

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ
Методические указания к лабораторной работе по курсу
"Теория механизмов и машин"

Составитель В.В.Степанов

Иваново 2009

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Получение навыков зарисовки структурной схемы механизма с реального механизма. Ознакомление со структурным строением механизма и принципом его образования. Получение навыков классификации звеньев и кинематических пар по заданным признакам. Определение степени подвижности механизма.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Внимательно осмотрев выданный преподавателем механизм определить в нем ведущее звено.
2. Медленно вращая (перемещая) ведущее звено изучить движения всех звеньев механизма.
3. Зарисовать согласно принятым обозначениям структурную схему механизма, обозначив на ней цифрами звенья, а буквами - кинематические пары.
4. Определить и записать принятые в курсе ТММ названия звеньев в зависимости от характера их относительного движения.
5. Определить кинематические пары, их подвижность и названия согласно принятой терминологии. Результаты занести в таблицу (см. пример).
6. Определить степень подвижности механизма по формуле Чебышева. Для всех механизмов (кроме дифференциальных) число степеней свободы W должно быть равно единице. Если получилось $W > 1$, то следует еще раз внимательно пересчитать число кинематических пар, их подвижность и число подвижных звеньев. При числе степеней свободы $W < 1$ в механизме могут присутствовать пассивные связи, их следует определить.
7. Разбить структурную схему механизма на отдельные кинематические группы (группы Ассура), отделив предварительно пассивные звенья, если таковые имеются в механизме.
8. Аккуратно оформить отчет по работе.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ КУРСА ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН ПО СТРУКТУРНОМУ АНАЛИЗУ МЕХАНИЗМОВ

Механизмом называется система тел предназначенных для преобразования движения одного или нескольких твердых тел в требуемые движения других твердых тел. При этом следует иметь в виду, что **твердыми телами** могут быть как абсолютно твердые тела, так и деформируемые тела. В некоторых механизмах для передачи движения используются жидкие и газообразные вещества, которые называются **рабочими телами**, а механизмы соответственно гидравлическими и пневматическими. В большинстве же случаев механизмы состоят из твердых тел.

Отдельные твердые тела в механизме называются **звеньями**. Твердые тела, состоящие из однородного куска материала, могут соединяться между собой как подвижно, так и неподвижно.

Если два тела, или более соединены между собой неподвижно, то они также называются **звеном** механизма, а тела, входящие в звено механизма называются **детальями**.

Если же два тела имеют возможность относительного движения между собой, то такое соединение называется **кинематической парой**.

Совокупность поверхностей, линий и точек звена, по которым оно соприкасает-

ся с другим звеном и образует кинематическую пару, называется *элементом кинематической пары*.

Кинематические пары классифицируют по следующим признакам:

1. По форме элементов кинематической пары - на *низшие* и *высшие*.

Низшей кинематической парой называется пара, звенья которой соприкасаются по поверхности, то есть элементом кинематической пары является поверхность - плоская, цилиндрическая, винтовая, или произвольной кривизны.

Высшей кинематической парой называется пара, звенья которой соприкасаются по линии или в точке. Примерами такой пары являются соприкосновение двух цилиндрических поверхностей, сферической поверхности с плоскостью, эвольвентных поверхностей в зубчатом зацеплении и сочетание других поверхностей.

2. По числу условных связей, налагаемых на относительное движение звеньев кинематической пары, на 5 групп.

Свободное тело в пространстве обладает шестью степенями свободы, то есть может независимо перемещаться параллельно трем координатным осям X, Y, Z и вращаться вокруг этих осей.

Если с одним из звеньев неподвижно соединить с системой координат, то второе тело, учитывая, что оно уже связано с первым кинематической парой и соприкасается по крайней мере в точке, не может иметь 6 степеней свободы. Таким образом, первое звено накладывает ограничение на свободное перемещение второго звена по одному или нескольким направлениям, то есть накладывает 5, 4, 3, 2 или 1 связь соответственно.

3. По числу оставшихся степеней свободы в относительном движении звеньев - на *одноподвижные*, *двухподвижные*, *трехподвижные*, *четыреподвижные* и *пятиподвижные*.

4. По характеру относительного движения звеньев в кинематической паре - на *поступательную*, *вращательную*, *винтовую*, *зубчатую* и прочие.

Поступательной называется одноподвижная кинематическая пара, допускающая поступательное движение одного звена относительно другого. Причем скольжение тел может происходить как по прямой, так и по криволинейной траектории.

Вращательной называется одноподвижная кинематическая пара, допускающая вращательное движение одного звена относительно другого.

Винтовой называется одноподвижная кинематическая пара, допускающая движение одного звена относительно другого по винтовой линии и является частным случаем поступательной пары.

Зубчатой называется двухподвижная кинематическая пара, допускающая как

поступательное движение одного звена относительно другого, так и вращательное движение вокруг линии контакта двух сопряженных зубьев.

5. По характеру перемещения точек звеньев в пространстве - на плоские и пространственные.

Плоской называется кинематическая пара, если все точки звеньев её составляющие движутся в параллельных плоскостях.

Пространственной называется кинематическая пара, в которой не все точки звеньев её составляющие движутся в параллельных плоскостях.

Примеры классификации некоторых кинематических пар приведены в таблице 1.

Каждый механизм состоит из кинематических цепей.

Кинематической цепью называется система звеньев связанных между собой кинематическими парами. Кинематические цепи классифицируются по следующим признакам:

1. По степени сложности - на простые и сложные.

Простой кинематической цепью называются цепь, в которой каждое из звеньев входит не более, чем в две кинематические пары.

Сложной кинематической цепью называется цепь, в которой имеется хотя бы одно звено, входящее более, чем в две кинематические пары.

2. По степени замкнутости - на замкнутые и разомкнутые.

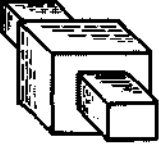

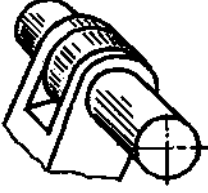




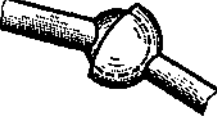



Замкнутой кинематической цепью называется цепь, в которой каждое звено входит более, чем в две кинематические пары.

Разомкнутой кинематической цепью называется цепь, в которой имеется хотя бы одно звено, входящее только в одну кинематическую пару.


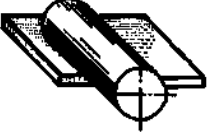


3. По характеру перемещения звеньев в пространстве: плоские и пространственные.

Плоской кинематической цепью называется цепь, в которой точки всех звеньев перемещаются в параллельных плоскостях.

Таблица 1. КЛАССИФИКАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР

Рисунок кинемат. пары	Условное изображение	Наименование пары	Класс пары	Подвижность пары	Наложено связей	Порядок пары	Ориентировка в пространстве
		поступательная	V	Одноподвижная	5	Низшая	Плоская
	 	Вращательная	V	Одноподвижная	5	Низшая	Плоская
		Цилиндрическая	IV	Двухподвижная	4	Низшая	Пространственная
		Сферическая	III	Трёхподвижная	3	Низшая	Пространственная
		Плоскостная	III	Трёхподвижная	3	Низшая	Пространственная

Ориентировка в пространстве

	
	
Шар на плоскости	Цилиндр на плоскости
I	II
Пятиподвижная	Четырёхподвижная
1	2
Высшая	Высшая
Пространственная	Пространственная

Пространственной кинематической цепью называется цепь, в которой некоторые точки звеньев движутся не в параллельных плоскостях.

В частном случае для механизма, состоящего только из твердых тел можно дать его определение, вытекающее из понятия кинематической цепи:

Механизмом называется замкнутая кинематическая цепь с одним неподвижным звеном (**стойкой**), в которой при заданном законе движения одного, или нескольких звеньев, все остальные звенья совершают однозначно определенные движения.

Звено механизма, которому сообщается движение, преобразуемое затем в требуемые движения других звеньев, называется **ведущим**.

Звено механизма для совершения движения, которого предназначен механизм, называется **ведомым**.

Некоторые звенья механизма, в зависимости от характера относительного движения в пространстве имеют специфические названия:

Кривошипом называется звено, совершающее вращательное движение вокруг неподвижной оси.

Коромыслом называется звено, совершающее неполный оборот вокруг неподвижной оси (качательное движение).

Шатуном называется звено, совершающее сложное движение в пространстве и образующее кинематические пары только с подвижными звеньями.

Ползуном называется звено, образующее поступательную пару с неподвижным звеном и совершающее поступательное или криволинейное движение.

Кулисой называется звено, образующее поступательную кинематическую пару с другим подвижным звеном, а с другой стороны - вращательную, или поступательную кинематическую пару со стойкой.

Камнем кулисы называется подвижное звено, образующее поступательную кинематическую пару с кулисой.

Каждый механизм характеризуется степенью подвижности механизма.

Степенью подвижности механизма называется число степеней свободы механизма относительно стойки.

Число степеней свободы механизма определяется по формуле П.Л.Чебышева

$$W = 3n - 2p_1 - p_2,$$

где W - число степеней свободы механизма,

n - число подвижных звеньев,

p_1 - число одноподвижных кинематических пар,

p_2 - число двухподвижных кинематических пар.

Механизм, состоящий только из звеньев с низшими кинематическими парами, называется стержневыми, или рычажным.

Л.В.Ассур разработал принцип образования рычажных механизмов. Этот принцип заключается в последовательном присоединении к одному, или нескольким первичным механизмам кинематических цепей обладающих нулевой степенью подвижности.

Кинематические цепи, обладающие нулевой степенью подвижности, называются кинематическими группами или группами Ассура. Если такую группу, состоящую из звеньев с одноподвижными кинематическими парами присоединить свободными элементами крайних пар к стойке, то она превращается в ферму.

Группы Ассура состоят только из четного числа звеньев. Эти группы классифицируются по следующим признакам:

1. По классам группы

Класс группы определяется числом кинематических пар, входящих в замкнутый контур, образованный внутренними кинематическими парами.

2. По виду группы





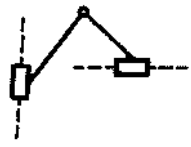
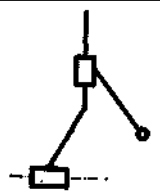
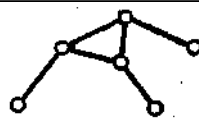
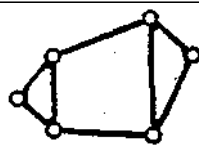
Вид группы определяется последовательным чередованием вращательных и поступательных кинематических пар.

3. По порядку группы

Порядок группы определяется числом элементов звеньев, которыми группа присоединяется к основному механизму.

В таблице 2 приведены некоторые примеры по классификации кинематических групп.

Таблица 2. КЛАССИФИКАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП

Класс группы	Схема группы	Число кинематических пар	Число подвижных звеньев	Вид группы	Порядок группы
I		1	1	1	1
II		3	2	1	2
II		3	2	2	2
II		3	2	3	2
II		3	2	4	2
II		3	2	5	2
III		6	4	3	3
IV		6	4	4	2

ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА

1. Записать тему лабораторной работы.
2. Указать цель работы.
3. Вычертить структурную схему механизма, обозначить и записать названия его звеньев.
4. Заполнить таблицу кинематических пар.
5. Вычислить число степеней свободы механизма.
6. Вычертить отдельно кинематические группы механизма (группы Ассура).
7. Записать структурную формулу образования механизма.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Перед началом работы с механизмом необходимо заправить все свисающие части одежды.
2. При работе с механизмом убрать со стола все посторонние предметы.
3. Во избежание попадания пальцев рук в механизм, необходимо одной рукой придерживать механизм за основание, а другой медленно перемещать ведущее звено механизма.
4. Не допускать прикасаться к механизму во время его движения другим лицам.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

ЗАДАНИЕ: Провести полный структурный анализ механизма изображенного на рис. 1.

АНАЛИЗ:

1. Рассматривая механизм, можно однозначно определить, что в данном механизме ведущим звеном является кривошип 1 с приводной рукояткой 1_1 . При вращении рукоятки 1_1 весь механизм приводится в движение. При этом звенья 2 и 3 совершают сложные движения в пространстве, а звенья 4 и 5 прямолинейные возвратно-поступательные движения.

2. Согласно принятой терминологии в курсе ТММ звеньям механизма можно дать следующие названия: 0- стойка, 1- кривошип, 2 и 3- шатуны, 4 и 5- ползуны.

В свою очередь каждое звено состоит из отдельных деталей, неподвижно соединенных между собой. Стойка 0 состоит из деревянной платформы 0_1 с резиновыми ножками 0_2 , литого основания 0_3 , пластины 0_4 , винта крепления 0_5 и двух направляющих планок 0_6 . Кривошип 1 состоит из рукоятки 1_1 рычага 1_2 , соединительного валика 1_3 , плеча 1_4 и оси 1_5 . Шатун 2 состоит из шайбы 2_1 с жестко соединенным рычагом 2_2 и планкой 2_3 . Шатун 3 состоит из одной монолитной детали. Ползуны 4 и 5 жестко соединены соответственно с осями 4_1 и 5_1 .

3. Структурная схема механизма изображена на рис.2.

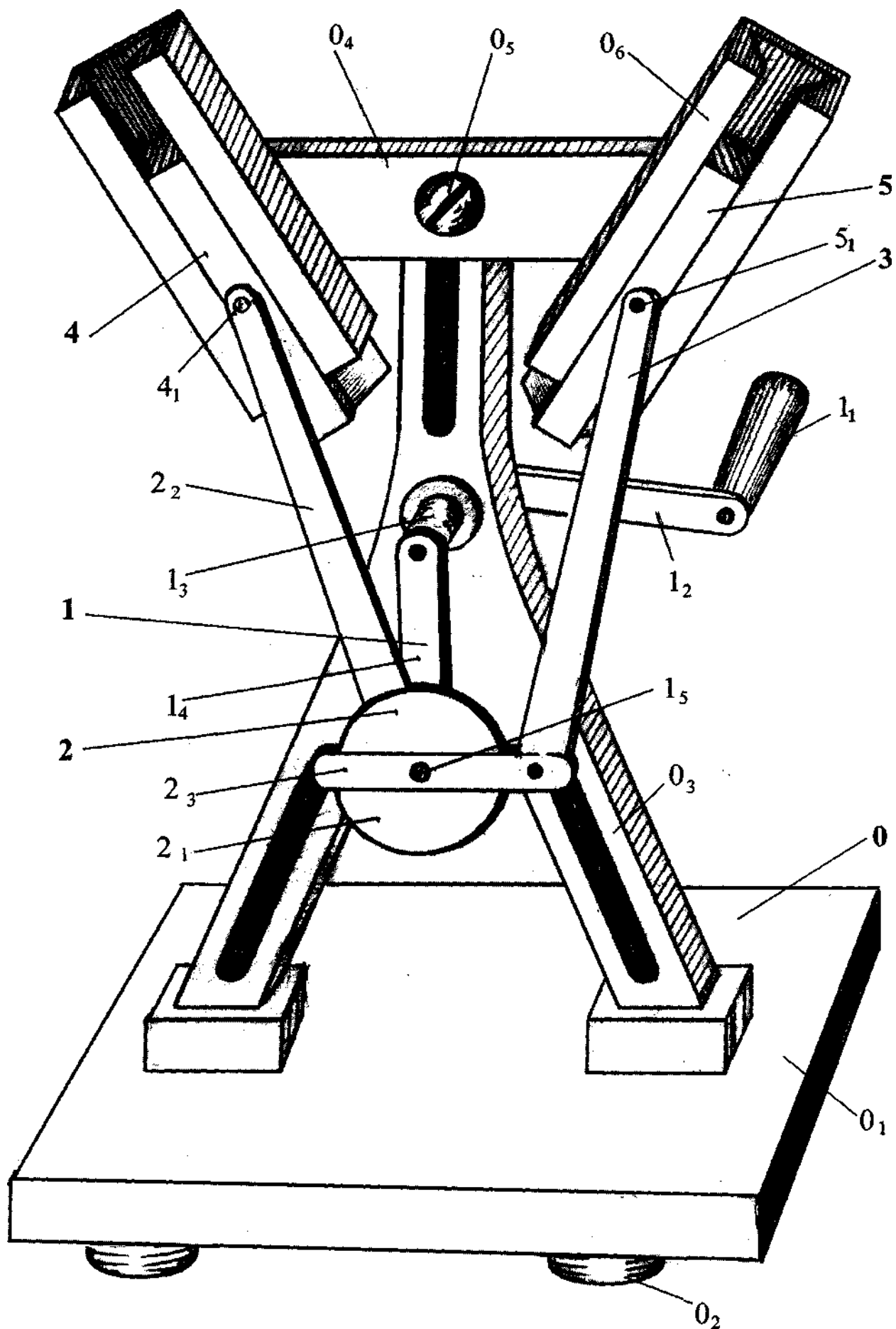


Рис. 1. Реальный механизм:

1 - кривошип; 2 - шатун; 3 - шатун; 4 и 5 ползуны.

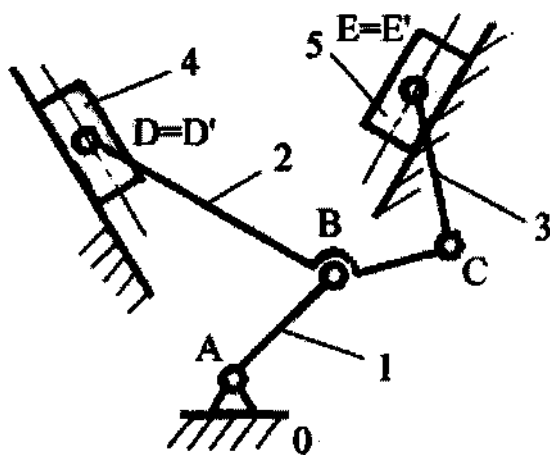


Рис.2. Структурная схема механизма

4. Классификация кинематических пар, обозначенных на рис.2, приведена в таблице 3.

Таблица 3. Классификация кинематических пар механизма

Обозначение кинематических пар	A	B	C	D	D'	E	E'
Звенья образующие кинематическую пару	0,1	1,2	2,3	2,4	4,0	3,5	5,0
Название кинематической пары	Вращательные				Пост.	Вращ.	Пост.
Подвижность кинематической пары	Одноподвижные						
Порядок пары	Низшие						

5. Определим число степеней свободы по формуле Чебышева

$$W = 3n - 2p_1 - p_2$$

Имеем:

$n = 5$ - число подвижных звеньев;

$p_1 = 5$ - число одноподвижных кинематических пар;

$p_2 = 0$ - число двухподвижных кинематических пар.

$$W = 3 \times 5 - 2 \times 5 - 0 = 1$$

Механизм имеет одну степень свободы. Это означает, что однозначному положению ведущего звена соответствует строго определенное положение всех остальных звеньев механизма.

6. Разобьем механизм на отдельные кинематические группы. Разбивку следует начинать с отделения от механизма ведущего звена и стойки (группа Ассура 1 класса). Затем отделяют группу, состоящую из четного числа подвижных звеньев, образующую одну кинематическую пару с ведущим звеном, и одну или несколько пар со стойкой, и, наконец, отделяют все оставшиеся кинематические группы, исходя из минимально возможного четного числа подвижных звеньев.

На основании вышеперечисленных правил наш механизм разбивается на 3 кинематические группы, приведенные на рис.3.

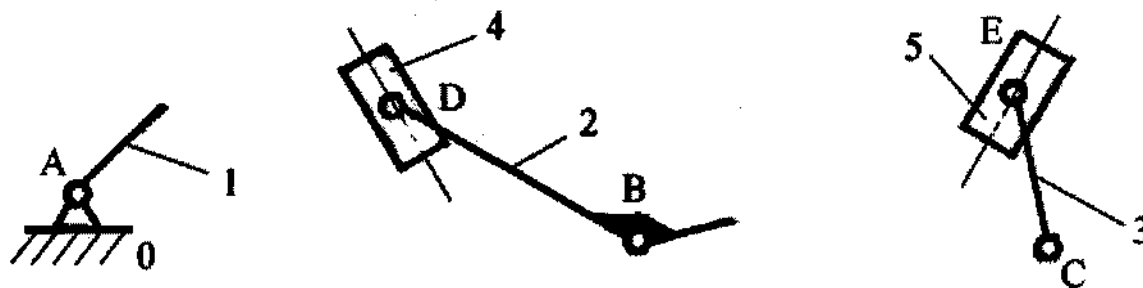


Рис. 3. Кинематические группы механизма

Структурная формула, определяющая порядок построения механизма, запишется следующим выражением

$$I(0,1) \rightarrow II(2,4) \rightarrow II(3,5)$$

Данная формула означает, что к кинематической группе I класса, состоящую из стойки 0 и ведущего звена 1, присоединяется группа II класса, состоящая из шатуна 2 и ползуна 4, а к ней в свою очередь присоединяется группа II класса, образованная звеньями 3 и 5.

ПРИМЕЧАНИЕ: Разбивка структурной схемы механизма всецело зависит от ведущего звена. Так, если в нашей схеме по рис.2 ведущим звеном будет являться ползун 4, то механизм разбивается на кинематические группы изображенные на рис.4.

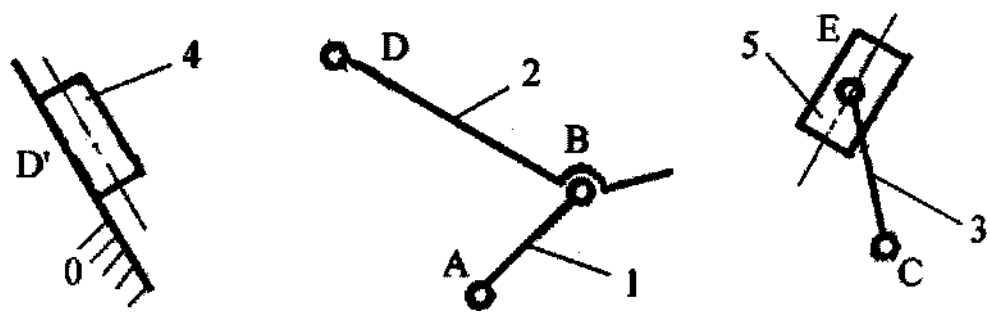


Рис. 4. Кинематические группы механизма при ведущем 4 звене.

Структурная формула в этом случае принимает вид

$$I(0,4) \rightarrow II(2,1) \rightarrow II(3,5)$$

Если же ведущим звеном сделать звено 5, то механизм превращается в механизм III класса с группами Ассура, изображенными на рис.5.

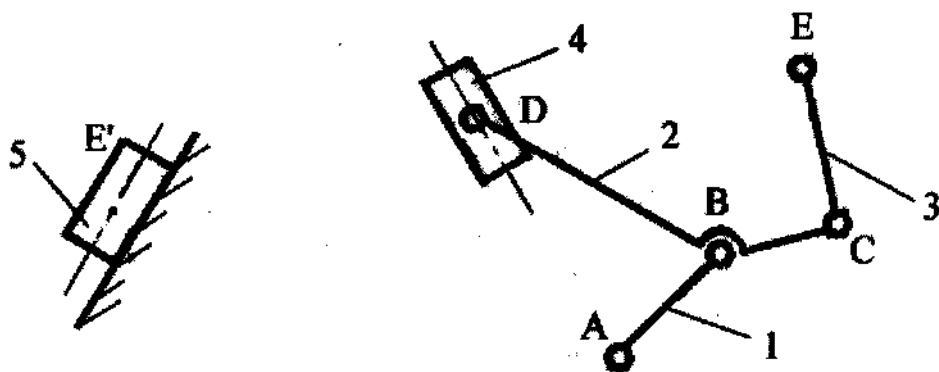


Рис. 5. Кинематические группы механизма при ведущим 5 звене.

Структурная формула, при ведущем звене 5 механизма изображенного на рис 2, принимает вид

$$I(0,5) \rightarrow III(3,2,1,4)$$