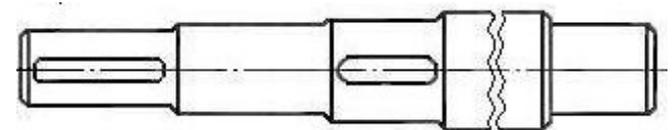
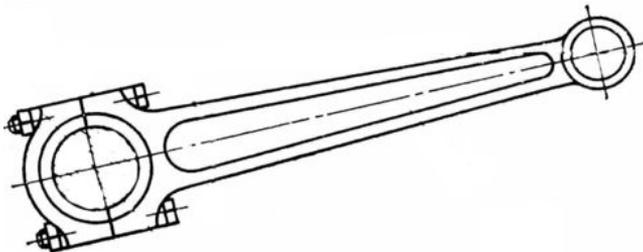


Части механизмов состоят из **деталей**, которые являются первичным элементом любого устройства.

При изучении механизма важно знать не общее количество деталей в нём, а количество их совокупностей, объединённых одинаковым характером совместного движения. С этой точки зрения механизм может быть схематически представлен **звеньями** и их **соединениями**.

Деталь или несколько неподвижно соединённых деталей, движущихся как единое целое, называют **звенем**.

Примеры звеньев — шатун двигателя внутреннего сгорания, состоящий из стержня, крышек, соединённых болтами, гайками и т.п., поршень двигателя внутреннего сгорания с поршневыми и маслосъёмными кольцами, вал редуктора со шпонками и крепежными деталями.



Звенья имеют свои названия в зависимости от вида их движения

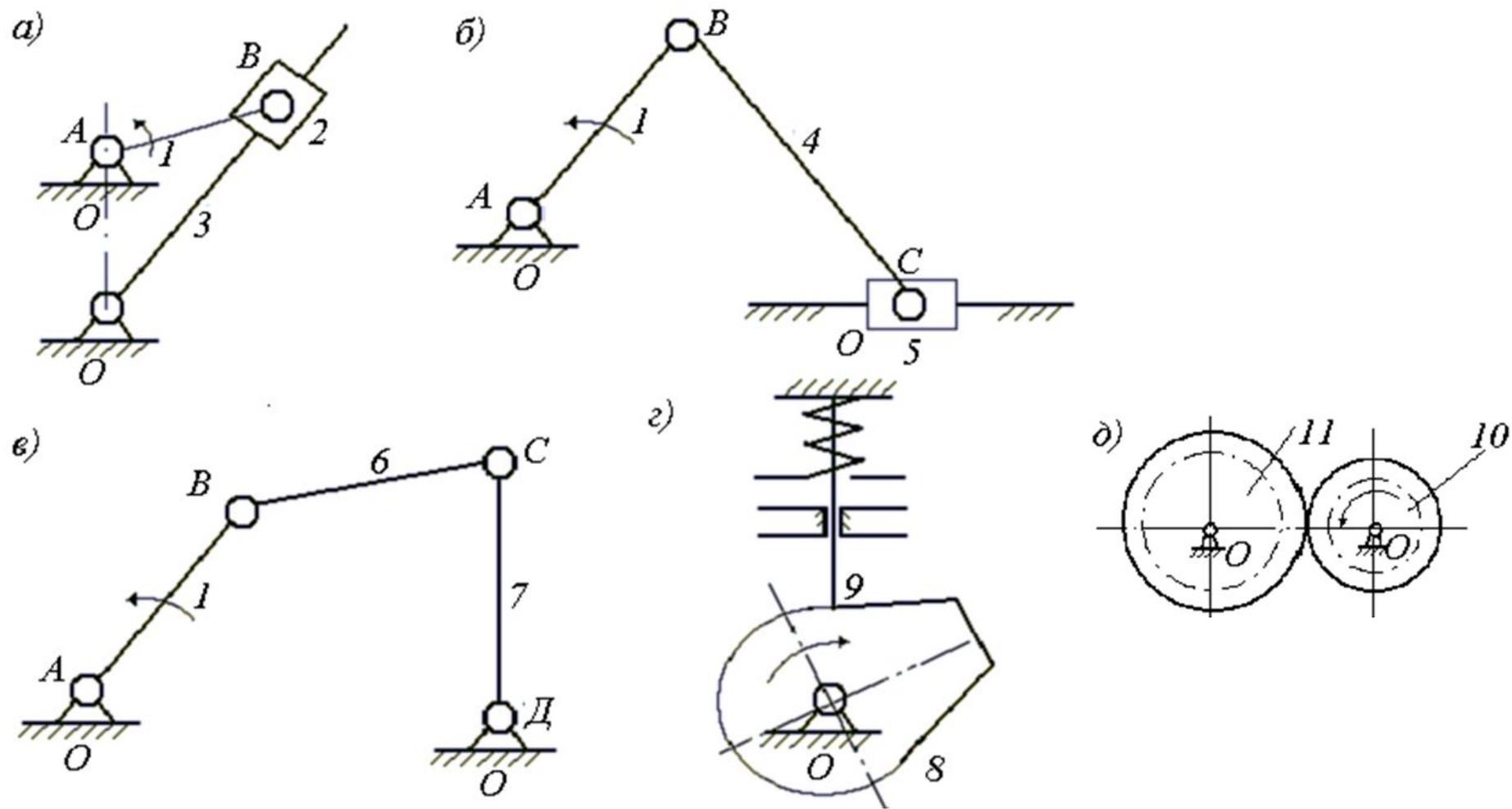


Рисунок 1

И так: названия в зависимости от вида их движения

Кривошип – звено, совершающее полный оборот вокруг неподвижной оси (рисунок 1, а, б, в).

Камень кулисы – звено, поступательно движущееся относительно подвижной направляющей (звено 2, рисунок 1, а).

Кулиса – подвижная направляющая поступательной кинематической пары (звено 3, рисунок 1, а), которая соединена со стойкой (звено 1, рисунок 1).

Шатун – звено, совершающее сложное плоско-параллельное движение и не имеющее кинематических пар со стойкой (звено 4, рисунок 1, б).

Ползун – звено, образующее со стойкой поступательную пару (звено 5, рисунок 1, б).

Коромысло – звено, совершающее колебательные движения относительно неподвижной оси

Кулачок – звено, которое выполнено в виде поверхности переменной кривизны

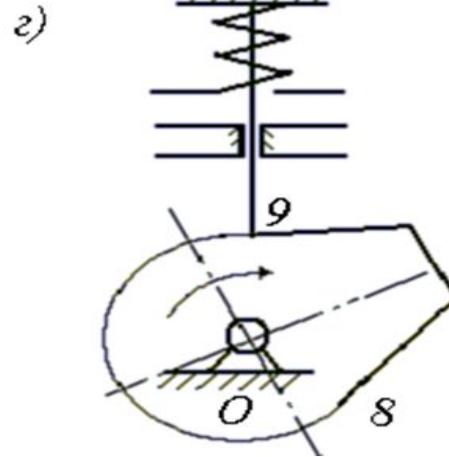
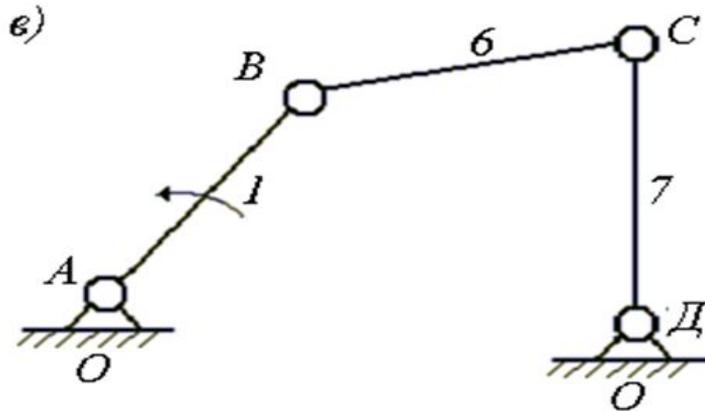
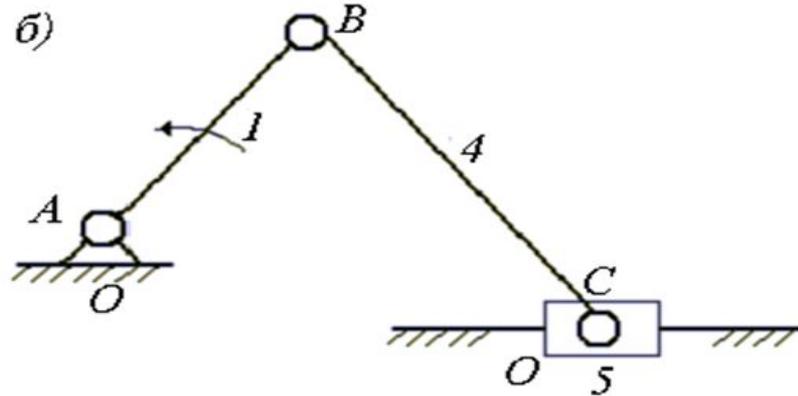
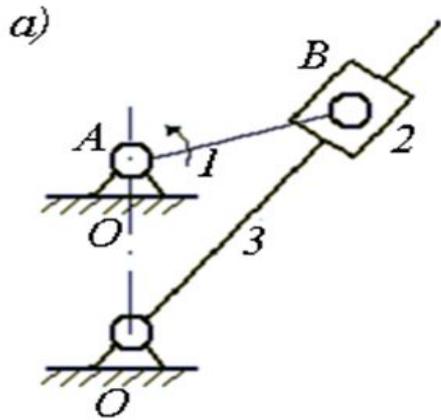
Толкатель – звено кулачкового механизма, взаимодействующее с рабочей поверхностью кулачка и совершающее поступательное или вращательное движение

Шестерня – зубчатое колесо с меньшим числом зубьев (меньшего диаметра) по сравнению с другим зацепляющимся с ним *зубчатым колесом*.

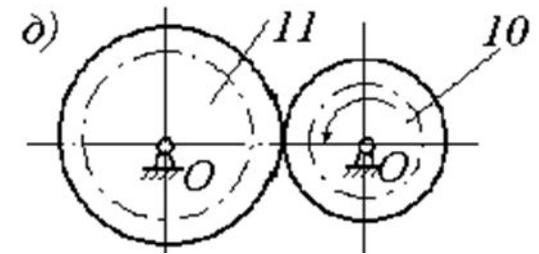
Названия рычажным механизмам дают по входному и выходному звеньям.

кривошипно-кулисный

кривошипно-ползунный



зубчатый механизм



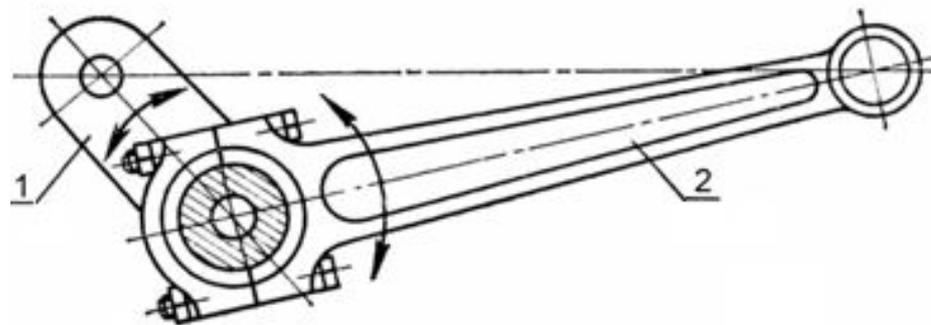
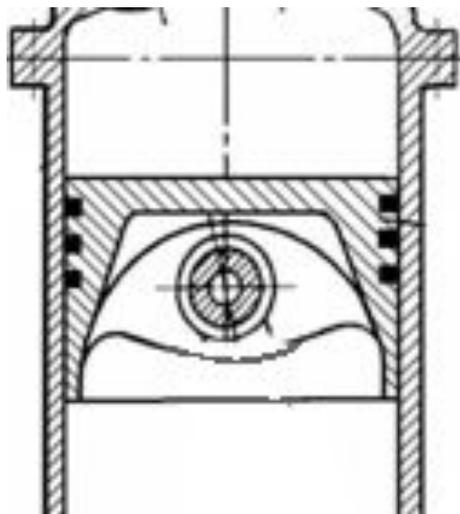
кривошипно-коромысловый

кулачковый механизм

Рисунок 1

Соединение двух звеньев, обеспечивающее определенный характер их относительного движения, называется **кинематической парой**.

Примеры кинематических пар – соединение поршня с корпусом двигателя внутреннего сгорания, шатуна с коленчатым валом, зубчатого колеса с валом коробки скоростей и т. п.



Для всех кинематических пар характерно наличие **элементов кинематических пар** – поверхностей, линий или точек, по которым происходит соединение звеньев.

Геометрия элементов кинематических пар определяет характер относительного движения звеньев.

Классификация кинематических пар

Кинематические пары (КП) классифицируются по следующим признакам:

1. По виду места контакта (места связи) поверхностей звеньев:

низшие, в которых контакт звеньев осуществляется по плоскости или поверхности (пары скольжения);

высшие, в которых контакт звеньев осуществляется по линиям или точкам (пары, допускающие скольжение с перекатыванием).

2. По относительному движению звеньев, образующих пару:

вращательные;

поступательные;

винтовые;

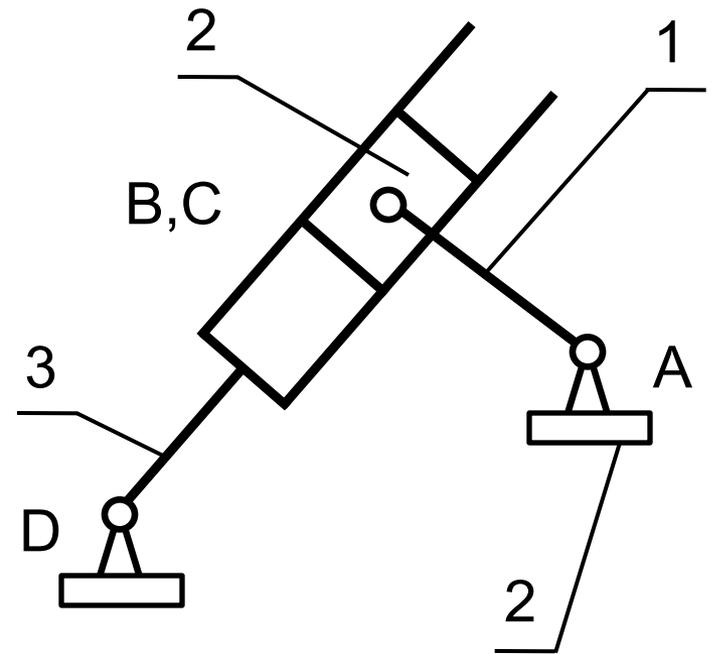
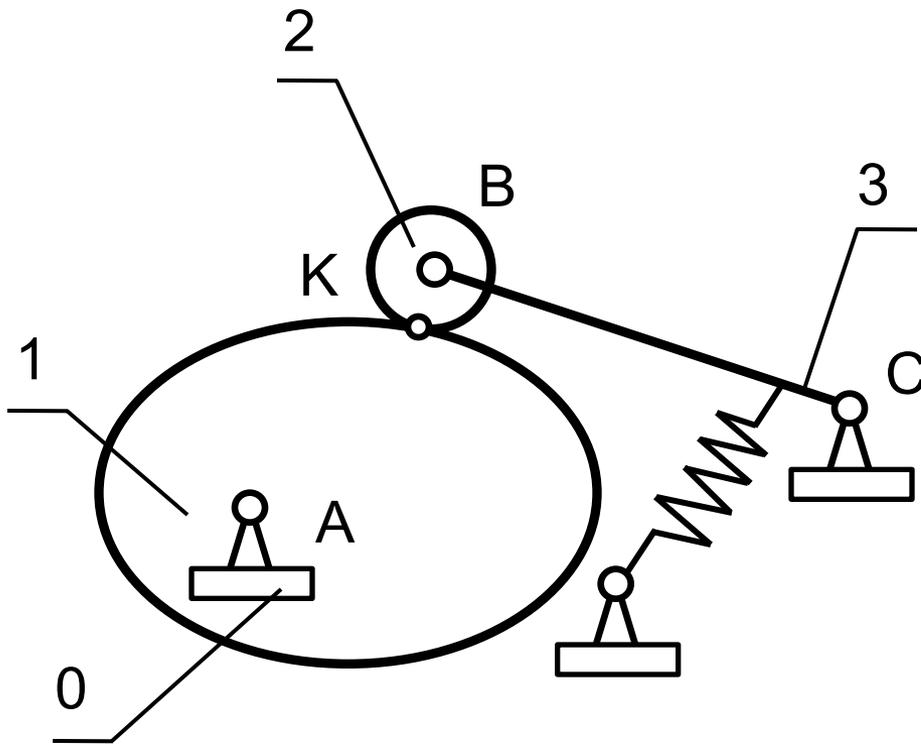
плоские;

сферические.

3. По способу замыкания (обеспечения контакта звеньев пары):

силовое (за счёт действия сил веса или силы упругости пружины);

геометрическое (за счёт конструкции рабочих поверхностей пары).



4. По числу подвижностей в относительном движении звеньев:

одноподвижные

двух-, трёх-, четырёх-, пятиподвижные.

5. По числу условий связи, накладываемых на относительное движение звеньев.

Рассмотрим классификацию по числу условий связи

Каждая кинематическая пара налагает ограничения на относительные движения образующих ее звеньев, называемые условиями связи или просто связями.

Очевидно, что на шесть возможных движений каждого звена до образования пары (три поступательных движения вдоль пространственных координатных осей и три вращательных движения вокруг этих осей) кинематическая пара, изображенная на рис. 1.1, налагает три ограничения (связи) – на поступательные движения.

При наложении шести связей кинематическая пара исчезает, превращаясь в неподвижное соединение деталей.

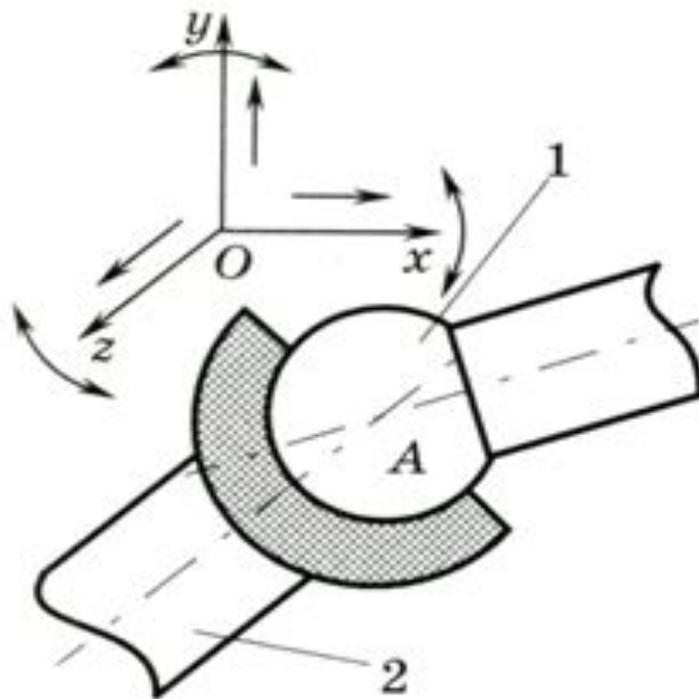


Рисунок 1.1

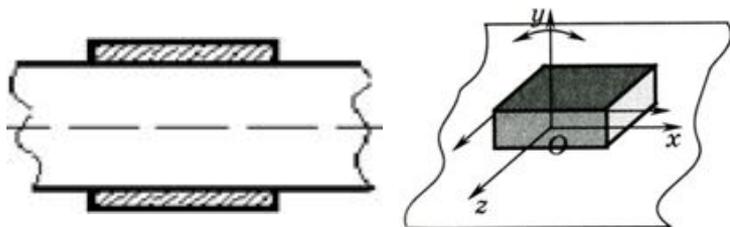
Исходя из понятия связи, кинематические пары можно классифицировать, определяя их *класс K* по количеству связей из зависимости:

$$K = 6 - S \quad (1.1)$$

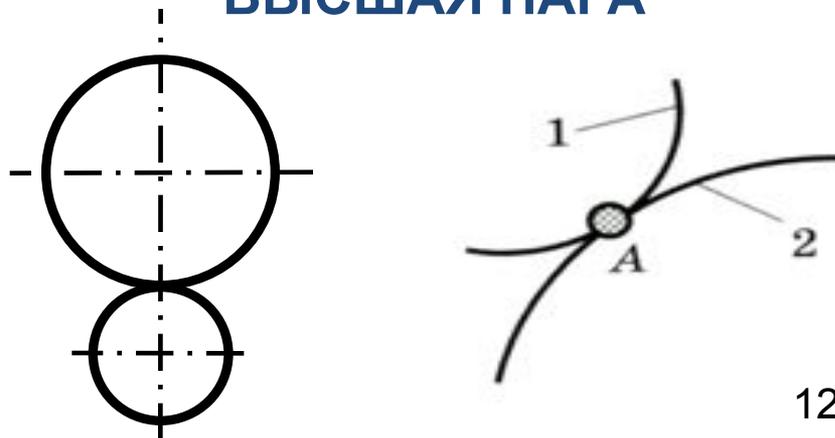
где S — количество возможных относительных движений звеньев. Из формулы (1.1) ясно, что кинематические пары могут быть пяти классов.

В зависимости от геометрии элементов различают **высшие** и **низшие** кинематические пары. *К высшим относят пары, в которых элементами являются точки или линии, а к низшим — пары, в которых элементами являются поверхности.*

НИЗШИЕ ПАРЫ



ВЫСШАЯ ПАРА



На рисунке 1.2 приведены примеры кинематических пар и их схематические изображения.

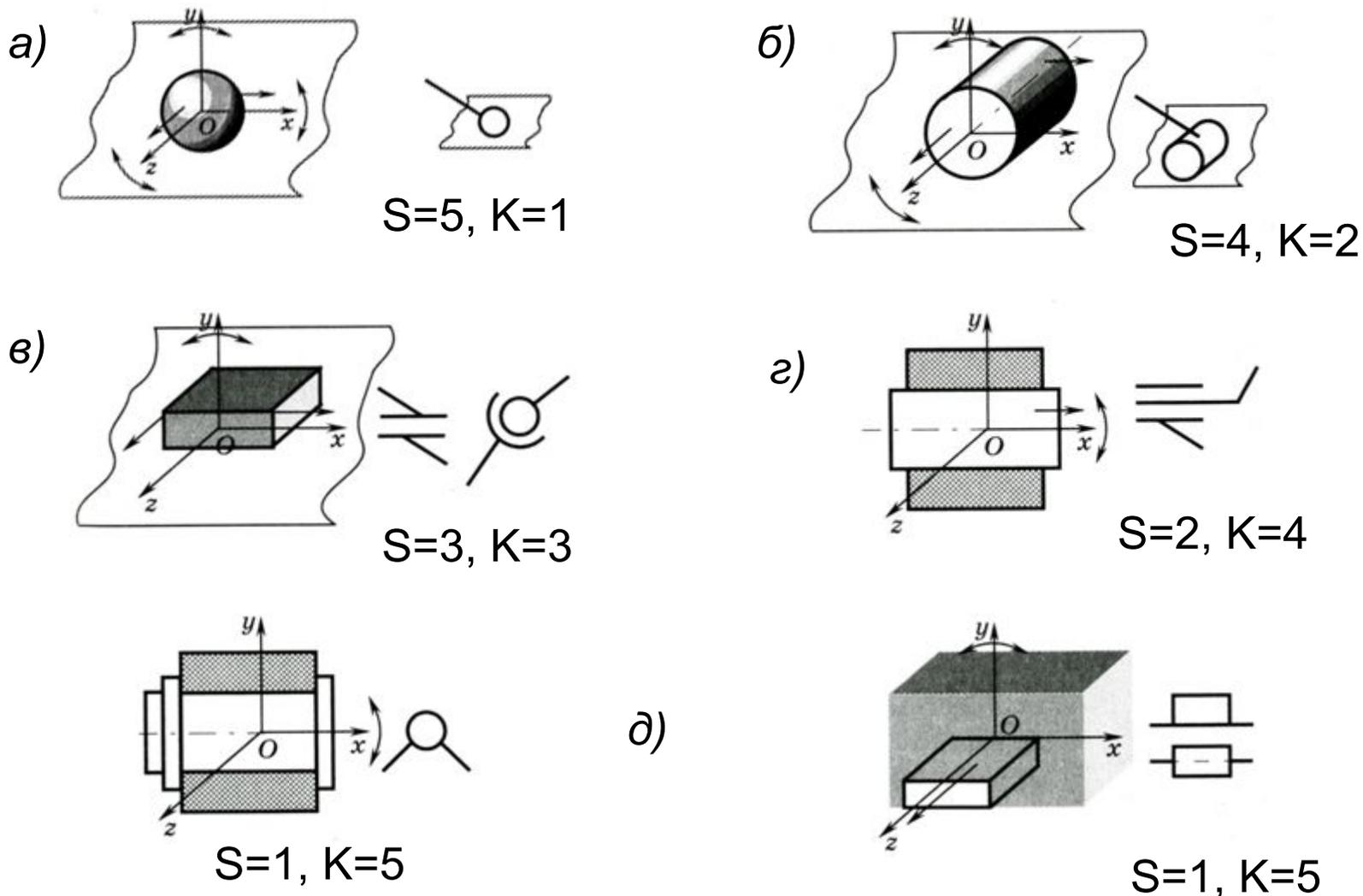
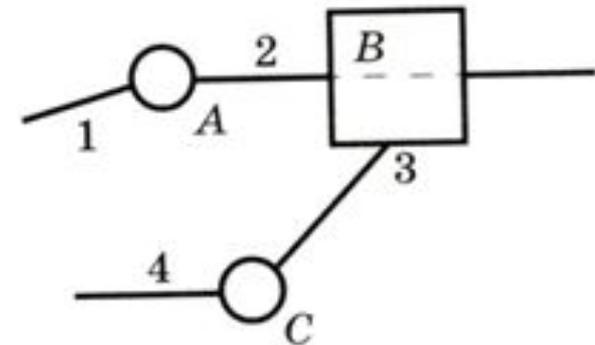
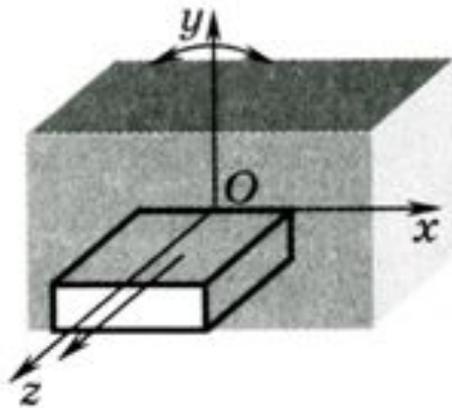
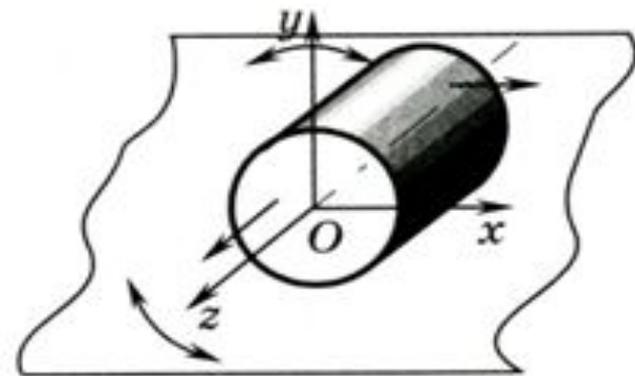
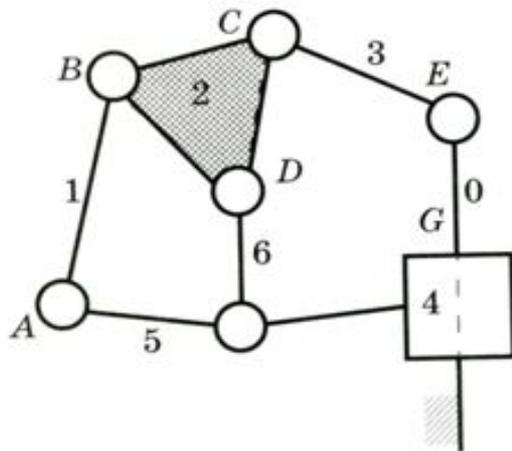


Рисунок 1.2



Кинематические цепи.

Подвижность кинематической цепи.



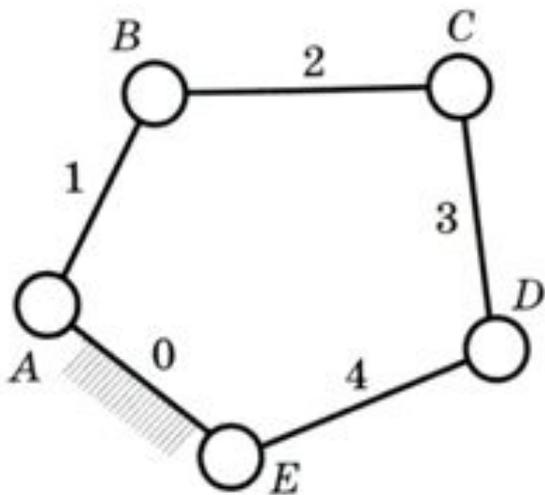
Звенья, соединенные кинематическими парами, называют **кинематическими цепями**.

Кинематические цепи весьма разнообразны.

Цепь называют **простой**, если любое ее звено входит не более чем в две кинематические пары (рис. 1.3, а),

и **сложной**, если хотя бы одно звено входит более чем две пары (рис. 1.3, б).

а)



б)

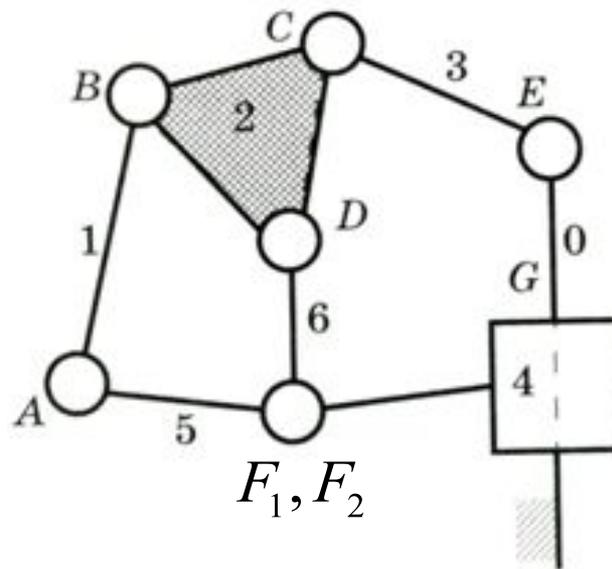


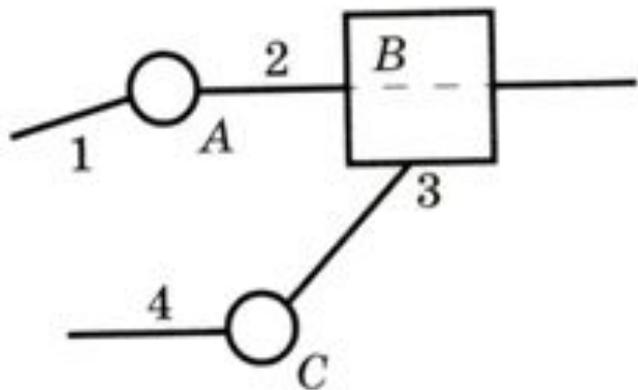
Рисунок 1.3

Разомкнутой называют цепь, у которой хотя бы одно из звеньев входит только в одну кинематическую пару (рисунок. 1.3в),

и **замкнутой**, если таких звеньев нет (рисунок. 1.3а).

В этих случаях имеют в виду именно механическое замыкание кинематических цепей.

в)



а)

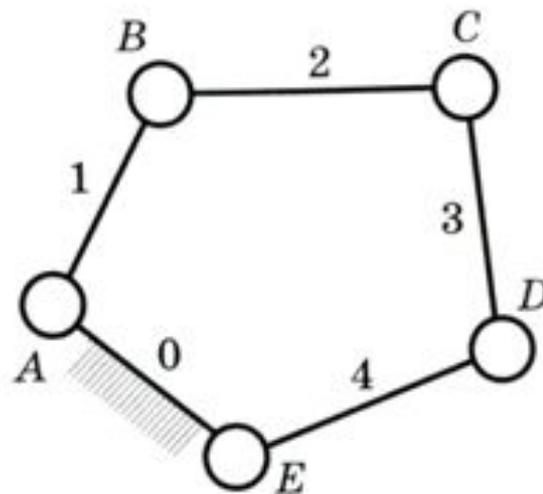


Рисунок 1.3

Если кинематическими парами соединяются несколько звеньев, то число пар в таком соединении будет на единицу меньше числа сходящихся звеньев (пары F_1 и F_2 на рисунке. 1.3, б).

б)

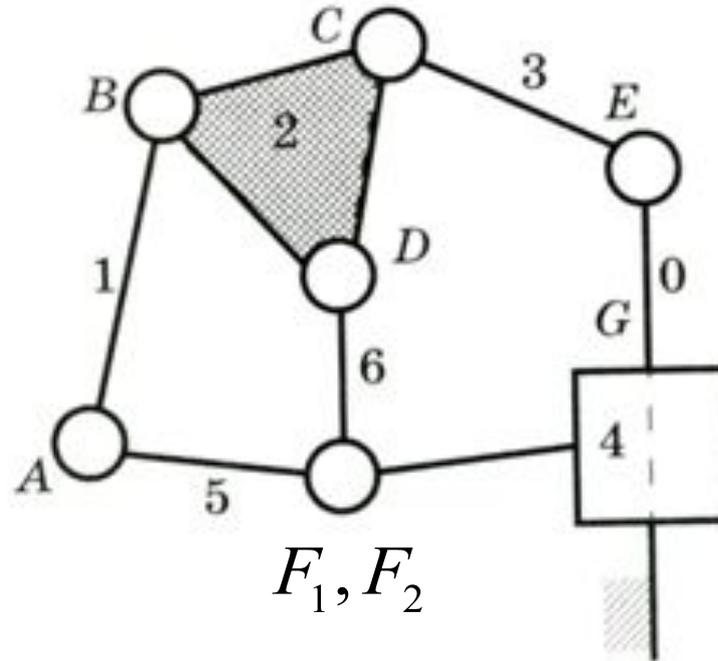


Рисунок 1.3

Следует учитывать, что звенья механически незамкнутой кинематической цепи могут замыкаться другим способом — электрическим, гидравлическим и т. п. Это имеет место во многих машинах — электродвигателях, гидродвигателях и др.

По характеру движения звеньев кинематические цепи делят на **плоские** (рисунок 1.3а) и **пространственные**.

Звенья плоских кинематических цепей перемещаются в одной или параллельных плоскостях, а пространственных — в разных плоскостях (рисунок 1.3г).

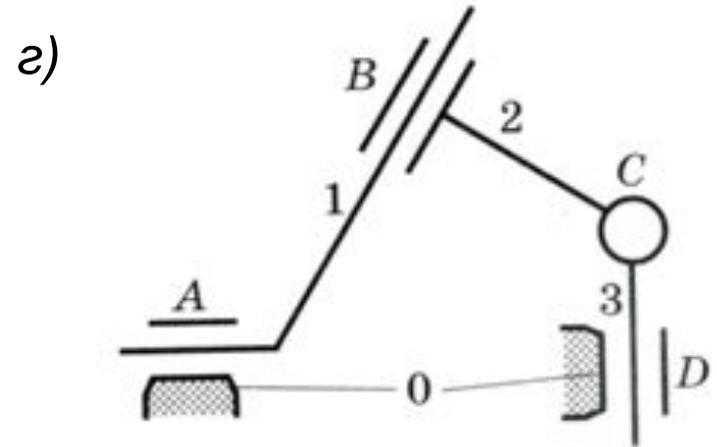
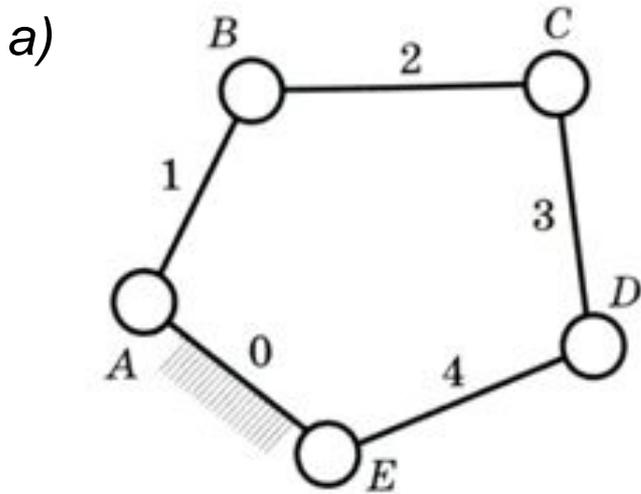


Рисунок 1.3

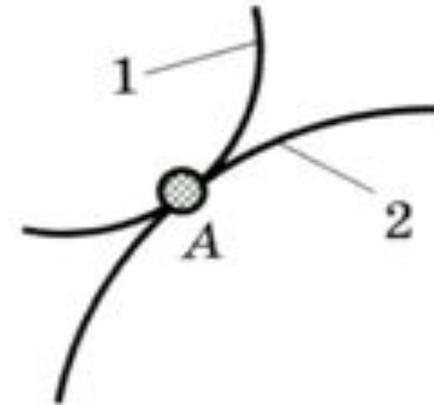
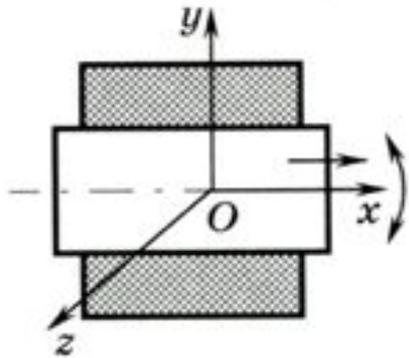
Кинематические цепи могут иметь и неподвижные звенья. В кинематических схемах механизмов принято все неподвижные звенья объединять в одно, называемое *стойкой*. Кинематические пары на схемах обозначают буквами, а звенья — цифрами. Стойку обозначают цифрой 0 или вообще не нумеруют, но всегда обозначают штриховкой или заливкой.

Звенья кинематических цепей механизмов должны обладать **подвижностью** — *определенностью движения относительно неподвижной системы координат, связанной со стойкой.*

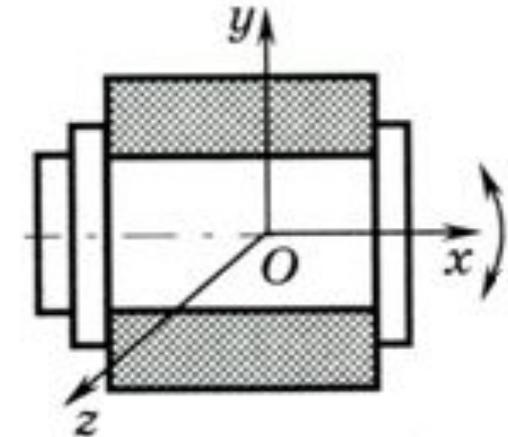
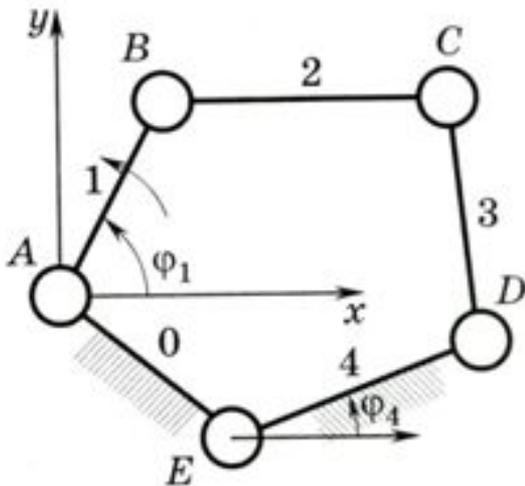
Без такой определенности нельзя управлять работой механизмов. Определенность относительных движений звеньев в кинематических парах определяется классом последних.

Наличие кинематических пар разных классов налагают ограничения на характер движения звеньев относительно стойки.

Подвижность кинематической цепи оценивается **степенью подвижности W** — *числом обобщённых координат, требуемых для описания определенности движения всех звеньев.*



Структурные формулы для определения степени подвижности кинематических цепей.



Определить подвижность кинематической цепи визуально можно только для малозвенных механизмов, в которых звенья соединены низшими кинематическими парами. Например, для цепи на рисунке 1.3 а, степень подвижности может быть определена последовательной остановкой звеньев цепи до достижения определенности движения оставшихся звеньев.

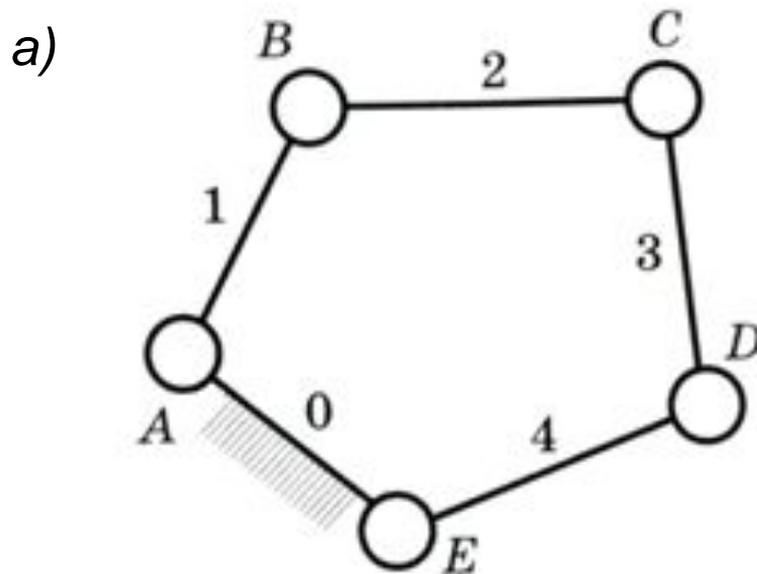


Рисунок 1.3

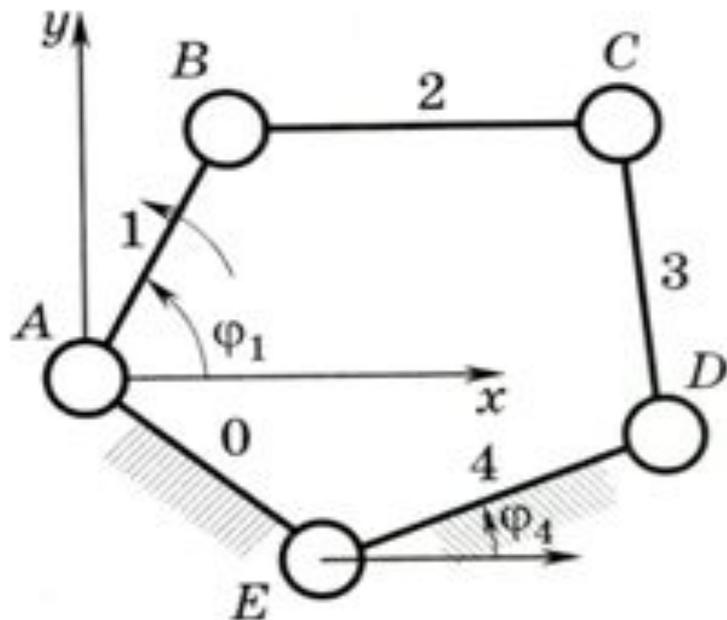


Рисунок 1.4

Остановив, например, звено 4, что соответствует приданию постоянного значения координате φ_4 , получим кинематическую цепь с тремя подвижными звеньями (рисунок 1.4).

Теперь, задав положение звена 1 значением координаты φ_1 , убедимся, что положения звеньев 2 и 3 полностью определены для заданного ее значения. Следовательно, степень подвижности данной кинематической цепи равна двум, так как для ее описания потребовалось задать обобщенные координаты двух звеньев — 1 и 4.

Очевидно, что для более сложных кинематических цепей (рисунок 1.3б) визуально определить степень подвижности становится сложнее.

Поэтому в инженерной практике применяются

структурные формулы,

с помощью которых степень подвижности W определяют по количеству подвижных звеньев n и количеству кинематических пар разных классов p_i , где i — класс кинематической пары.

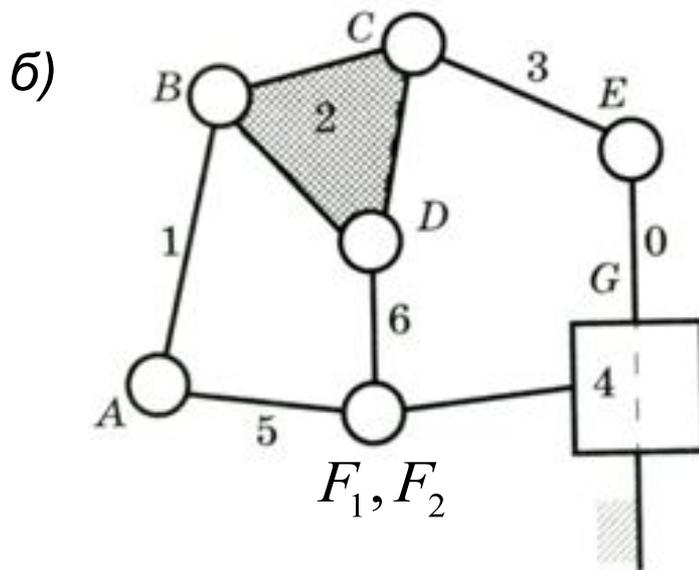


Рисунок 1.3

Пусть пространственная кинематическая цепь состоит из n звеньев. Каждое из них обладает шестью степенями свободы, и для определения его положения в координатной системе требуется шесть координат. Но каждая кинематическая пара налагает на относительное движение звеньев количество ограничений, равное ее классу. В итоге количество обобщенных координат кинематической цепи будет равно разности между общим числом координат m и произведением ip_i

Тогда из этих соображений получим структурные формулы:

для пространственной кинематической цепи
(формула Сомова—Малышева)

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1; \quad (1.2)$$

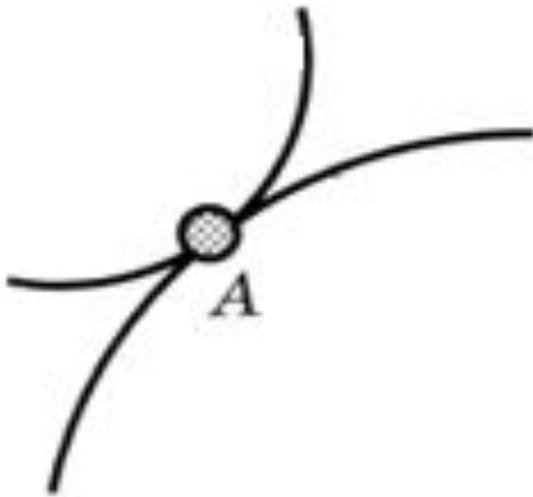
для плоской кинематической цепи
(формула Чебышева)

$$W = 3n - 2p_5 - p_4; \quad (1.3)$$

Следует иметь в виду, что в плоских кинематических цепях высшие кинематические пары первого и второго классов теряют пространственный характер относительного движения и вырождаются в высшую кинематическую пару четвертого класса (рисунок 1.5а),

а кинематическая пара третьего класса — в пару пятого класса (рисунок 1.5б).

а)



б)

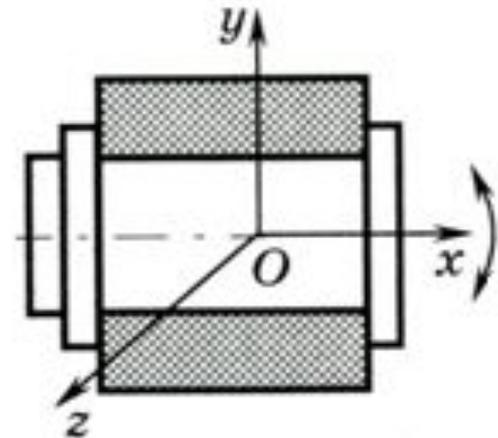


Рисунок 1.5

Впервые закон образования механизмов был сформулирован в 1914 г. русским ученым Леонидом Владимировичем Ассуром применительно к плоским шарнирным механизмам и затем позднее распространен на другие механизмы И. И. Артоболовским. Закон образования механизмов можно сформулировать следующим образом:

Закон Ассура:

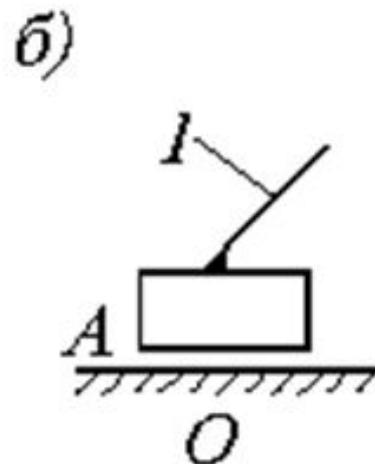
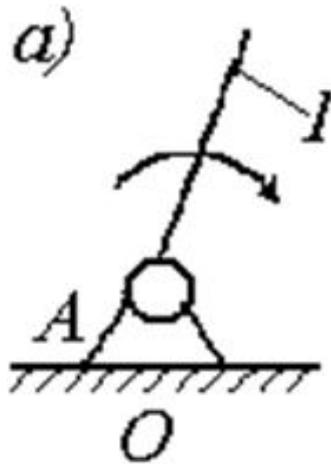
Всякий механизм представляет собою совокупность одного или нескольких, двухзвенных (первичных) механизмов и одной или нескольких групп нулевой подвижности.

В основе структурной теории лежат два понятия:

механизм первого класса и **структурная группа (группа Ассура)**.

Механизмом первого класса или начальным механизмом

– условно названо входное звено, соединенное со стойкой кинематической парой V класса, вращательной или поступательной.



Структурной группой или группой Ассура

называют кинематическую цепь с нулевой степенью подвижности, причем такая группа не должна распадаться на более простые, удовлетворяющие этому условию.

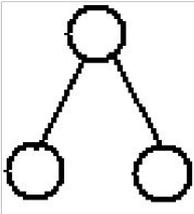
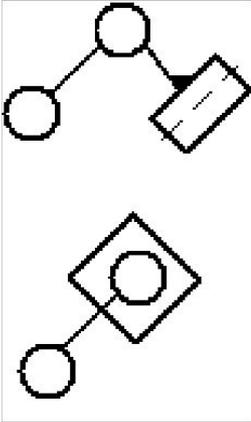
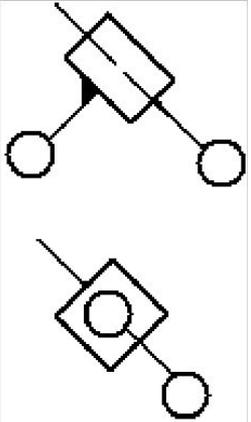
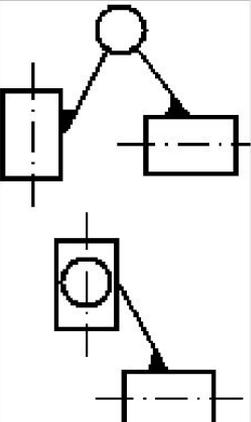
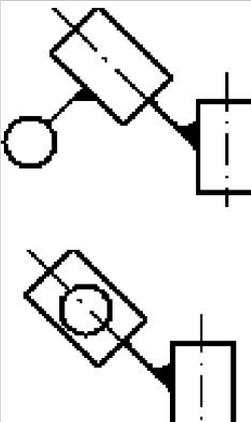
Класс структурной группы с числом звеньев больше двух равен числу кинематических пар, входящих в замкнутый контур, образованный внутренними кинематическими парами.

Порядок структурной группы соответствует числу свободных элементов кинематических пар, с помощью которых группу можно присоединить к начальному механизму, стойке или звеньям других групп..

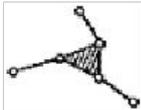
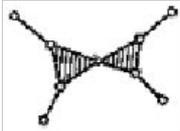
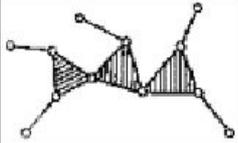
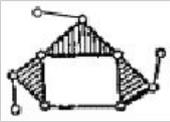
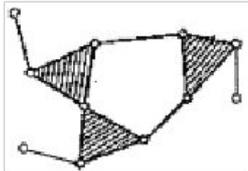
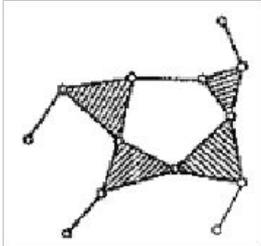
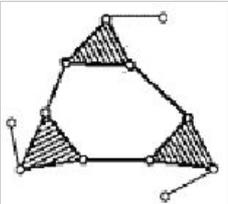
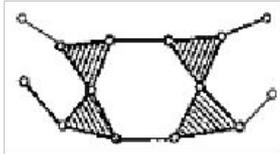
Большинство рычажных механизмов состоят из структурных групп второго класса, которые называют *диадами*.

В таблице приведены пять модификаций (видов) таких групп, в которых вращательные пары заменяются поступательными.

Структурные группы Ассура 2-го класса второго порядка разных видов

Модификация группы	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая
Изображение					

Классификация структурных групп Ассур II-VI классов

Группа	Порядок			
	2-й	3-й	4-й	5-й
II класса		—	—	—
III класса	—			
IV класса			—	—
V класса	—			—
VI класса	—			—