### Кулачковые механизмы

#### И.И. Сорокина

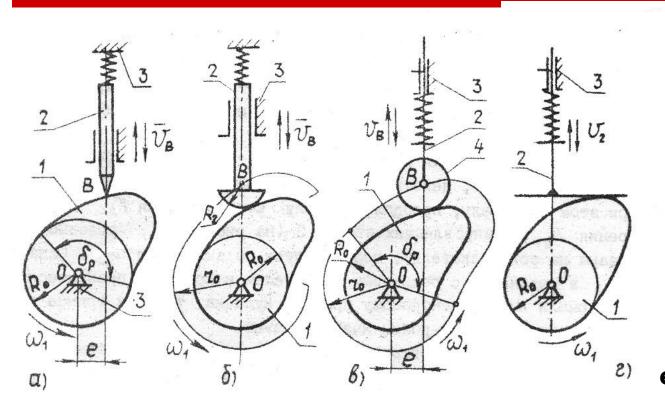
к.т.н., доцент

**Кулачковый механизм** — механизм, образующий высшую кинематическую пару, имеющий подвижное звено, совершающее вращательное движение — *кулак* (*кулачок*) — с поверхностью переменной кривизны или имеющей форму эксцентрика, взаимодействующей с другим подвижным звеном — *толкателем*, если подвижное звено совершает прямолинейное движение, или *коромыслом*, если подвижное звено совершает качание. Кулак, совершающий прямолинейное движение, называется *копиром*.

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана Кафедра М6-КФ, секция «Прикладная механика»

### Виды кулачковых механизмов

#### Плоский кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем



- кулачок вращается
- 2 толкатель возвратнопоступательное движение
- опора
- ролик
- е эксцентриситет

- толкатель
- а) игольчатый б) сферический толкатель
- в) роликовый толкатель
- г) тарельчатый толкатель

### 1. Плоский кулачковый механизм с поступательно движущимся толкателем

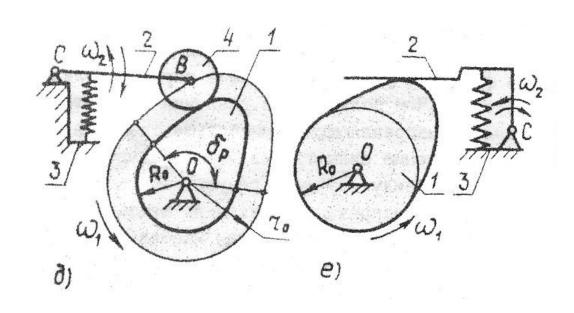
Преобразует вращательное движение кулачка в возвратнопоступательное движение толкателя



при этом закон движения толкателя зависит только от формы кулачка

### Виды кулачковых механизмов

## 2. Плоский кулачковый механизм с качающимся (коромысловым) толкателем



д) роликовый толкатель

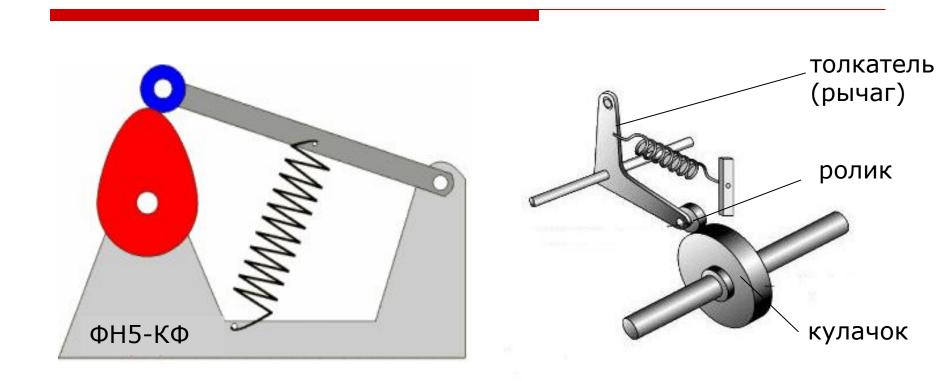
е) тарельчатый толкатель 1 – кулачок
вращается

2 – толкатель (коромысло) возвратно- вращательное движение

3 – опора

4 – ролик

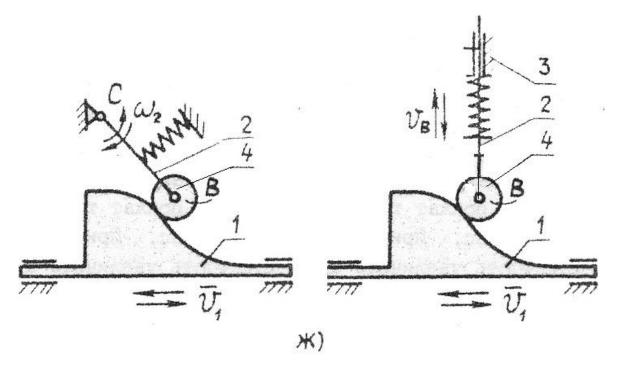
## 2. Плоский кулачковый механизм с качающимся (коромысловым) толкателем



Преобразует вращательное движение кулачка в возвратновращательное движение толкателя

### Виды кулачковых механизмов

## 3. Плоский кулачковый механизм с поступательно движущимся кулачком (копиром)



1 – кулачок

возвратнопоступательное движение

2 – толкатель

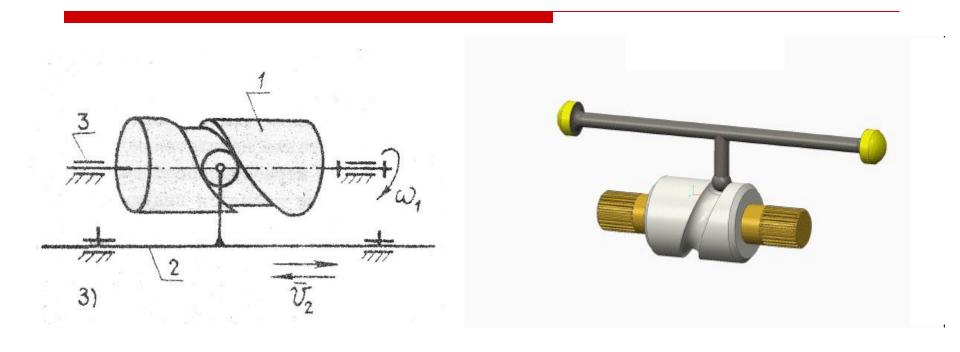
3 – опора

4 – ролик

ж1) коромысло возвратно-вращательное движение ж2) толкатель возвратно-поступательное движение

### Виды кулачковых механизмов

#### 4. Пространственный кулачковый механизм



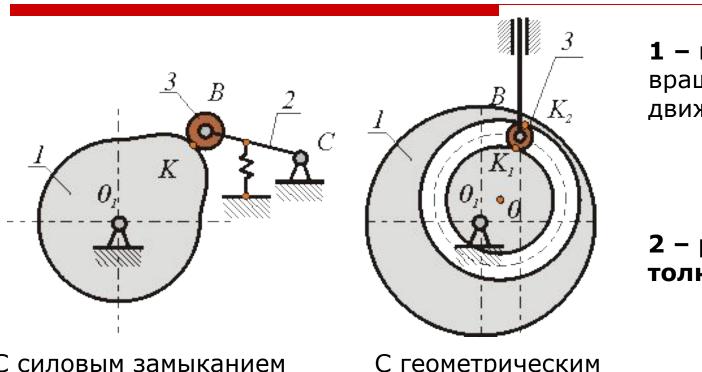
**1 – кулачок** вращательное движение

**2 – толкатель** возвратно- поступательное движение

**3** – опора 4 – ролик

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана Кафедра М6-КФ, секция «Прикладная механика»

# Виды замыкания ведомого звена кулачковых механизмов



**1 – кулачок** вращательное движение

2 – роликовый толкатель

С силовым замыканием (пружина)

С геометрическим замыканием (паз)

Кулачки с геометрическим замыканием сложнее изготовить, они имеют большие габариты, поэтому применяются реже

### Достоинства кулачковых механизмов

- 1. Все механизмы с ВКП малозвенны, следовательно, позволяют уменьшать габариты машины в целом.
- 2. Простота синтеза и проектирования.
- 3. Механизмы с ВКП более точно воспроизводят передаточную функцию.
- 4. Обеспечивают большое разнообразие законов движения выходного звена.

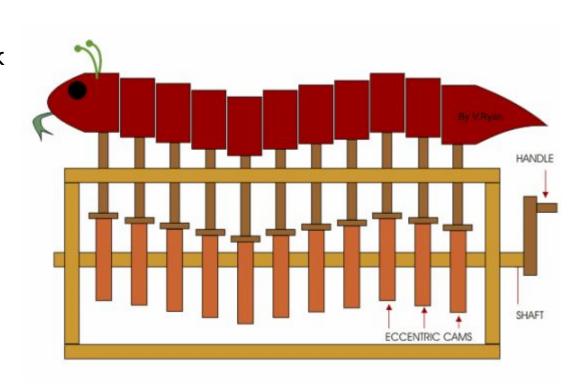
## **Недостатки кулачковых** механизмов

- 1. Механизмы с ВКП должны иметь силовое или геометрическое замыкание.
- 2. Контактные усилия в ВКП гораздо выше, чем в НКП, что приводит к износу, т.е. 2 профиля теряют свою форму и как следствие, свое главное достоинство.
- 3. Сложность обработки профиля кулачка.
- 4. Невозможность работы на больших оборотах и передачи больших мощностей.

Кулачки применялись при создании музыкальных шкатулок

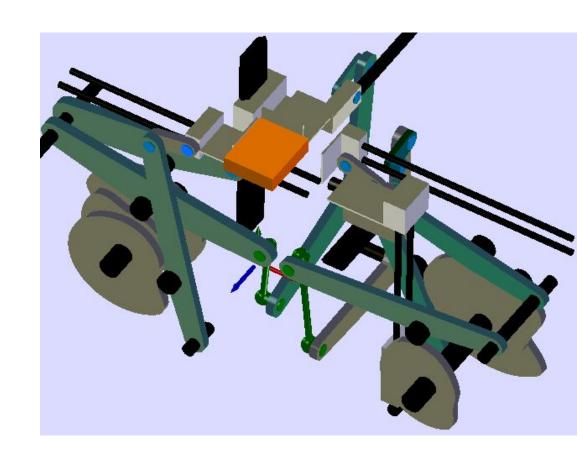
А также при создании игрушек

В данном механизма использованы простейшие кулачки – эксцентрики – диски, смещенные относительно оси вращения.



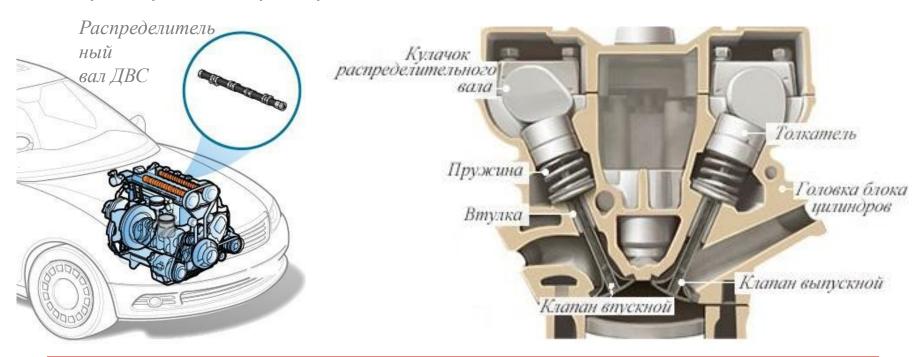
Кулачковые механизмы широко применяются в различных областях.

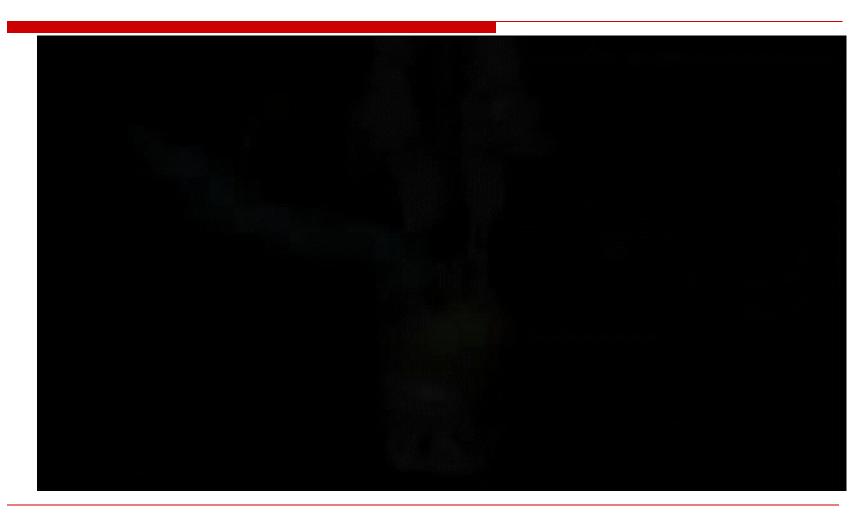
Например, в загрузочных устройствах и устройствах подачи.



Для обеспечения своевременного срабатывания какой-либо части механизма

Например, в газораспределительном механизме ДВС





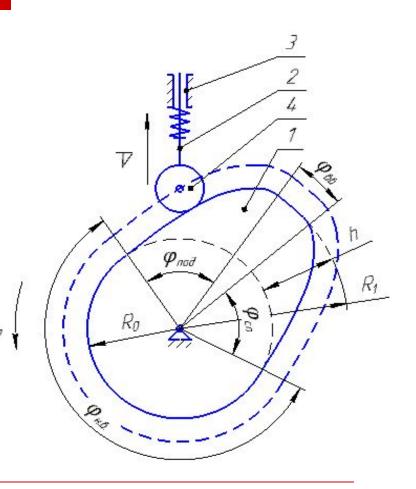
### Параметры кулачковых механизмов

В цикле <u>движения толкателя</u> в общем случае можно выделить четыре фазы:

- Удаления (подъема);
- Дальнего стояния (верхнего выстоя);
- Сближения (спуска)
- Нижнего стояния (нижнего выстоя).

Основной параметр – **h** ход толкателя **h=R1-R0** 

где **R0** – радиус нулевой начальной шайбы кулачка, **R1**- вспомогательный радиус



### Параметры кулачковых механизмов

Фазам движения толкателя <u>на профиле</u> <u>кулачка</u> соответствует профильные углы:

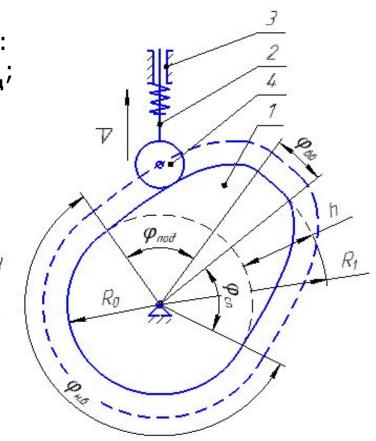
- в фазе удаления (подъема) угол  ${f \phi}_{{f nog}}$ ;
- в фазе верхнего выстоя ф<sub>в.в.</sub>;
- в фазе сближения (спуска) ф<sub>с</sub>

Рабочий угол профиля кулачка  $\phi_{\text{под}} + \phi_{\text{в.в}} + \phi_{\text{с}} = \phi_{\text{раб}}.$ 

**Угол профиля** кулачка можно показать только на кулачке

Кулачок характеризуется двумя профилями:

- центровым (теоретическим);
- конструктивным (рабочим).



### Параметры кулачковых механизмов

Профиль кулачка определяет закон движения толкателя.

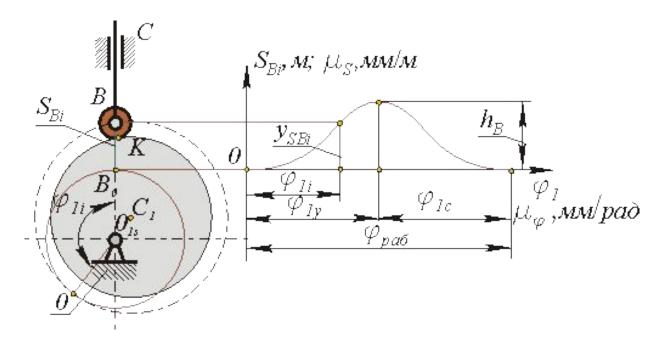
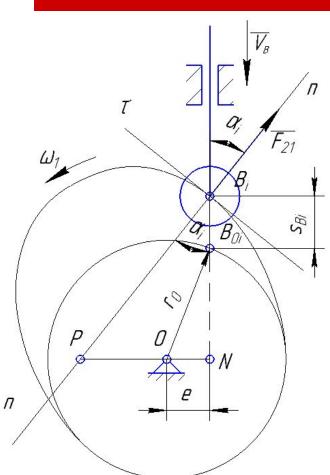


График перемещений толкателя в функции от угла поворота кулачка

# Угол давления в кулачковом механизма



**Угол давления** – это угол между скоростью в точке контакта и нормалью к профилю (т.е. направление силы).

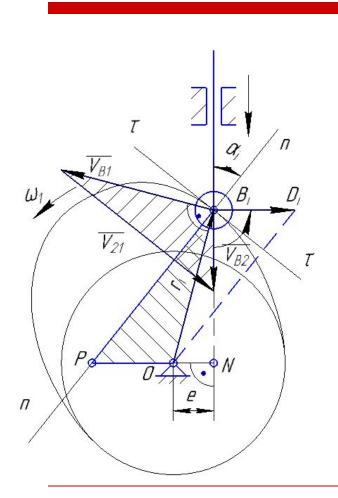
$$tg\alpha_i = \frac{V_{qB2} \pm e}{S_{Bi} + \sqrt{r_0^2 - e^2}}$$

С увеличением углов давления увеличиваются силы, действующие на звенья механизма, снижается КПД, возникает возможность самоторможения (заклинивания механизма)

Для кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем допустимый угол давления равен 25°÷35°.

Для кулачкового механизма с качающимся толкателем допустимый угол давления 35°÷40°.

### Геометрическая интерпретация аналога скорости толкателя



Если на продолжении луча, проведенного из центра ролика перпендикулярно скорости толкателя, отложить отрезок длиной

 $BD = V_{qB2}$ 

и через конец этого отрезка провести прямую параллельную контактной нормали, то эта прямая пройдет через центр вращения кулачка **О.** 

чтобы получит отрезок **BD,** изображающий аналог скорости толкателя надо вектор скорости толкателя повернуть на 90° в сторону вращения кулачка

Найдя максимальный отрезок  $\mathbf{BD}$ , можно определить положение центра вращения кулачка, отложив внешним образом от точки D допустимый угол давления  $\boldsymbol{a}_{\mathtt{доп}}$ .

### Синтез кулачкового механизма

Размеры кулачкового механизма определяют из кинематических, динамических и конструктивных условий.

- **1. Кинематические условия** обеспечение воспроизведения заданного закона движения толкателя.
- **2. Динамические** обеспечение высокого КПД и отсутствие заклинивания.
- **3. Конструктивные** обеспечение минимальных размеров механизма, прочности и сопротивляемости износу.

#### Выбор радиуса ролика:

- его увеличение увеличивает габариты и массу толкателя, ухудшает динамические характеристики механизма (уменьшает его собственную частоту);
- его уменьшение увеличивает габариты кулачка и его массу; частота вращения ролика увеличивается, долговечность снижается.

### СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ