

# Тема2

## *ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ*

## План лекции

- **Силовой анализ механизмов. Силы, действующие на звенья механизма. Силы движущие и силы производственных сопротивлений. Механические характеристики машин. Трение в механизмах. Виды трения. Трение скольжения. Трение на наклонной плоскости. Трение в винтовой кинематической паре. Трение во вращательной кинематической паре. Трение качения. Трение в шариковых и роликовых подшипниках. Силы инерции звеньев плоских механизмов.**

- **Динамика машин является разделом общей теории механизмов и машин, в котором движение механизмов и машин изучается с учетом действующих сил и свойств материалов, из которых изготовлены звенья-упругости, внешнего и внутреннего трения и др. Важнейшими задачами динамики машин являются задачи определения функций движения звеньев машин с учетом сил и пар сил инерции звеньев, упругости их материалов, сопротивления среды движению звеньев, уравнивания сил инерции, обеспечения устойчивости движения, регулирования хода машин.**

## • СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ

- Движение реальных механизмов машин происходит под действием различных сил и является переменным во времени в соответствии с изменением режимов и назначением машин. Целью исследования движения машин является определение режимов их движения в соответствии с требованиями технологии производства, эксплуатации и надежности.
- Для этого необходимо установить допустимые значения сил, действующих на различные звенья в процессе движения, коэффициент полезного действия, перемещения, скорости и ускорения : движения звеньев и их отдельных точек.

# Силы и моменты, действующие в звеньях механизма

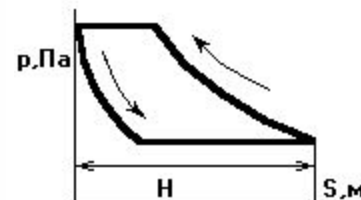
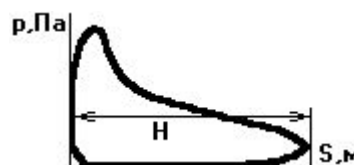
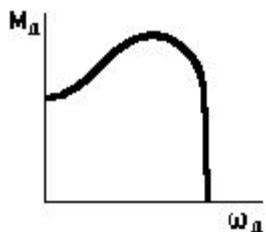
- **Движущие силы  $F_d$  и  $M_d$ .**
  - **Силы и моменты сопротивления ( $F_c, M_c$ ).**
  - **Работа сил и моментов сопротивления за цикл отрицательна:  $A_c < 0$ .**
  - **Силы тяжести ( $G_i$ ).**
  - **Работа силы тяжести за цикл равна нулю:  $A_{G_i} = 0$ .**
  - **Расчетные силы и моменты ( $\Phi S_i, M_{\Phi i}$ ).**
  - **$\Phi S_i, M_{\Phi i}$  – Главные векторы сил инерции и главные моменты от сил инерции.**
- Реакции в кинематических парах ( $Q_{ij}$ ).**

## Механические характеристики

- Механические характеристики указаны в техпаспорте.
- $\omega_1$  – скорость, с которой вращается вал двигателя;
- $\omega_2$  – скорость, с которой будет вращаться главный вал рабочей машины.
- $\omega_1$  и  $\omega_2$  нужно поставить в соответствие друг другу.
- Например, число оборотов  $n_1 = 7000$  об/мин., а  $n_2 = 70$  об/мин.
- Чтобы привести в соответствие механические характеристики двигателя и рабочей машины, между ними устанавливают передаточный механизм, который имеет свои механические характеристики.
- $$u_p = \omega_1 / \omega_2 = 7000 / 70 = 10$$

## Механические характеристики машин на примере поршневой машины

- Механическая характеристика 3-х фазного асинхронного двигателя (рис.1).
- Индикаторная диаграмма ДВС (рис.2).
- $H$  – ход поршня в поршневой машине
- (расстояние между крайними
- положениями поршня) рис.3.
- Индикаторная диаграмма насоса(рис.4)
- рис1
- рис.2
- рис.3
- рис.4



# Трение в механизмах

- Трение является сложным физико-химическим процессом, сопровождающийся выделением тепла. Это вызвано тем, что перемещающиеся тела оказывают сопротивление относительно движению. Мерой интенсивности сопротивления относительно перемещению является сила (момент) трения.
- Различают трение качения, трение скольжения, а также сухое, граничное и жидкостное трение.
- Если суммарная высота микронеровностей взаимодействующих поверхностей:
- больше, чем высота слоя смазки, то - сухое трение.
- равна высоте слоя смазки, то - граничное трение.
- меньше, чем высота слоя смазки, то –жидкостное



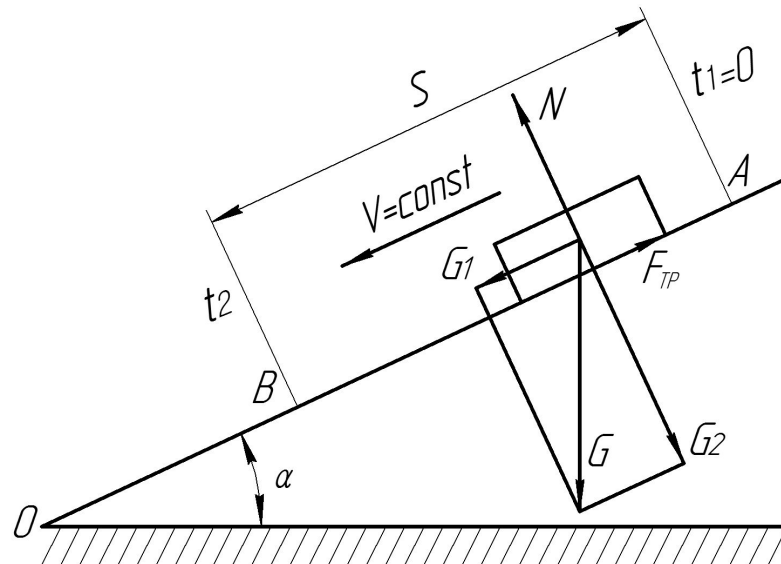
# Виды трения

- По объекту взаимодействия различают внешние и внутреннее трения. **Внешние трения** – это противодействие относительному перемещению соприкасающихся тел в направлении, лежащим в плоскости их соприкосновения.
- **Внутреннее трение** – противодействие относительному перемещению отдельных частей одного и того же тела.
- По признаку наличия или отсутствия относительного движения различают трения покоя и трение движения.
- **Трение покоя** (статическое трение) – внешнее трение, при относительном покое соприкасающихся тел.
- **Трение движения** (кинетическое трение) – внешнее трение, при относительном движении соприкасающихся тел.
- По виду относительного движения тел различают: **трение скольжения** – внешнее трение при относительном скольжении соприкасающихся тел, **трение качения** – внешнее трение при относительном качении соприкасающихся тел.

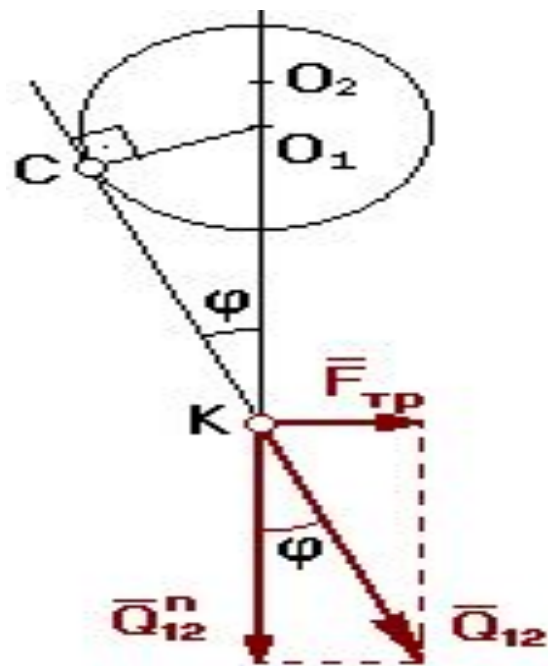
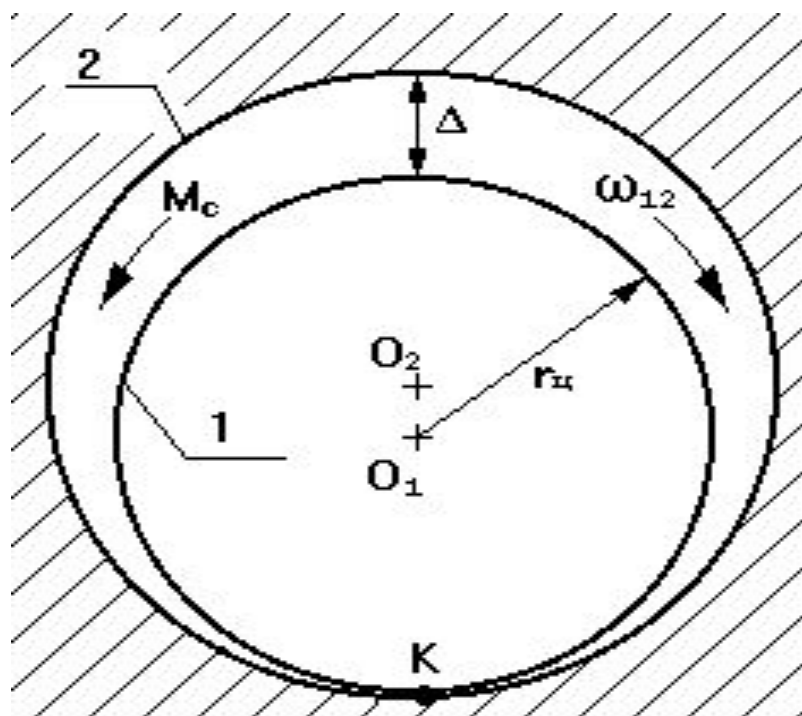
- По физическим признакам состояния взаимодействующих тел различают: **чистое трение** – внешнее трение при полном отсутствии на трущихся поверхностях каких – либо посторонних примесей; **сухое трение** – внешнее трение, при котором трущиеся поверхности покрыты пленками окислов и адсорбированными молекулами газов и жидкостей, а смазка отсутствует; граничное трение – внешнее трение, при котором между трущимися поверхностями **полужидкостное трение** – трение, при котором между трущимися есть тонкий (порядка 0,1 мкм и менее) слой смазки; поверхностями есть слой смазки с обычными свойствами; жидкостное трение – трение, при котором поверхности трущихся твердых тел полностью отделены друг от друга слоем жидкости.

# Трение по наклонной плоскости

- Трение скольжения
- Схема действия сил при скольжении по наклонной плоскости



## Учет трения во вращательной кинематической паре.



- 1 - цапфа
- $r_{ц}$  - радиус цапфы
- $\Delta$  - зазор
- $\rho$  - радиус круга трения;
- $\rho = O1C$
- Из  $\Delta O1CK$   $\sin \phi = \frac{O1C}{O1K}$   $O1C = O1K \sin \phi$
- $M_c = Q_{12} \cdot O1C = Q_{12} \cdot r_{ц} \cdot \sin \phi$
- При малых углах  $\phi$   $\sin \phi \approx \tan \phi = f$ . Тогда :
- $M_c = Q_{12} \cdot r_{ц} \cdot f$
- При учете трения во вращательной КП результирующая реакция отклоняется от общей нормали на угол трения  $\phi$  и проходит касательно к кругу трения радиуса  $\rho$ .

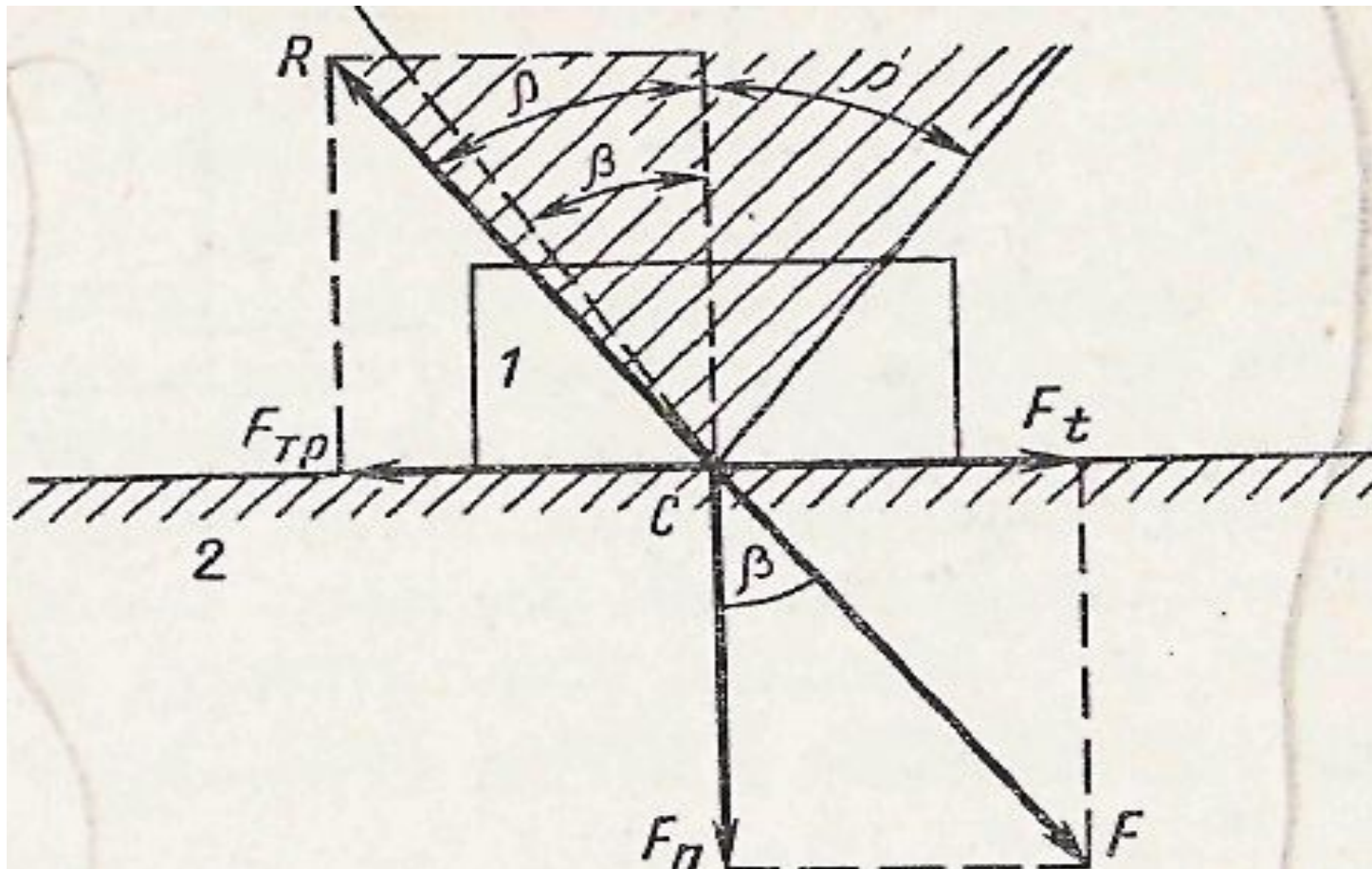
## Трение качения

**Трение качения** — момент сил, возникающий при качении одного из двух контактирующих и взаимодействующих тел относительно другого, противодействующий вращению движущегося тела.

## Коэффициент трения качения

- Коэффициентом трения качения называется плечо пары трения качения, т.е. расстояние на которое сдвинута нормальная реакция. Коэффициент трения качения равен
- $f = M_{\max}/N.$
- Он измеряется в линейных единицах и определяется опытным путем.

## Угол и конус трения





# Трение в шариковых и роликовых подшипниках

- Трением качения называют трение движения двух твердых тел, при котором их скорости в точках касания одинаковы по значению и направлению. Такое взаимодействие и соответственно вид трения наблюдают в шариковых и роликовых подшипниках качения, в сопряжениях ролик—направляющие.

$$\vec{F}_И = -m\vec{a}_c$$

## Силы инерции плоских механизмов

- Силы и моменты сил инерции звеньев, возникающие при изменении скорости движения звеньев и действующие на связи, удерживающие звенья.
- Силы инерции препятствуют движению при ускорении и способствуют ему при замедлении движения.
- Силы инерции определяются произведением массы на вектор ускорения центра инерции звена.

## Силы инерции

- **Силы инерции** - предложены Д'Аламбером для силового расчета подвижных механических систем. При добавлении этих сил к внешним силам, действующим на систему, устанавливается квазистатическое равновесие системы и ее можно рассчитывать, используя уравнения статики (метод кинетостатики).
- Расчетные выражения по определению сил
- инерции знаком Вам из курса **Теоретическая механика**.

## Вопросы для самопроверки

1. Основные признаки силового анализа механизмов?
2. Какие силы и моменты могут возникнуть в звеньях механизма при движении?
3. Назовите основные характеристики машин.
4. Какие виды трения Вы знаете, дайте их характеристику?
5. Чем отличается трение скольжения от трения качения?
6. Как определяется коэффициент трения?