

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Методические указания к выполнению лабораторных работ*

АНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2011

## СОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ (КИНЕМАТИЧЕСКИХ) СХЕМ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМОВ

*Цель работы* – составление схем по действующим моделям механизмов и определение основных характеристик механизмов.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Механизм** – система твердых тел, предназначенная для преобразования заданного движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел. В теории механизмов и машин под твердыми телами понимают как абсолютно твердые, так и деформируемые и гибкие тела. Так, например, в гидравлическом механизме преобразование движения происходит посредством твердых и жидких тел, а в пневматическом – посредством твердых и газообразных тел.

Любой механизм состоит из звеньев, образующих между собой кинематические пары.

**Звено механизма** – твердое тело, входящее в состав механизма. Звено может состоять из нескольких деталей (отдельно изготовленных частей), жестко связанных между собой и совершающих один вид движения. Различают подвижные и неподвижные звенья. Условные обозначения звеньев механизма приведены на рис 1.1.

**Стойка** – неподвижное звено механизма, представляющее собой совокупность всех неподвижных элементов механизма (рис. 1.1а). В механизме может быть только одно неподвижное звено.

**Кривошип** – звено, вращающееся вокруг неподвижной оси и совершающее при этом полный оборот (рис 1.1б). Угол поворота кривошипа  $\varphi \geq 360^\circ$ .

**Коромысло (балансир)** – звено, вращающееся вокруг неподвижной оси и совершающее при этом неполный оборот, т.е. выполняющее возвратно-вращательное движение (рис 1.1в). Угол поворота коромысла  $\varphi < 360^\circ$ .

**Ползун** – звено, совершающее прямолинейное возвратно-поступательное движение относительно неподвижной направляющей (рис. 1.1г).

**Шатун** – звено, кинематически не связанное со стойкой и совершающее плоскопараллельное (сложное) движение (рис. 1.1д).

**Кулиса** – звено механизма, вращающееся относительно неподвижной оси и образующее с другим подвижным звеном поступательную пару; **камень** – звено с меньшей протяженностью элемента подвижной поступательной пары (рис. 1.1е).

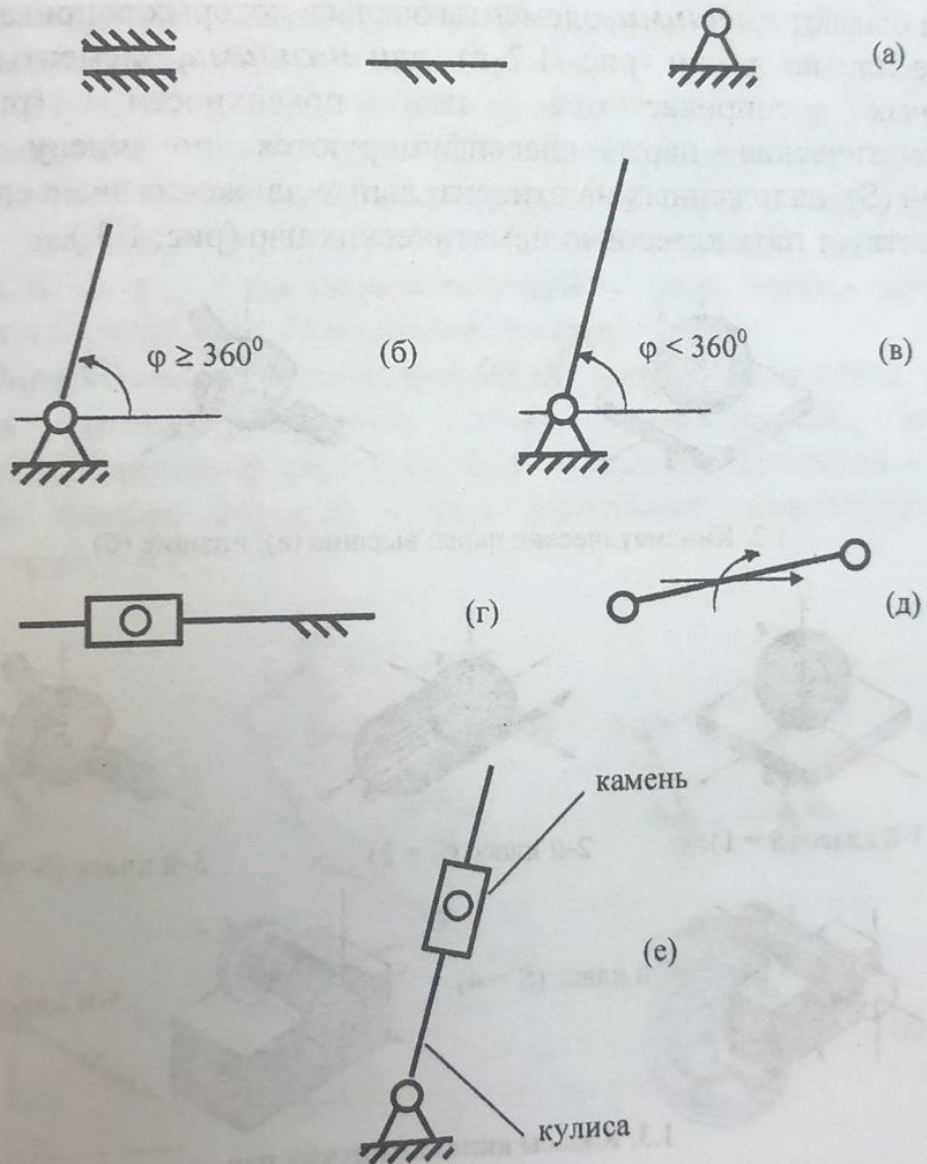


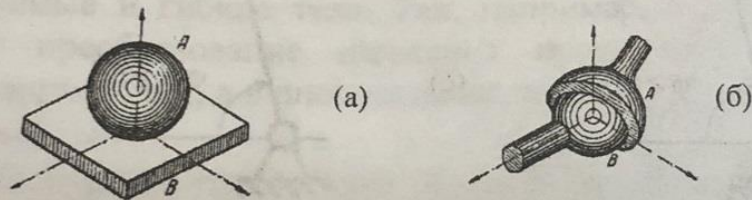
Рис. 1.1. Условные обозначения звеньев механизмов

**Входное звено** – звено, которому задается простейший закон движения ( $\omega = \text{const}$ ,  $\omega = \text{var}$ ).

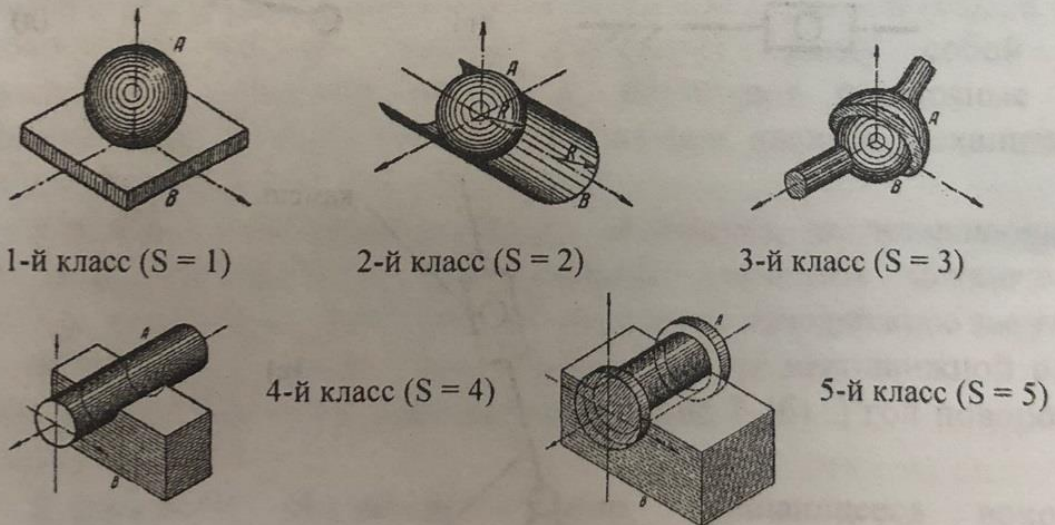
**Выходное звено** – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

**Обобщенная координата механизма** – независимая координата, однозначно определяющая положение всех его звеньев относительно стойки.

**Кинематическая пара** – соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение. Кинематические пары бывают **высшими**, элементы звеньев которых соприкасаются в точке или по линии (рис. 1.2 а), или **низшими**, элементы звеньев которых соприкасаются по поверхности (рис. 1.2 б). Кинематические пары классифицируются по числу условий связей ( $S$ ), наложенных на относительные движения звеньев в парах. Существует пять классов кинематических пар (рис. 1.3.).



1.2. Кинематические пары: высшие (а), низшие (б)



1.3. Классы кинематических пар

Система звеньев, связанных между собой кинематическими парами, образует *кинематическую цепь*. Кинематические цепи бывают: простые и сложные; замкнутые и незамкнутые; плоские и пространственные; определенные и неопределенные. какое

*Простой кинематической цепью* называется цепь, звенья которой входят в состав не более, чем двух кинематических пар (рис. 1.4 а, в, г, д), а *сложной* – цепь, в которой присутствует хотя бы одно звено, входящее в состав более, чем двух кинематических пар (рис. 1.4 б).

*Замкнутой кинематической цепью* называется цепь, каждое звено которой входит как минимум в две кинематические пары (рис. 1.4а, б, в, д), а *незамкнутой* – цепь, в которой есть звенья, входящие только в одну кинематическую пару (рис. 1.4 г).

*Плоской кинематической цепью* называется цепь, звенья которой движутся в одной или в параллельных плоскостях (рис. 1.4а, б, в, г), а *пространственной* – цепь, звенья которой движутся в пересекающихся плоскостях (рис. 1.4 д).

*Определенной кинематической цепью* называется цепь, движения звеньев которой носят вынужденный, строго определенный характер (рис. 1.4 а, б, в, д), а *неопределенной* – цепь, движения звеньев которой имеют хаотичный, неопределенный характер (рис. 1.4 г).

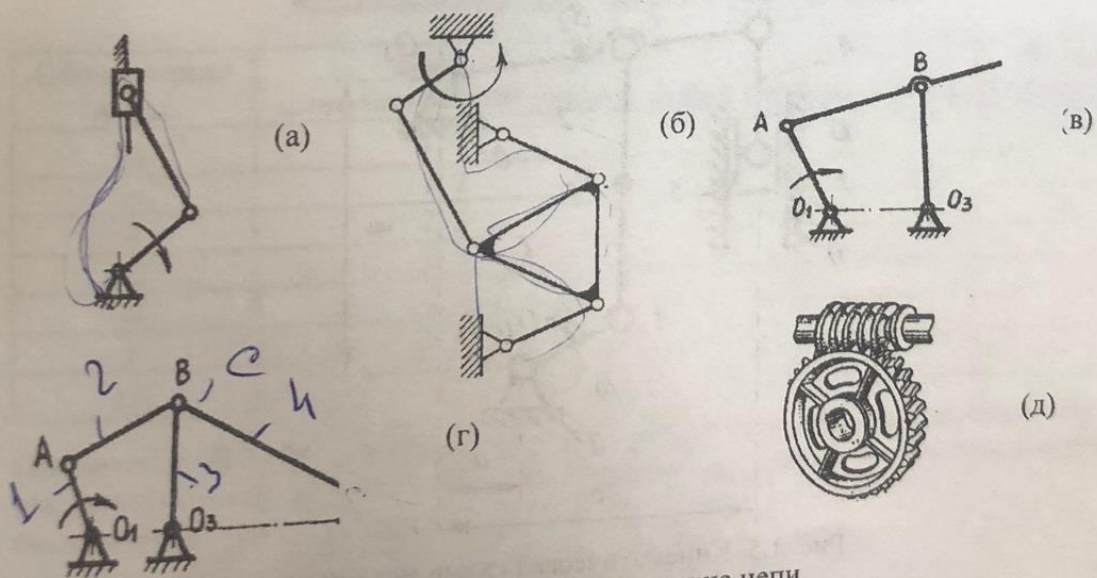


Рис. 1.4. Кинематические цепи

**Структурная схема механизма** – схема, дающая представление о взаимосвязи между отдельными звеньями механизма. Она может быть представлена графическим изображением с применением условных обозначений звеньев и кинематических пар или аналитической записью, при этом абсолютные длины звеньев не учитываются.

**Кинематическая схема механизма** – это его структурная схема, выполненная с учетом размеров звеньев. Кинематическая схема не отражает внешних конструктивных форм механизма, но дает полное представление о характере движения звеньев и способе их соединения между собой.

На структурных и кинематических схемах звенья обозначают арабскими цифрами, начиная с входного (на модели оно определяется наличием рукоятки), стойку обозначают цифрой 0. Кинематические пары обозначают прописными латинскими буквами. Вращательную кинематическую пару, образованную подвижным звеном со стойкой, обозначают буквой «O» с индексом, соответствующим номеру подвижного звена.

Пример кинематической схемы механизма вытяжного пресса с учетом условных обозначений звеньев и кинематических пар представлен на рис. 1.5.

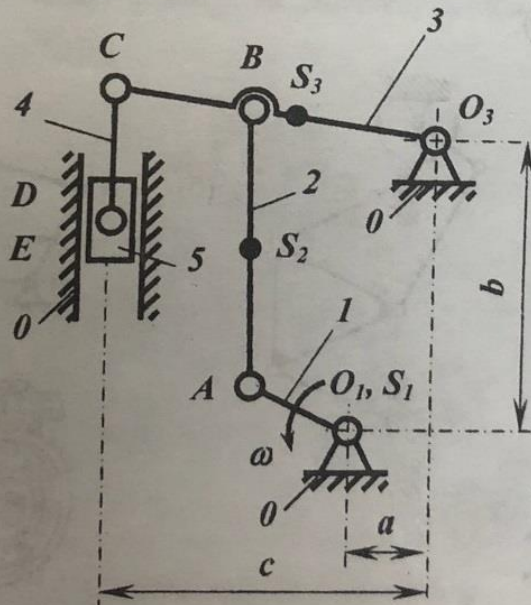


Рис. 1.5. Кинематическая схема механизма вытяжного пресса

Способ соединения звеньев механизма между собой определяет характер их относительного движения и вид кинематической пары. Для механизма, представленного на рис. 1.5, кинематические пары  $O_1, A, B, C, D, O_3$  – вращательные, т.е. цилиндрические шарниры, а кинематическая пара  $E$  – поступательная. Траектории подвижных осей шарниров:  $A$  – окружность;  $B$  и  $C$  – дуга окружности;  $D$  – вертикальная прямая.

Основные характеристики механизма сведены в таблицы 1.1, 1.2 и 1.3.

Таблица 1.1

**Подвижные звенья механизма**

Звенья	1	2	3	4	5
Характер движения	Вращательное	Сложное плоское	Возвратно-вращательное	Сложное плоское	Возвратно-поступательное

Таблица 1.2

**Кинематические пары в механизме**

Обозначение пары	Звенья кинематической пары	Вид кинематической пары	Особые свойства
$O_1$	1, 0	В	-
$A$	1, 2	В	-
$B$	2, 3	В	-
$C$	3, 4	В	-
$D$	4, 5	В	-
$E$	5, 0	П	-
$O_3$	3, 0	В	-

Примечание. В - вращательная, П – поступательная; в столбце «особые свойства» следует указывать кулисные пары и двойные шарниры (число звеньев в шарнире более двух)

### Шарниры с подвижными осями

Таблица 1.3

Обозначение шарнира	A	B	C	D
Вид траектории оси	Окружность	Дуга окружности	Дуга окружности	Вертикальная прямая

На рисунке 1.6. представлен механизм дизель-воздуходувной установки.

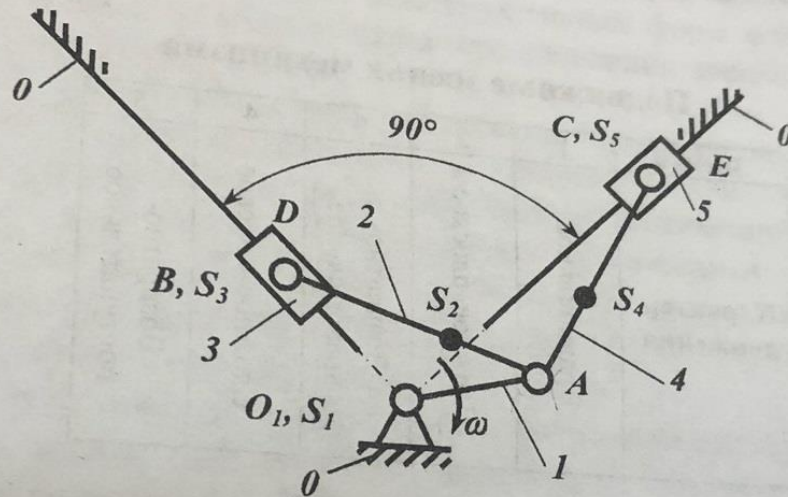


Рис. 1.6. Механизм дизель-воздуходувной установки

Основные характеристики механизма сведены в таблицы 1.4, 1.5 и 1.6.

Таблица 1.4

### Подвижные звенья механизма

Звенья	1	2	3	4	5
Характер движения	Вращательное	Сложное плоское	Возвратно-поступательное	Сложное плоское	Возвратно-поступательное



Кинематические пары в механизме

Таблица 1.5

Обозначение пары	Звенья кинематической пары	Вид кинематической пары	Особые свойства
$O_1$	1, 0	В	-
$A$	1, 2	В	двойной шарнир
$B$	1, 4	В	-
$C$	2, 3	В	-
$D$	4, 5	В	-
$E$	3, 0	П	-
	5, 0	П	-

Таблица 1.6

Шарниры с подвижными осями

Обозначение шарнира	$A$	$B$	$C$
Вид траектории оси	Окружность	Наклонная прямая	Наклонная прямая

### Определение степени подвижности механизма

**Степень подвижности механизма** – число независимых обобщенных координат механизма. Для механизмов с независимыми от времени (стационарными) связями степень подвижности равна числу обобщенных координат, т.е. числу звеньев с заданным движением (входных звеньев).

Для плоских рычажных механизмов степень подвижности определяется по формуле П.Л. Чебышева

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

где  $n$  – число подвижных звеньев;  $p_5$  – число кинематических пар 5-го класса;  $p_4$  – число пар 4-го класса.

При использовании формулы П.Л. Чебышева следует исключать пассивные, избыточные связи и лишние степени свободы.

В механизме, представленном на рис 1.5:  $n = 5$ ;  $p_5 = 7$ ;  $p_4 = 0$  (нет высших пар):

$$W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1; \quad W = n_{ax} = 1$$

В механизме, представленном на рис 1.6:  $n = 5$ ;  $p_5 = 7$ ;  $p_4 = 0$  (в шарнире А соединены три звена 1; 2; 4, образующих между собой число кинематических пар пятого класса на единицу меньше, чем число звеньев в шарнире):

$$W = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1; \quad W = n_{ax} = 1$$

Следовательно, достаточно задать закон движения только одному звену для определенности движения всех подвижных звеньев относительно стойки.

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Получить модель механизма, записать ее шифр.
2. Составить и изобразить структурную (кинематическую) схему механизма, стрелкой обозначить входное звено.
3. Обозначить звенья арабскими цифрами, кинематические пары латинскими буквами. Определить основные характеристики механизма и заполнить табл. 1.1, 1.2, 1.3.
4. Определить степень подвижности механизма.
5. Получить структурную схему механизма (Приложение 1) и выполнить пункты 3 и 4.
6. Составить отчет.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие звенья наиболее характерны для плоских рычажных механизмов?
2. Каковы признаки рычажного механизма?
3. Какое звено механизма называют входным?
4. Какое звено называют кулисой?
5. Какую кинематическую пару называют кулисной?
6. Укажите кулису в рассматриваемом механизме.
7. Чем отличается камень от ползуна?
8. Укажите шатун в рассматриваемом механизме.
9. Каковы характерные признаки низших кинематических пар?
10. Каковы характерные признаки высших кинематических пар?
11. Критерий определения класса кинематической пары?