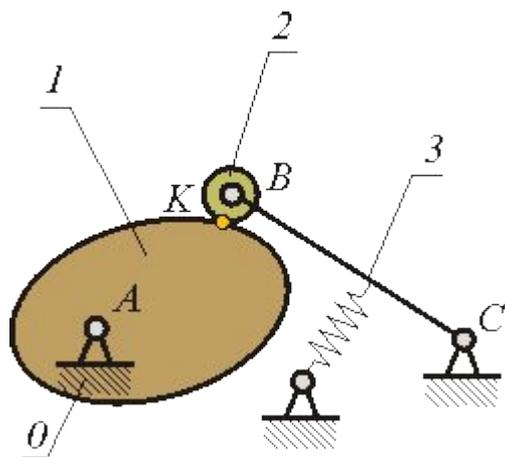


# ***Теория механизмов и машин***

**Кафедра  
«Конструирования и стандартизации в  
машиностроении»**



***Вводная лекция***

Г. Иркутск

# Основная литература

---

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Альянс, 2011. – 640 с.
2. Теория механизмов и машин : учеб. пособие для вузов по машиностроит. специальностям /М.З. Коловский [и др.]. – М. :Академия, 2008. – 557с.
3. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин: учеб пособие для студентов вузов по техн. спец. – М.: Юрайт, 2012. – 351с. – (Бакалавр)
4. Борисенко Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов: учебное пособие по машиностроительным специальностям. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 284с.

# Дополнительная литература

---

5. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин: учебное пособие/ А.С.Кореняко [и др.]. – Репринт. изд.– М.: МедиаСтар, 2012. – 330с.
6. Матвеев Ю.А., Матвеева Л.В. Теория механизмов и машин: учеб. пособие для вузов. – М.: Альфа – М, 2009. – 316с.
7. Кузнецов Н.К. Теория механизмов и машин: учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – 104 с.
8. Шматкова А.В.Теория механизмов и машин: учеб. пособие. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – 160 с.

# Тема 1. Введение в курс

---

## 1.1. Предмет и задачи курса

### **Теория механизмов и машин**

(ТММ) – это наука, изучающая общие методы структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза различных механизмов и машин.

# Особенности дисциплины

---

1. В отличие от теоретической механики, в которой рассматриваются *виртуальные* тела в виде материальной точки или абсолютно твердого тела, в ТММ изучаются *реальные* тела, *связанные* между собой кинематическими парами и характеризующимися определенными размерами, формой, расположением в пространстве.

# Особенности дисциплины

---

2. В ТММ, как правило, изучаются *идеализированные модели* механизмов и процессов, протекающих в них. При этом звенья механизмов и машин представляются как твёрдые недеформируемые тела, а в процессе работы не учитываются люфты, колебания, зазоры и силы трения. В то же время, в ТММ имеются специальные разделы, в которых изучается влияние этих факторов, например, в разделе «Виброзащита машин» производится учет упругости звеньев, в разделе «Трибофатика» - учет сил трения и т.д.

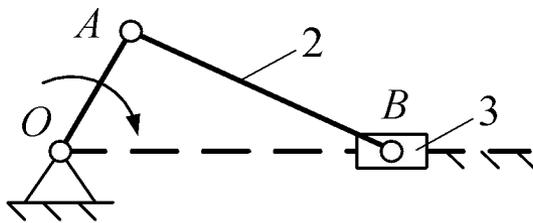
# Особенности дисциплины

---

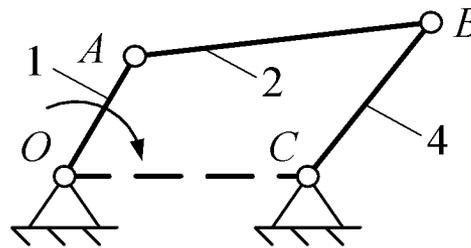
3. В отличие от специальных дисциплин, в которых изучаются машины и механизмы, в ТММ рассматриваются методы анализа и синтеза *ТИПОВЫХ* механизмов, пригодные для анализа любой машины, независимо от их технического назначения.

# Типовые механизмы

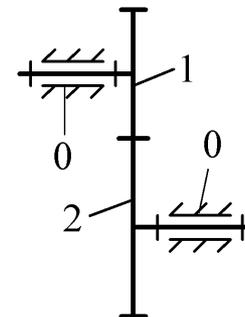
Типовыми механизмами будем называть простые механизмы, имеющие при различном функциональном назначении широкое применение в машинах, для которых разработаны типовые методы и алгоритмы синтеза и анализа: рычажные, зубчатые, планетарные, кулачковые, манипуляционные механизмы и т.д.



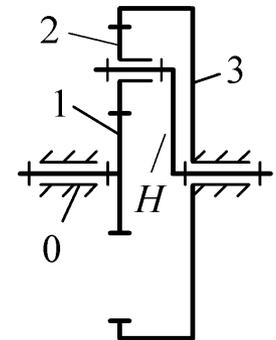
а



б



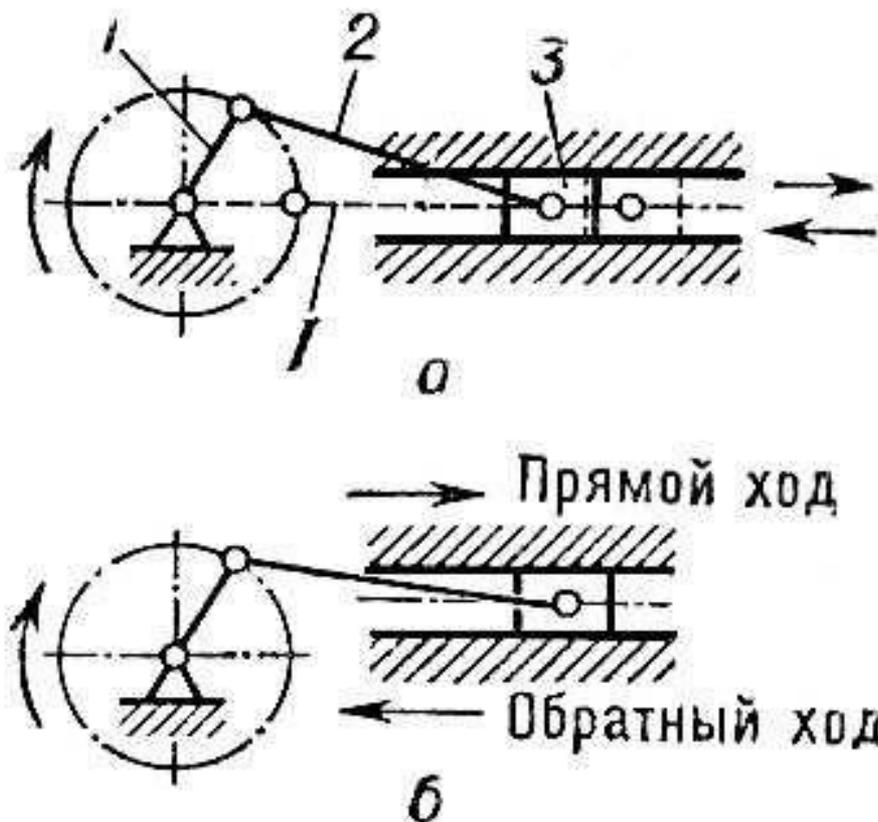
а



б

## Рассмотрим в качестве примера кривошипно-ползунный механизм

Этот механизм широко применяется в различных машинах: двигателях внутреннего сгорания, поршневых компрессорах и насосах, станках, прессах и т. д. Если сообщить вращение кривошипу 1, то получим компрессор, если подавать давление на поршень 3 получим ДВС.



где, 1-кривошип; 2-шатун; 3-ползун

# Задачи ТММ

---

В ТММ решаются две основные задачи:

-  *задача анализа*, которая заключается в исследовании геометрических, кинематических, динамических характеристик заданного механизма и машины.
-  *задача синтеза*, которая состоит в нахождении кинематической схемы машины или механизма, удовлетворяющей заданным геометрическим, кинематическим и динамическим свойствам.

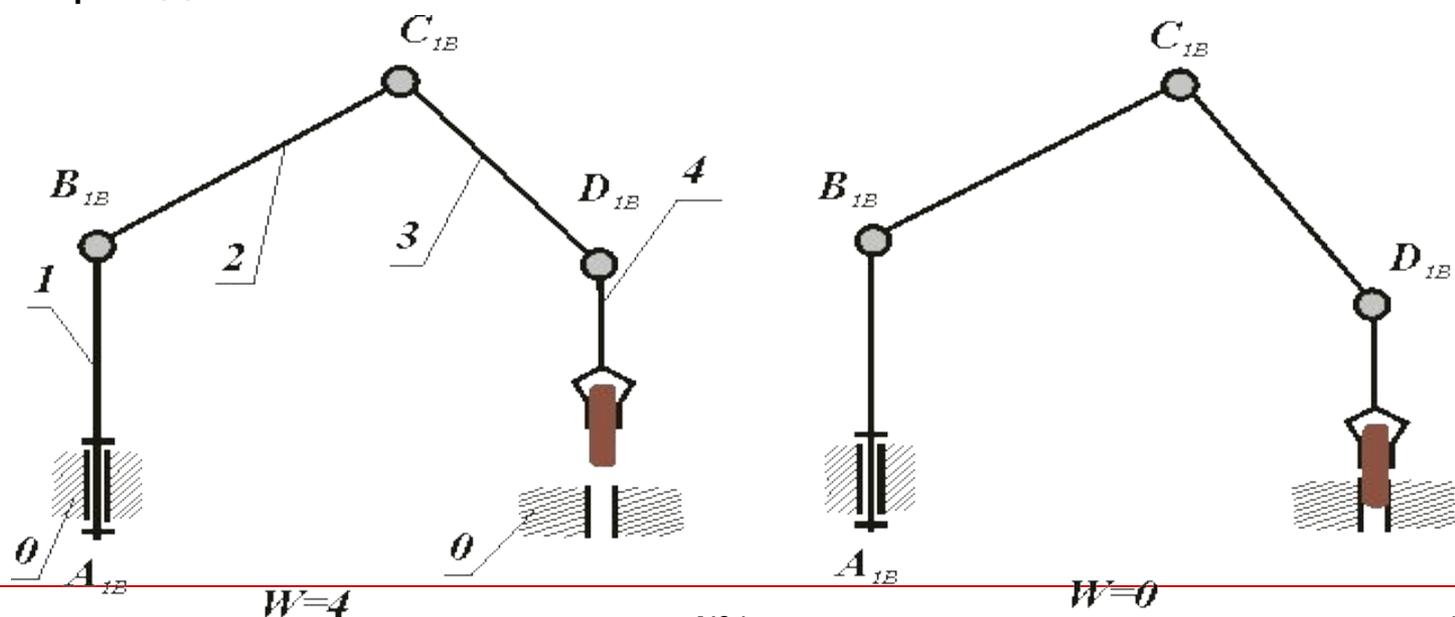
# Связь с другими дисциплинами

---

Данная дисциплина основывается на законах *теоретической механики* и *физики* и предназначена для закрепления и обобщения знаний, полученных студентами при изучении *математики, начертательной геометрии* и *инженерно-компьютерной графики*, а также предоставления знаний, необходимых для последующего освоения таких дисциплин, как *детали машин, проектирование самолетов и двигателей* и других специальных дисциплин и дисциплин специализаций, предусмотренных государственным образовательным стандартом.

## 1.2. Основные этапы развития ТММ

Как самостоятельная научная дисциплина ТММ, подобно другим прикладным разделам науки, возникла в результате промышленной революции начало которой относится к 30-м годам XVIII века. Однако машины существовали за долго до этой даты. Поэтому в истории развития ТММ можно условно выделить четыре периода:



# ***1-й период - до начала XIX века***

Период **эмпирического машиностроения** в течение которого изобретается большое количество простых машин и механизмов: подъемники, мельницы, камнедробилки, ткацкие и токарные станки, паровые машины (Леонардо да Винчи (тк. ст., д/о и печ. м.), Уатт (рег.), Ползунов И.И. (пар. дв.), Кулибин И.И.(авт.часы)). Закладываются и основы теории: теорема о изменении кинетической энергии и механической работы, "золотое правило механики", законы трения (фр. Амонтон, Кулон), понятие о передаточном отношении, основы геометрической теории циклоидального и эвольвентного зацепления (шв. Эйлер).

## **2-й период - до начала XIX века**

---

Период **начала развития** ТММ. В это время разрабатываются такие разделы как кинематическая геометрия механизмов (фр. Шаль, Оливье), кинетостатика (фр.Кориолис), расчет маховиков (фр.Понселе), классификация механизмов по функции преобразования движения (фр. Монж, Лану), аналит. метод иссл. планет. мех. (англ. Виллис) и другие разделы. Пишутся первые научные монографии по механике машин (Виллис, Бориньи), читаются первые курсы лекций по ТММ и издаются первые учебники (Бетанкур, Чижов, Вейсбах).

## **3-й период - от второй половины XIX века до начала XX века**

---

Период **фундаментального развития** ТММ. За этот период разработаны: основы структурной теории (Чебышев П.Л., Сомов, Малышев А.И.), основы теории регулирования машин (Вышнеградский И.А.), основы теории гидродинамической смазки (Грюблер), основы аналитической теории зацепления (Оливье, рус. Гохман Х.И.), основы графоаналитической динамики (Виттенбауэр, Мерцалов Н.И.), структурная классификация и структурный анализ (Ассур Л.В.), метод планов скоростей и ускорений (фр. Мор, Манке), правило проворачиваемости механизма (Грасгоф) и т.д.

# **4-й период - от второй половины XIX века до начала XX века**

---

Период **интенсивного развития** всех направлений ТММ.

Автоматизация производства, увеличение скоростей движения и развитие систем автоматического управления механическим движением привели к созданию принципиально новых машин и систем машин (летательные аппараты, станки с программным управлением, промышленные роботы, автоматические и роторные линии, робототехнические и гибкие производственные системы и т. д.). В этот период получили развитие новые научные направления ТММ: динамика тел переменной массы, теория машин автомат. действия, виброзащита, трибофатика, и, наконец, мехатроника.

# Ученые-механики

---

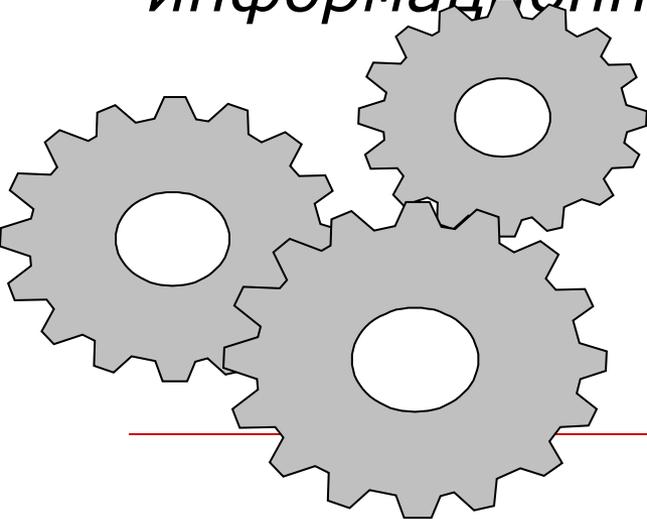
Среди отеч. ученых необходимо отметить работы Артоболевского И.И.(1905-1977), Левитского Н.И; в области структуры механизмов - работы Малышева А.И.(1879-1962), Решетова Л.Н; по кинематике механизмов - работы Колчина Н.И., Зиновьева В.А. (1899-1975); по геометрии зубчатых передач - работы Литвина Ф.Л, Новикова М.Л.; по динамике машин - Горячкин В.П., Смирнов А.П. (1877-1954) Кожевников С.Н., Фролов К.В. и др. Из зарубежных ученых необходимо отметить работы Альта Х., Бегельзака Г., Бейера Р., Крауса Р., Кросли Ф.

# 1.4. Основные понятия и определения

---

**1. Машина** – это устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации.

Различают – *энергетические, рабочие, информационные и кибернетические* машины.

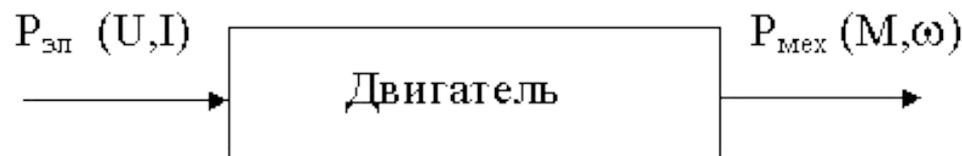


# Энергетические машины:

---

**1.1. Энергетические машины** - это машины, предназначенные для преобразования любого вида энергии в механическое движение и наоборот.

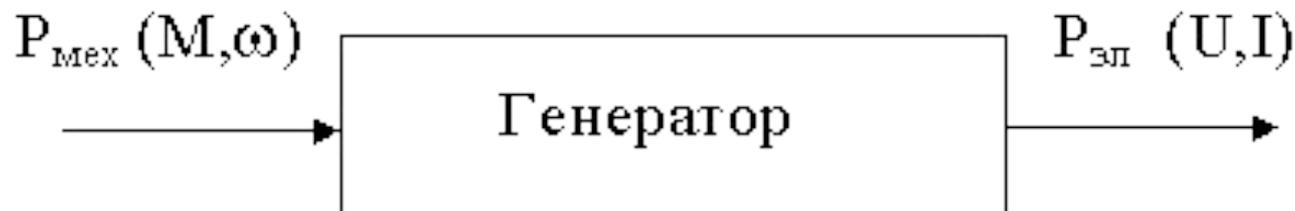
**1.1.1. Машины-двигатели** преобразуют любой вид энергии в механическую (например, электродвигатели преобразуют электрическую энергию, двигатели внутреннего сгорания преобразуют энергию расширения газов при сгорании в цилиндре).



# Энергетические машины:

---

**1.1.2. Машины-генераторы** преобразуют механическую энергию в энергию другого вида (например, электрогенератор преобразует механическую энергию паровой или гидравлической турбины в электрическую).



# ***Рабочие машины:***

---

**1.2. Рабочие машины** – машины, использующие механическую энергию для совершения работы по перемещению и преобразованию материалов. Подразделяются на транспортные и технологические машины.

# Транспортные машины:

---

**1.2.1. Транспортные машины** - это рабочие машины, в которых преобразование материала состоит только в изменении его положения.



# Технологические машины:

---

**1.2.2. Технологические машины** - это машины, преобразование материалов в которых состоит в изменении формы, свойств и положений.



# **Информационные машины**

---

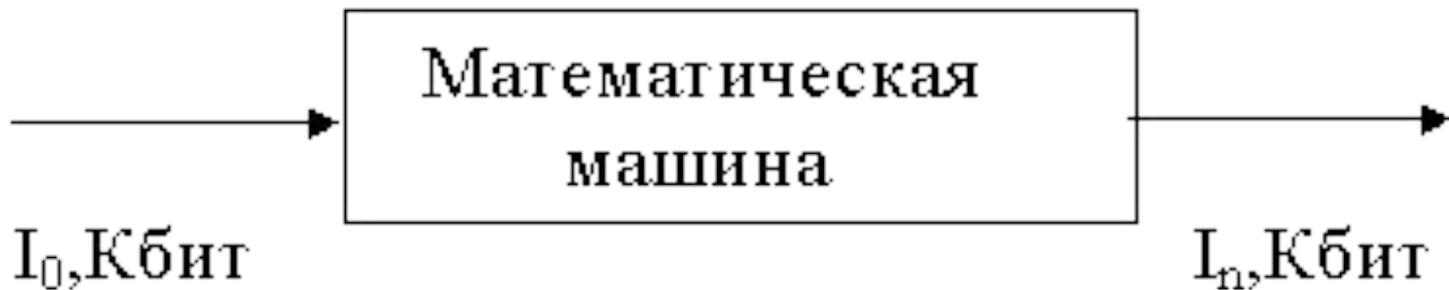
**1.3. Информационные машины** - машины, предназначенные для обработки и преобразования информации.

Они подразделяются на *математические* и *контрольно-управляющие* машины

# Информационные машины

---

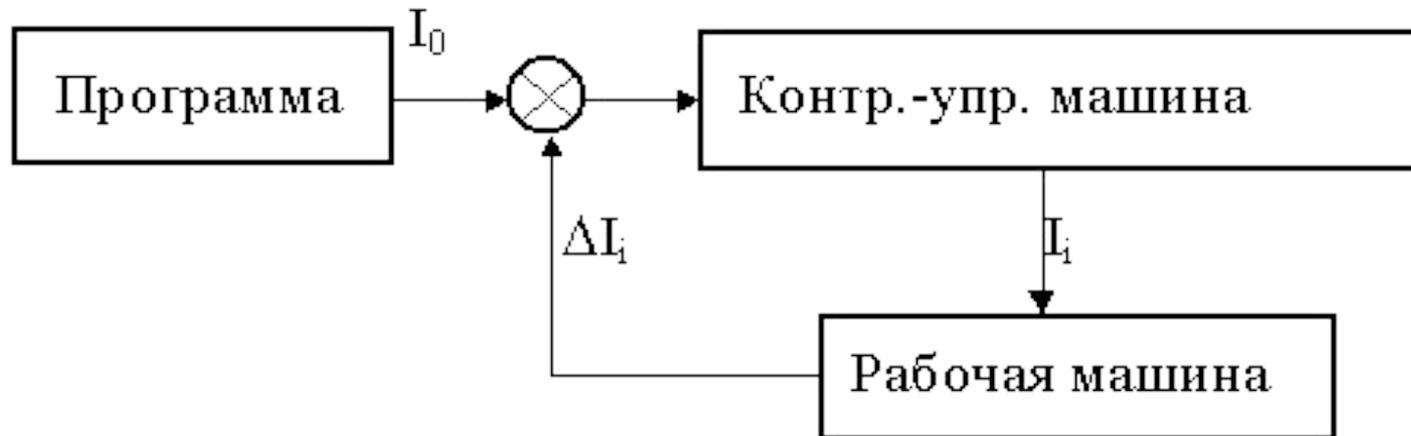
**1.3.1. Математические машины** – это машины, которые преобразуют входную информацию в математическую модель исследуемого объекта (ЭВМ, компьютеры и т. п.).



# Информационные машины

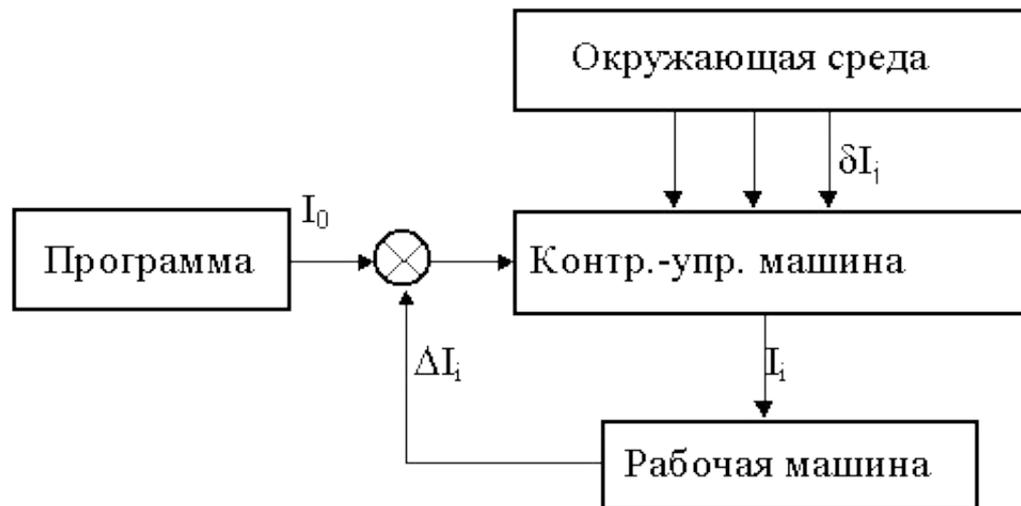
## 1.3.2. Контрольно-управляющие машины

преобразуют входную информацию (программу) в сигналы управления рабочей или энергетической машиной (компьютеры, рабочие станции и т.п.)



# Кибернетические машины

**1.4. Кибернетические машины** - машины, заменяющие или имитирующие механические, биологические и физиологические процессы, присущие человеку и живой природе и которые способны изменять программу своих действий в зависимости от состояния окружающей среды (роботы, андроиды и т.д.)



## **2.Механизм**

---

**Механизмом** называется система твердых тел, предназначенная для передачи и преобразования заданного движения одного или нескольких тел в требуемые движения других твердых тел.

# 3. Передаточный механизм

---

**Передаточный механизм (привод)** – это механизм, предназначенный для передачи движения от двигателя к рабочей машине.

# ***4.Исполнительный механизм***

---

**Исполнительный механизм** – это механизм, осуществляющий непосредственное воздействие на объект обработки или обрабатываемую среду.

## ***5. Машинный агрегат***

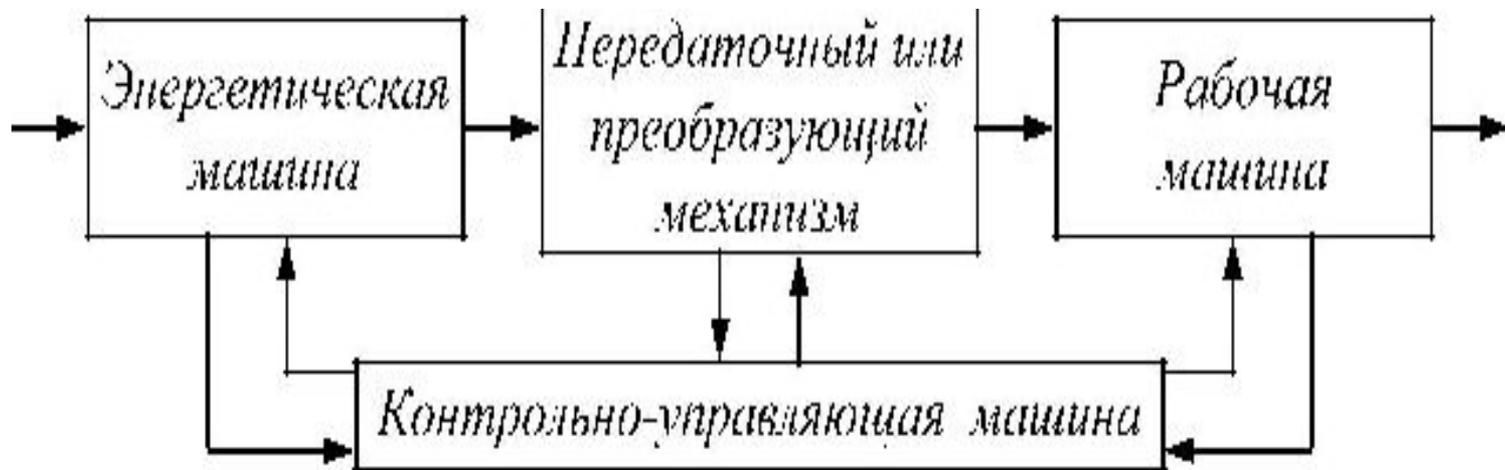
---

***Машинный агрегат*** – это комплексное устройство, состоящее из двигателя, рабочей машины и передаточного механизма, связывающего их.

# Машинный агрегат

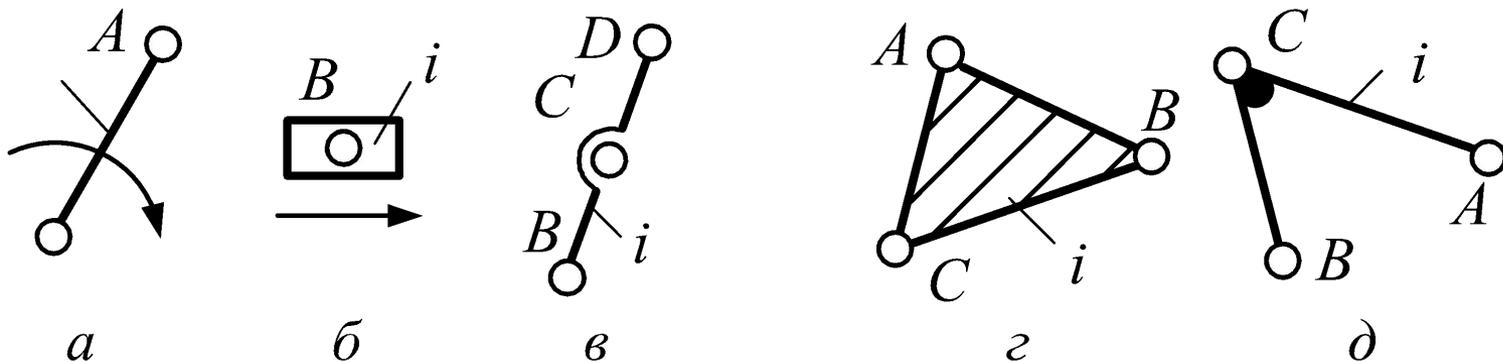
---

## Схема агрегата



# 6. Звено

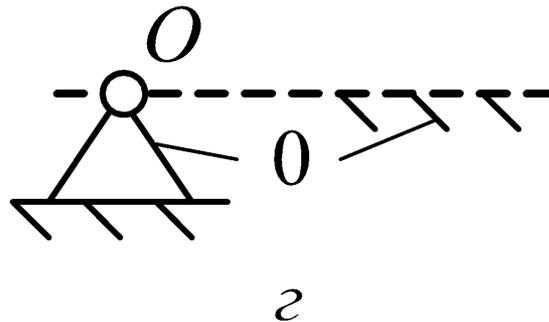
**Звено** – геометрически неизменяемая система, состоящая из одного или нескольких жёстко связанных между собой тел, состоящая как из абсолютно твёрдых, так и гибких тел, кроме жидкостей и газов.



# Виды звеньев

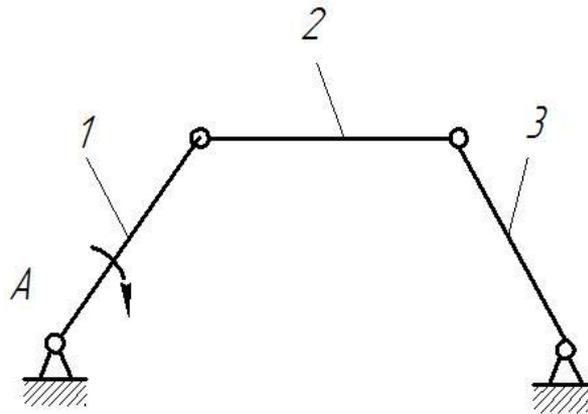
---

**6.1. Стойка** - звено, которое при исследовании механизма принимается за неподвижное.



# Виды звеньев

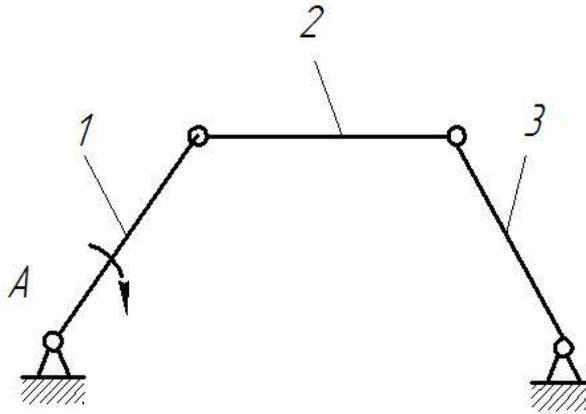
**6.2. Входное звено** – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения других звеньев (звено 1).



# Виды звеньев

---

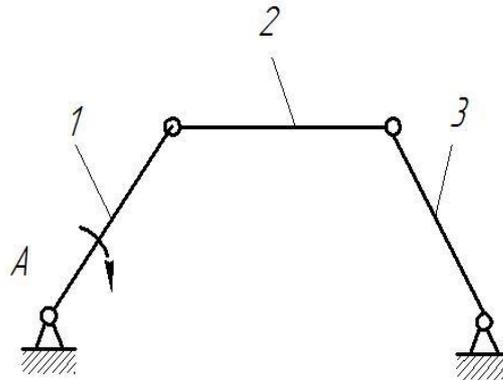
**6.3. Выходное звено** – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм (звено 3).



# Виды звеньев

---

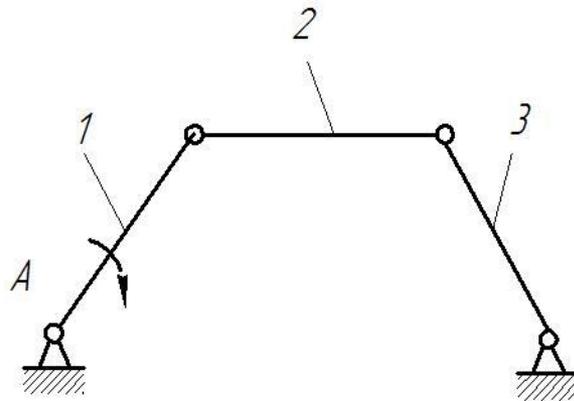
**6.4. Ведущее звено** – звено, для которого сумма работ всех приложенных к нему сил положительна (звено 1).



# Виды звеньев

---

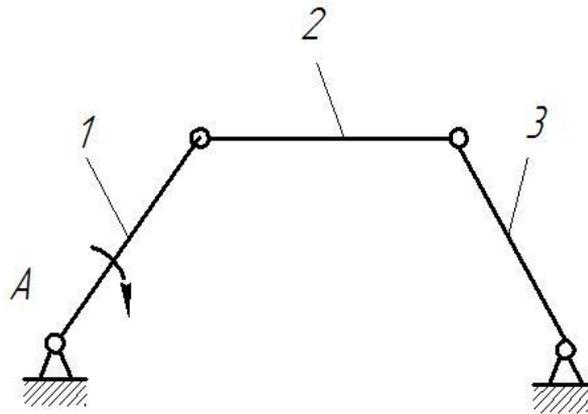
**6.5. Ведомое звено** – звено, для которого сумма работ всех приложенных сил либо отрицательна, либо равна нулю (зв. 2 и 3).



# Виды звеньев

---

**6.6. Начальное звено** – звено, координаты которого являются обобщенными для данного механизма, определяющими движение всех остальных звеньев.

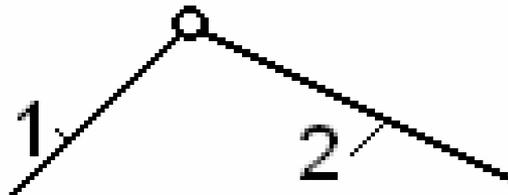


# 7. Кинематическая пара

---

## **Кинематическая пара (КП)**

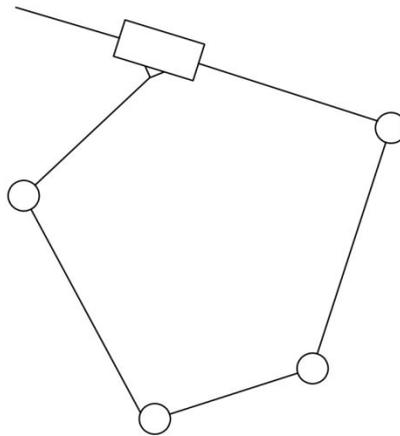
– это подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев.



# 8. Кинематическая цепь

---

**Кинематическая цепь** – система звеньев, образующих между собой кинематические пары.



## **9. Число степеней подвижности**

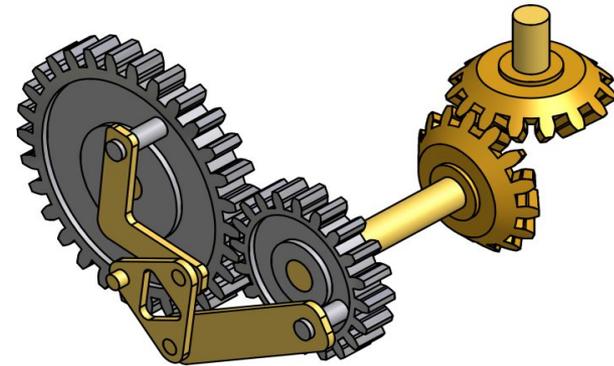
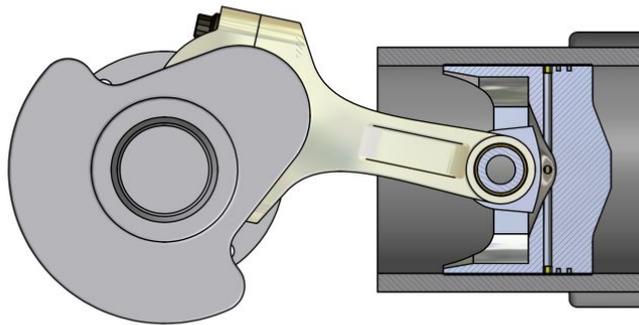
---

**Число подвижностей (степеней подвижности) механизма ( $W$ )** – число обобщенных координат, однозначно определяющих положение всех звеньев механизма.

# Тема 2. Строение механизмов.

## 2.1. Общая характеристика и классификация механизмов.

---



# Общая характеристика механизмов

---

Всякий механизм состоит из отдельных звеньев. Звенья могут быть как *подвижные*, так и *неподвижные*. Обычно обозначаются *арабскими* цифрами. Неподвижное звено – *стойка* (рама или корпус машины) в механизме всегда одна.

# Общая характеристика механизмов

---

Различают следующие виды подвижных звеньев: **кривошип** – вращающееся звено рычажного механизма, которое может совершать полный оборот вокруг неподвижной оси; **коромысло** – вращающееся звено рычажного механизма, которое может совершать только неполный оборот вокруг неподвижной оси; **шатун** – звено рычажного механизма, совершающее плоско-параллельное движение и образующее КП только с подвижными звеньями;

# Общая характеристика механизмов

---

**кулиса** – звено рычажного механизма, вращающееся вокруг неподвижной оси и образующее с другим подвижным звеном поступательную пару (в зависимости от степени протяженности элемента поступательной пары различают «**камень**» (звено меньшей протяженности) и «**направляющую**» (звено большой протяженности) кулисы; **ползун** - звено рычажного механизма, образующее поступательную пару со стойкой. Звенья соединяются между собой с помощью кинематических пар.

# Общая характеристика механизмов



# Классификация механизмов

---

1. Механизмы различают по **областям применения** в соответствии с функциональным назначением (например, механизмы летательных аппаратов, механизмы двигателей внутреннего сгорания; механизмы промышленных роботов, станков, прессов и т.д.).

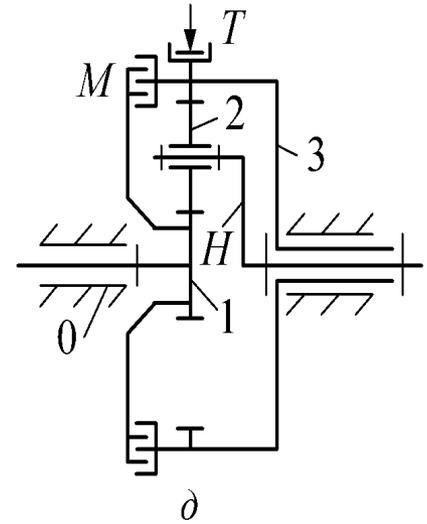
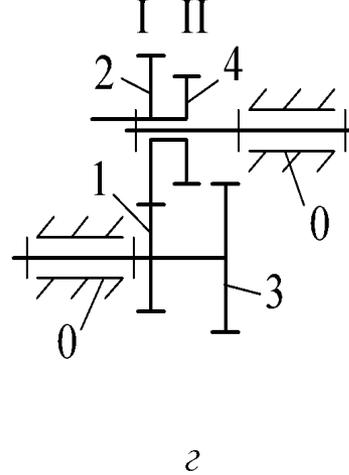
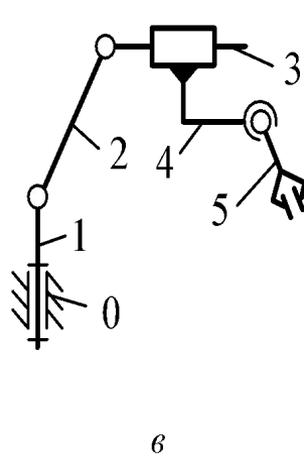
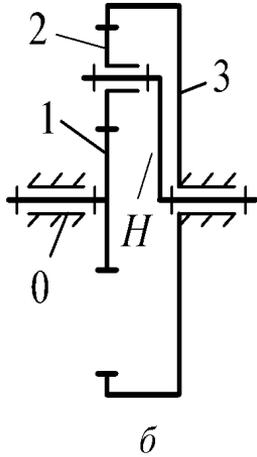
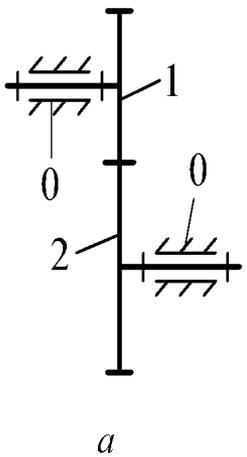
# Классификация механизмов

---

2. По виду **передаточных функций**: с постоянной передаточной функцией; с переменной передаточной функцией, которая в свою очередь может быть нерегулируемой (синусный и тангенсный механизмы) и регулируемой (со ступенчатым регулированием (коробки передач), бесступенчатые (вариаторы)).

# Классификация механизмов

## Примеры



# Классификация механизмов

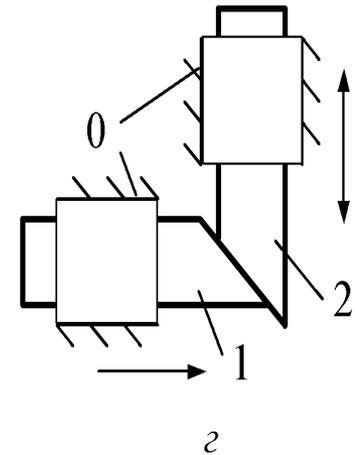
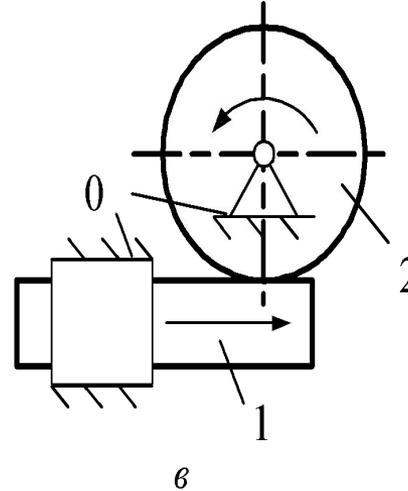
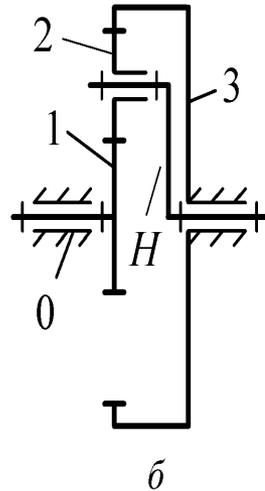
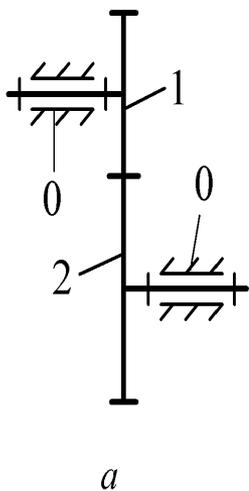
---

3. По виду преобразования движения различают:

- преобразующие *вращательное* во *вращательное* (редукторы  $\omega_{\text{ВХ}} > \omega_{\text{ВЫХ'}}$ , мультипликаторы  $\omega_{\text{ВХ}} < \omega_{\text{ВЫХ'}}$ , муфты  $\omega_{\text{В}} = \omega_{\text{ВЫХ}}$ )(а,б);
- *вращательное* в *поступательное* (в, при ведущем звене 2);
- *поступательное* во *вращательное* (в, при ведущем звене 1);
- *поступательное* в *поступательное* (г).

# Классификация механизмов

## Примеры



# Классификация механизмов

---

4. По расположению звеньев в пространстве:

- *плоские*, где звенья движутся в плоскостях, параллельных неподвижной плоскости (*a, б*);

- *пространственные*, в которых движение происходит в различных непараллельных плоскостях(*в*);



# Классификация механизмов

---

## 5. По виду структуры:

- с *постоянной* структурой – механизмы, структура которых за цикл работы не изменяется (а, б);
- с *переменной* структурой – механизмы, структура которых за цикл работы может изменяться (в).



# Классификация механизмов

---

6. По числу степеней неподвижности:

а) механизмы с *одной* степенью подвижности  $W=1$  (а, в, г);

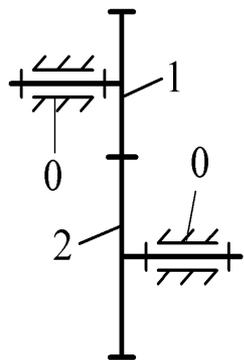
б) механизмы с *несколькими* степенями подвижности  $W>1$  (б):

-суммирующие  
(интегральные);

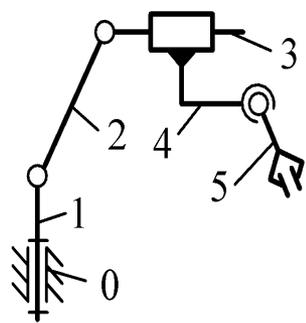
-разделительные  
(дифференциальные).

# Классификация механизмов

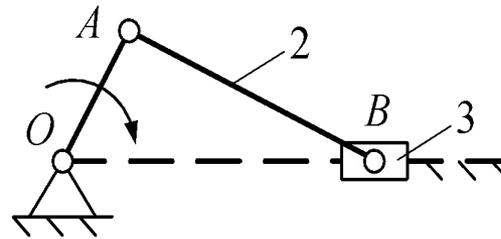
## Примеры



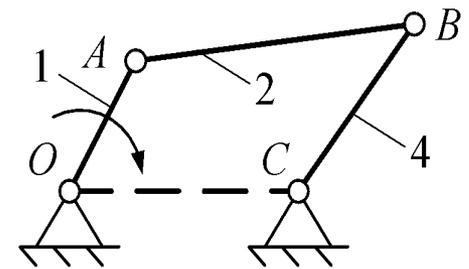
*a*



*б*



*в*



*г*

# Классификация механизмов

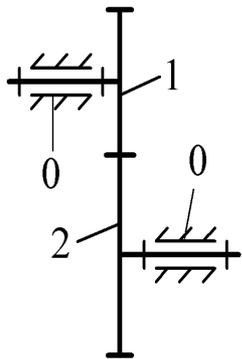
---

## 7. По виду кинематический пар:

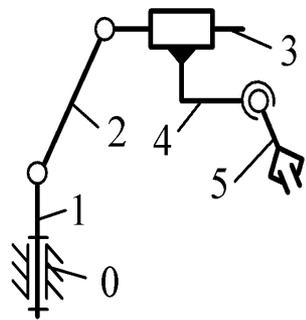
- механизмы с *высшими* парами - механизмы, содержащие хотя бы одну высшую кинематическую пару (*а, б*);
- механизмы с *низшими* парами - механизмы, содержащие только низшие кинематические пары (*в, г*).

# Классификация механизмов

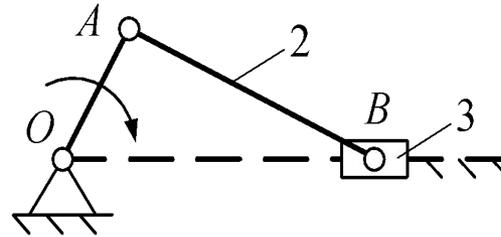
## Примеры



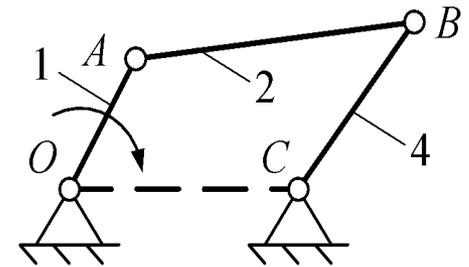
*a*



*б*



*в*



*г*

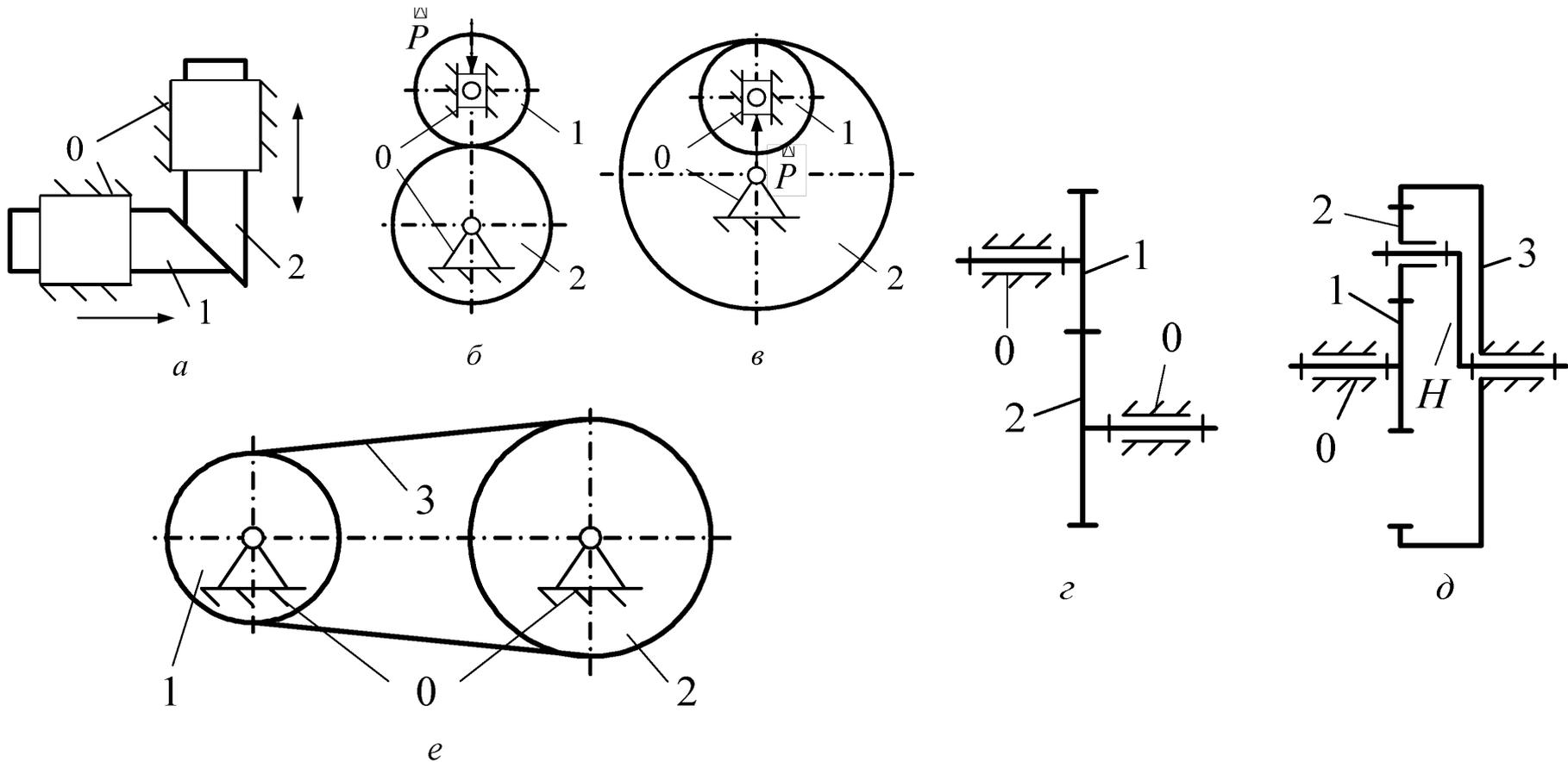
# Классификация механизмов

---

8. По способу передачи и преобразования энергии:

- *фрикционные* механизмы (а, б, в);
- механизмы *зацепления* (г, д);
- механизмы с *гибкой связью* (е);
- *волновые* механизмы – механизмы, преобразующие энергию за счёт создания волновых деформаций;
- *импульсные* механизмы – механизмы, передающие энергию путем создания .

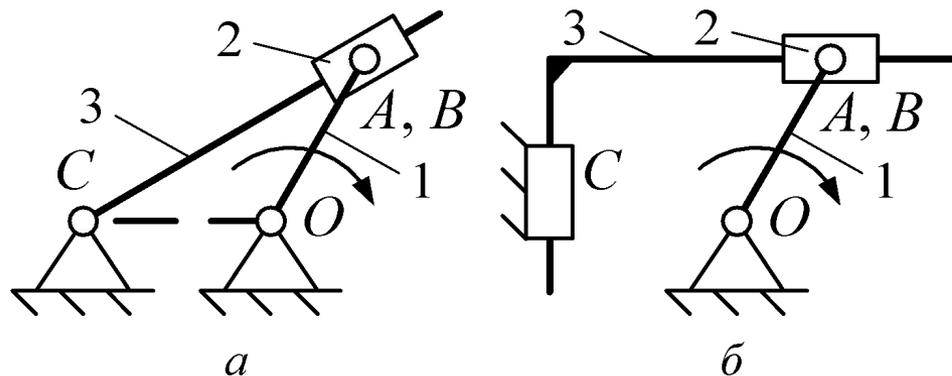
# Классификация механизмов



# Классификация механизмов

## 9. По конструктивному исполнению и движению звеньев:

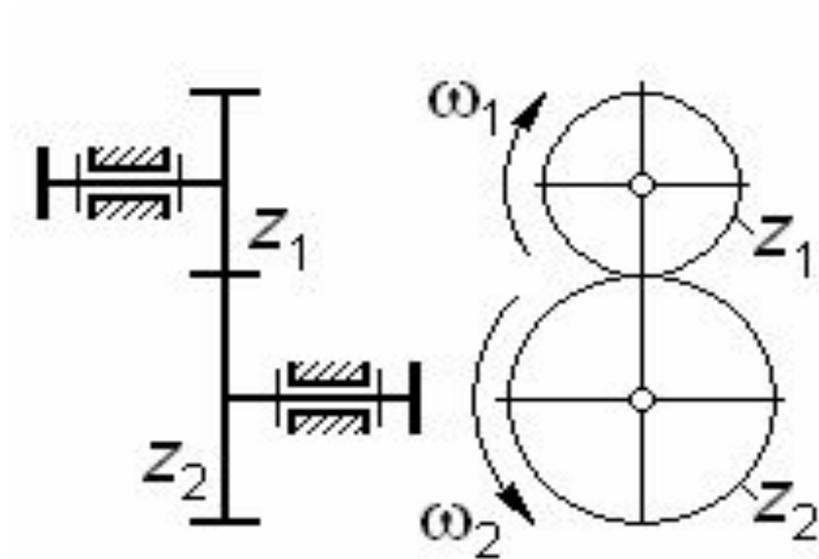
- *рычажные механизмы*



# Классификация механизмов

---

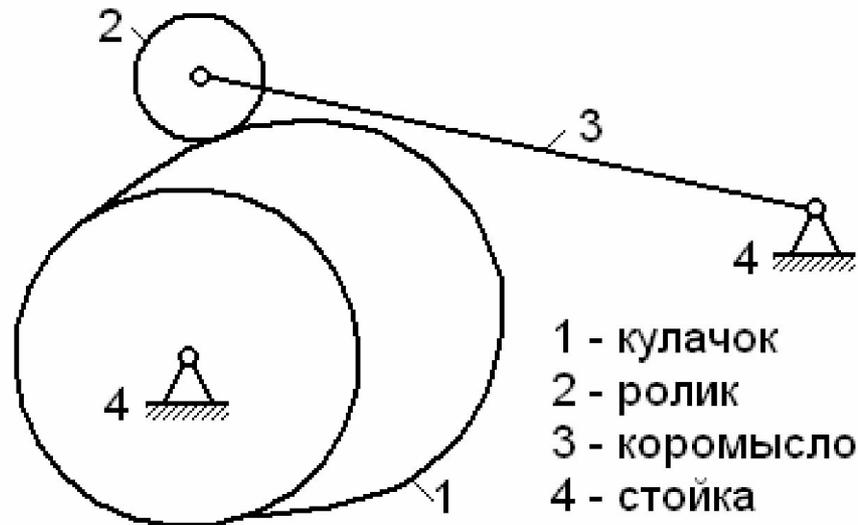
- *зубчатые* механизмы



# Классификация механизмов

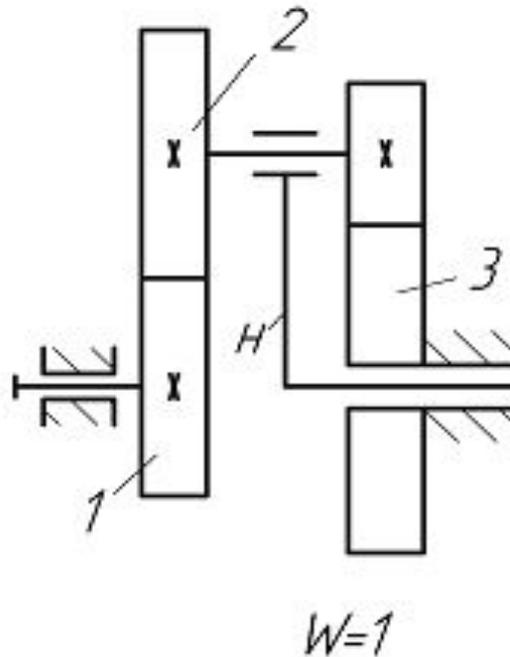
---

## - кулачковые механизмы



# Классификация механизмов

## - планетарные механизмы



# Классификация механизмов

---

- *манипуляционные механизмы*  
(механизмы роботов и др.)

