

М.В. Горбенко

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Определение величины КПД механизма

Коэффициент полезного действия является показателем степени совершенства механизма. Это одна из важнейших количественных характеристик его качества.

Силы полезных сопротивлений в целом препятствуют движению механизма, работа этих сил за время рабочего цикла отрицательна, направления их образуют тупые углы с направлениями скоростей точек приложения (в частном случае – противоположны скоростям). Однако на отдельных этапах рабочего цикла последнее условие может быть нарушено и силы полезных сопротивлений могут совершать положительную работу. В общем случае силы движущие и силы сопротивления (или их моменты) являются функциями ряда кинематических параметров (дуговой или угловой координаты, линейной или угловой скорости, времени).

При установившемся движении механизма имеет место соотношение $A_d = A_{\text{пс}} + A_{\text{вс}}$. Так как всегда существуют вредные сопротивления, то $A_d > A_{\text{пс}}$.

$$\eta = \frac{A_{\text{пс}}}{A_{\text{дв}}} = \frac{\text{полезная работа}}{\text{вся затраченная работа (работа движущих сил)}}$$

Чем больше величина η , тем большая часть энергии расходуется в механизме на полезную работу и тем меньше доля потерь ее на вредные сопротивления, т.е. тем рациональнее используется поступающая энергия.

Наряду с понятием КПД пользуются понятием *коэффициента потерь* φ .

Коэффициентом потерь называется отношение абсолютной величины работы (или средней мощности) вредных сопротивлений к работе (или средней мощности) движущих сил.

$$\varphi = \frac{A_{\text{вс}}}{A_d} = \frac{P_{\text{вс}}}{P_d}$$

Таким образом

$$\eta = \frac{A_{\text{пс}}}{A_d} = \frac{A_d - A_{\text{вс}}}{A_d} = 1 - \varphi.$$

КПД сложного механизма, состоящего из n последовательно соединенных механизмов, КПД которых соответственно η_1 , η_2 , η_3 (рис. 5.1).

A_d – работа движущих сил первого механизма;

A_1 – полезная работа первого механизма, являющаяся по отношению ко второму механизму работой движущих сил; A_2 – полезная работа второго механизма; A_n – полезная работа n -го механизма. Тогда:

$$\eta_1 = \frac{A_1}{A_d}; \quad \eta_2 = \frac{A_2}{A_1}; \quad \dots \dots \dots \quad \eta_n = \frac{A_n}{A_{n-1}}.$$

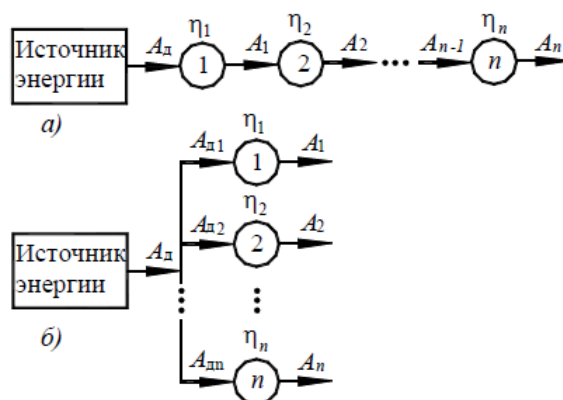


Рис. 5.1.

Полезная работа механизма в целом – A_n .

Общий (полный) коэффициент полезного действия

$$\frac{A_n}{A_d} = \eta,$$

Это означает

$$\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n = \frac{A_1}{A_d} \frac{A_2}{A_1} \dots \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_n}{A_d}$$

Таким образом полный КПД системы последовательно соединенных механизмов равен произведению частных КПД всех этих механизмов.

При *параллельном* соединении нескольких механизмов с общим источником энергии (рис. 5.1, б) имеем:

$$A_d = \sum_{k=1}^n A_{dk}, \quad A_{пс} = \sum_{k=1}^n A_{пск},$$

где A_{dk} ($k=1, 2, \dots, n$) – работа движущих сил отдельных механизмов; $A_{пск}$ ($k=1, 2, \dots, n$) – полезные работы, совершаемые этими механизмами.

Если ввести для каждого из параллельных механизмов весовой коэффициент потребления подводимой энергии φ_k :

$$\varphi_k = \frac{A_{dk}}{A_d},$$

тогда

$$\eta = \frac{A_{\text{пс1}} + A_{\text{пс2}} + \dots + A_{\text{псn}}}{A_{\text{д}}} = \frac{\varphi_1 \eta_1 A_{\text{д}} + \varphi_2 \eta_2 A_{\text{д}} + \dots + \varphi_n \eta_n A_{\text{д}}}{A_{\text{д}}} =$$

$$= \varphi_1 \eta_1 + \varphi_2 \eta_2 + \dots + \varphi_n \eta_n,$$

В итоге, при параллельном соединении механизмов, полный КПД системы может быть найден через весовые коэффициенты каждой ветви и частные коэффициенты полезного действия

$$\eta = \varphi_1 \eta_1 + \varphi_2 \eta_2 + \dots + \varphi_n \eta_n.$$

Отметим, что

$$\sum_{k=1}^n \varphi_k = 1$$

Если же весовые коэффициенты все одинаковые

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n = \frac{1}{n},$$

то полный КПД механизма будет равен среднему арифметическому значения КПД его ветвей.

Вернемся к примеру, рассмотренному в разделах «Силовой анализ» и «Метод рычага Жуковского» и определим его коэффициент полезного действия.

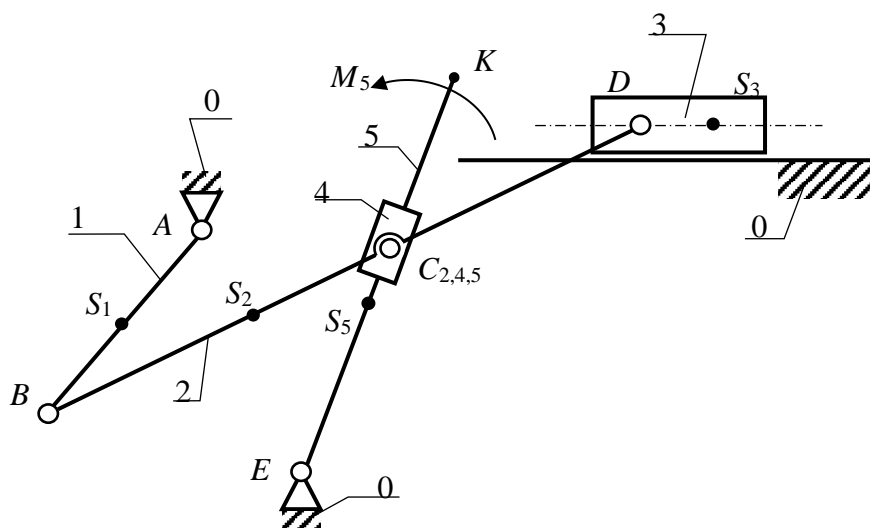


Рис. 5.2. Схема кулисно-рычажного механизма

Мгновенное значение КПД механизма определится по формуле

$$\eta = \frac{P_{\text{пс}}}{P_{\text{пс}} + \sum P_f}, \quad (5.1)$$

где $P_{\text{пс}} = M_5 \cdot \omega_5 = \dots$ Вт – мощность, затрачиваемая на преодоление производственного (полезного) сопротивления (M_5 – момент полезного сопротивления, Нм; ω_5 – угловая скорость, 1/с); $\sum P_f$ – суммарная мощность, затрачиваемая на преодоление трения во всех кинематических парах («вредные» сопротивления).

Следует отметить, что мгновенное значение КПД не является в целом характеристикой совершенства механизма, а характеризует только отдельное положение, и, в некоторые периоды цикла работы (холостой ход, движение звеньев механизма вниз, выбег по инерции, когда подводимая работа, подводимая мощность равны 0, а полезная работа, движение совершаются) значения КПД могут быть значительно больше 1.

Характеристикой совершенства механизма является только КПД, определенный за полный цикл работы.

Найдем моменты трения во вращательных и силы трения в поступательных кинематических парах.

Пусть радиусы цапф вращательных кинематических пар: r_A, r_B, r_C, r_D, r_F (должны быть известны) и f – коэффициент трения в кинематических парах (в общем случае он может быть для каждой кинематической пары разным), тогда

$$\left. \begin{aligned} M_{f0,1} &= F_{R0,1} \cdot f_A \cdot r_A = \dots \text{Нм}, \\ M_{f1,2} &= F_{R1,2} \cdot f_B \cdot r_B = \dots \text{Нм}, \\ M_{f2,3} &= F_{R2,3} \cdot f_D \cdot r_D = \dots \text{Нм}, \\ M_{f2,4} &= F_{R2,4} \cdot f_C \cdot r_C = \dots \text{Нм}, \\ M_{f5,0} &= F_{R5,0} \cdot f_F \cdot r_F = \dots \text{Нм}, \\ F_{f3,0} &= F_{R3,0} \cdot f_{3,0} = \dots \text{Н}, \\ F_{f4,5} &= F_{R4,5} \cdot f_{4,5} = \dots \text{Н}, \end{aligned} \right\} \quad (3.25)$$

мощности трения в кинематических парах будут:

$$\left. \begin{aligned}
P_{f0,1} &= M_{f0,1} \cdot \omega_1 = \dots \text{Вт}, \\
P_{f1,2} &= M_{f1,2} \cdot \omega_{1/2} = M_{f1,2} \cdot (\omega_1 - \omega_2) = \dots \text{Вт}, \\
P_{f2,3} &= M_{f2,3} \cdot \omega_2 = \dots \text{Вт}, \\
P_{f2,4} &= M_{f2,4} \cdot \omega_{2/4} = M_{f2,4} \cdot (\omega_2 - \omega_4) = \dots \text{Вт}, \\
P_{f5,0} &= M_{f5,0} \cdot \omega_5 = \dots \text{Вт}, \\
P_{f3,0} &= F_{f3,0} \cdot V_D = \dots \text{Вт}, \\
P_{f4,5} &= F_{f4,5} \cdot V_{C_4/C_5} = \dots \text{Вт}.
\end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Суммарная мощность трения

$$\sum P_f = P_{f0,1} + P_{f1,2} + P_{f2,3} + P_{f2,4} + P_{f5,0} + P_{f3,0} + P_{f4,5} \cdot \quad (5.3)$$

Подставив значения $P_{\text{ис}}$ и $\sum P_f$ в уравнение (5.1), получим значение КПД для данного положения механизма (мгновенное).

Следует отметить, что относительная угловая скорость, например $\omega_{1/2}$, $\omega_{2/4}$, есть *алгебраическая* разность угловых скоростей, поэтому в формулу подставляются угловые скорости с учетом знака, т. е. с учетом направления вращения. Суммировать же мощности трения следует как скалярные величины, т. е. без учета знака.

На этом заканчивается силовой расчет механизма.