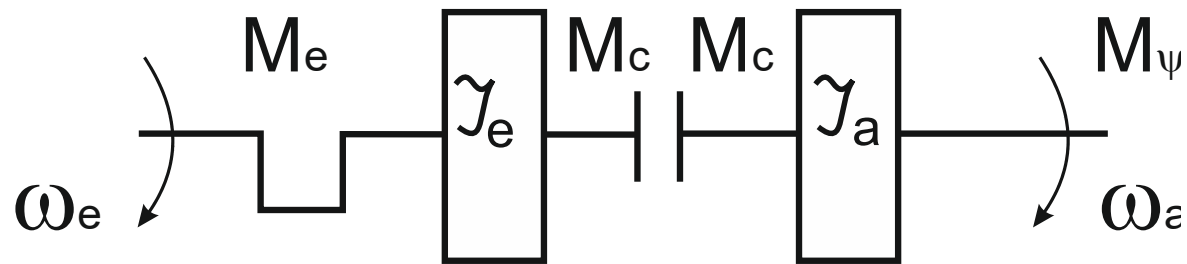


ВКЛЮЧЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ

- При включении сцепления совершается работа буксования трущихся пар, которая, переходя в тепло, нагревает детали сцепления. Вследствие этого фрикционные накладки работают при повышенных температурах, что увеличивает их износ и снижает коэффициент трения.
- Наибольшая работа буксования получается при трогании автомобиля с места, поэтому рассмотрим рабочий процесс сцепления для этого случая

Графоаналитический метод расчета процесса включения сцепления

Автомобиль представлен в виде
эквивалентной двухмассовой системы



$$J_e \frac{d\omega_e}{dt} = M_e - M_c$$

$$J_a \frac{d\omega_a}{dt} = M_c - M_\psi$$

- где J_e — момент инерции ведущих частей сцепления, кг·м²;
- J_a — момент инерции автомобиля, приведенный к ведомым частям сцепления, кг·м²;
- M_e — крутящий момент двигателя, Н·м,
- M_c — момент, передаваемый сцеплением, Н·м;
- M_ψ — момент сопротивления движению автомобиля, приведенный к валу сцепления, Н·м;
- ω_e, ω_a — угловые скорости коленчатого вала двигателя и ведомых частей сцепления, с⁻¹.

Принятые допущения для решения дифференциальных уравнений

- Момент двигателя мгновенно принимает максимальное значение и остается постоянным:

- $M_e = M_{emax} = const.$

- Момент, передаваемый сцеплением, зависит от времени:

$$M_c = k_1 t$$

- а при достижении максимального значения
- $M_c = M_{emax} \beta,$
- где K_1 — темп включения сцепления для легковых автомобилей принимается $K_1 = 50 \dots 150 \text{ Н}\cdot\text{м/с}$, а для грузовых $K_1 = 250 \dots 750 \text{ Н}\cdot\text{м/с}$;
- t — время буксования сцепления.

Принятые допущения для решения дифференциальных уравнений

- Момент сопротивления движению автомобиля постоянен:

$$M_{\Psi} = \frac{G_a \Psi r_d}{U_{mp} \eta_{mp}} = const$$

- где M_{Ψ} — момент сопротивления движению автомобиля, Н · м;
- G_a — сила тяжести автомобиля, Н;
- ψ — коэффициент сопротивления движению;
- r_d — динамический радиус колеса, м;
- U_{mp} — передаточное число трансмиссии;
- η_{mp} — коэффициент полезного действия трансмиссии

Принятые допущения для решения дифференциальных уравнений

- Момент инерции автомобиля, приведенный к ведущим части сцепления:

$$J_a = \frac{1,05G_a r_d^2}{gU_{mp}^2}$$

- где J_a – приведенный момент инерции автомобиля, кг·м²;
- g – ускорение свободного падения, м/с²

- Начальная угловая скорость коленчатого вала:

$$\omega_{e \text{ нач}} = \omega_N \left(1,5 \frac{\omega_{e \text{ xx}}}{\omega_N} + 0,1 \frac{300 J_a}{\omega_N J_e} \right)$$

- где ω_{xx} — угловая скорость коленчатого вала, на холостом ходу,
- $\omega_{\text{xx}} = 0,15 \cdot \omega_N, \text{ c}^{-1}$;
- ω_N — номинальная угловая скорость коленчатого вала, c^{-1} .

- Решая исходные дифференциальные уравнения движения масс системы со сделанными допущениями, получим:

$$\omega_e = \frac{M_{e \max}}{J_e} t - \frac{K_1}{2J_e} t^2 + \omega_{e \text{ нач}};$$

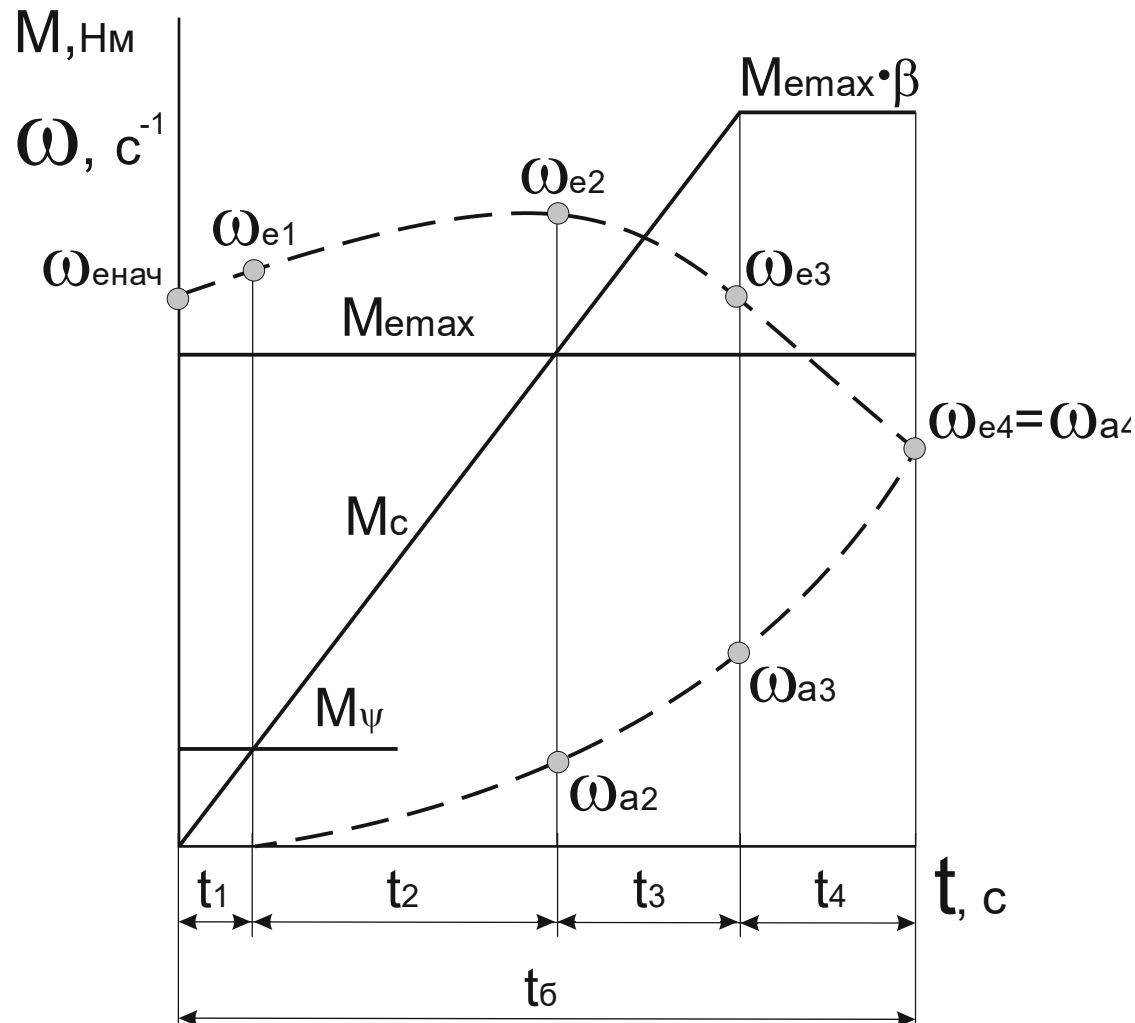
$$\omega_a = \frac{K_1}{2J_a} t^2 - \frac{M_\Psi}{J_a} t + \omega_{a \text{ нач}}$$

- Для построения графика рабочего процесса сцепления ограничимся определением характерных величин t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , ω_{e1} , ω_{e2} , ω_{e3} , ω_{a2} , ω_{a3} , ω_{a4} , которые могут быть найдены решением исходных уравнений

$$t_1 = \frac{M_\Psi}{K_1} \quad t_2 = \frac{M_{e\max}}{K_1} - t_1 \quad t_3 = \frac{\beta M_{e\max}}{K_1} - t_1 - t_2$$

$$t_4 = \frac{J_a(\omega_{e3} - \omega_{a3})}{M_{e\max} \left[\beta + \frac{J_a}{J_e}(\beta - 1) \right] - M_\Psi}$$

График рабочего процесса сцепления



t_6 – время
буксования
сцепления;

ω_a –
приведенная
угловая скорость
автомобиля;

ω_e – угловая
скорость
коленчатого вала
двигателя

Определение угловых скоростей коленчатого вала

$$\omega_{e1} = \frac{1}{J_e} \left[M_{e\max} t_1 - \frac{K_1}{2} t_1^2 \right] + \omega_{e.\text{нач}}$$

$$\omega_{e2} = \frac{1}{J_e} \left[M_{e\max} (t_1 + t_2) - \frac{K_1}{2} (t_1 + t_2)^2 \right] + \omega_{e.\text{нач}}$$

$$\omega_{e3} = \frac{1}{J_e} \left[M_{e\max} (t_1 + t_2 + t_3) - \frac{K_1}{2} (t_1 + t_2 + t_3)^2 \right] + \omega_{e.\text{нач}}$$

Определение приведенных угловых скоростей автомобиля

$$\omega_{a2} = \frac{1}{J_a} \frac{K_1 t_2^2}{2}$$

$$\omega_{a3} = \frac{1}{J_a} \frac{K_1}{2} (t_2 + t_3)^2$$

$$\omega_{a4} = \frac{1}{J_a} [\beta M_{e\max} t_4 - M_{\Psi} t_4] + \omega_{a3}$$

- Если при найденных значениях времени t_3 оказалось, что $\omega_{e3} < \omega_{a3}$, то дальнейший расчет ведется графически.
- Этот случай соответствует такому протеканию процесса, при котором M_c не достигает величины $M_{emax} \beta$.

Определение работы буксования сцепления

- На основании полученного графика рабочего процесса сцепления работа буксования может быть определена графоаналитическим методом. Для этого весь рабочий цикл разбивается на 4 характерных участка по времени $t_1 ; t_2 ; t_3 ; t_4$ с известными параметрами процесса.
- Работа буксования за Δt
- $L_{\text{б}} = M_{\text{с ср}} \cdot \Delta \alpha_{\text{п}}$,
- где $L_{\text{б}}$ – работа буксования, Дж;
-

- $M_{c\text{ ср}} = \frac{M_{cn} + M_{c(n+1)}}{2}$
- — среднее значение момента сцепления за интервал времени Δt , Н·м.

$$\Delta\alpha_n = \left(\frac{\omega_{en} + \omega_{e(n+1)}}{2} - \frac{\omega_{an} + \omega_{a(n+1)}}{2} \right) \Delta t$$

- — угол буксования за время Δt

- Полная работа буксования определяется суммированием работ по всем четырем участкам

- $$L_{\text{б}} = \sum_1^n M_{\text{с ср } n} \Delta \alpha_n.$$

Оценка рабочего процесса включения сцепления при трогании автомобиля

- *Оценка надежности рабочих поверхностей сцепления*
- удельная работа буксования:

$$L_{\text{бo}} = \frac{L_{\text{б}}}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) i}$$

- где $L_{\text{бo}}$ – удельная работа буксования, Дж/см².
- Удельная работа буксования при трогании автомобиля с места не должна превышать 70 Дж/см² для легковых, 120 Дж/см² для грузовых автомобилей.

Нагрев нажимного диска за одно включение

$$\Delta T = \frac{\gamma L_{\bar{6}}}{C_{дет} m_{нд}}$$

- где γ – коэффициент перераспределения теплоты между деталями;
- $\gamma = 0,5$ – однодисковое сцепление;
- $\gamma = 0,25$ – двухдисковое сцепление;
- $C_{дет} = 481$ – удельная теплоёмкость чугуна или стали;
- $m_{нд}$ – масса нажимного диска, кг.
- Допускаемый нагрев нажимного диска
- $\Delta T = 10...15^{\circ}$.

*Оценка влияния рабочего процесса сцепления
на формирование эксплуатационных свойств
автомобиля*

- Возможность работы двигателя при выбранном режиме включения сцепления.
- При $\omega_{\text{екон}} < \omega_{\text{ехх}}$ двигатель заглохнет
- Режим включения сцепления:
- $t_{\delta} = 0,1 \dots 1,1$ с – резкое включение;
- $t_{\delta} = 1,6 \dots 2,5$ с – плавное включение.

Тягово–скоростные свойства автомобиля на этапе буксования сцепления

- скорость автомобиля в момент окончания буксования:

$$V_a = \frac{\omega_{a4} r_k}{U_{mp}}$$

- где V_a – скорость автомобиля, м/с.

- максимальное ускорение автомобиля в процессе включения сцепления:

$$j_{max} = \frac{(M_{cmax} - M_{\Psi}) U_T \eta_T}{r_k \frac{G_a}{g} \delta_{вр}}$$

- где j_{max} – максимальное ускорение, м/с²;
- $\delta_{вр} = 1,05$ – коэффициент учета инерции вращающихся масс;
- M_{cmax} – максимальное значение момента, передаваемого сцеплением в процессе трогания, Н·м.

Условие отсутствия пробуксовки колес при трогании автомобиля

- $M_{стmax} < \frac{G_2 k_2 \varphi_x r_k}{U_T \eta_T}$

- где G_2 – сила тяжести на ведущие колеса;
- k_2 – коэффициент перераспределения реакции;
- $k_2 = 1,1$ – для заднеприводных автомобилей;
- $k_2 = 0,9$ – для переднеприводных автомобилей