

Подригало М.А., д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, pmikhab@gmail.com

Холодов М.П., к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, michaelkholodov@gmail.com

Потапов М.М. к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, potapovnik1983@gmail.com.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ККД АВТОМОБІЛІВ З ІНЕРЦІЙНИХ РУШІЯМИ

Конструкція машини з інерційним рушієм (інерцоїда) була запропонована В. Н. Толчиним в 1936 році [1–2]. Твердження автора роботи [1] про те, що сили інерції є джерелом поступального руху машини, не витримує критики. Сили інерції є фіктивними реактивними силами й бути рушійними (тяговими) ніяк не можуть. Це твердження суперечить законам класичної механіки. Але є питання що до підвищення ККД таких машин.

Для підвищення ККД автомобілів з інерційних рушіями необхідно отримати максимум імпульсу тягової сили за один цикл (оборот вала провідної ланки). Імпульс тягової сили

$$S = \int_0^{T_1/2} P_0 dt, \quad (1)$$

де T_1 – час одного циклу коливань вхідної ланки.

Тягова сила машини з інерціальним рушієм

$$P_0 = (m_1 + m_2) \cdot r (\omega_2^2 \sin \psi_2 - \varepsilon_2 \cos \psi_2), \quad (2)$$

де $m_1; m_2$ – маси грузів ($m_1 = m_2$);

r – радіус обертання центрів мас грузів m_1 і m_2 ;

$\omega_2; \varepsilon_2$ – кутова швидкість і прискорення вихідної ланки 2;

ψ_2 – кут між напрямками осі важеля 2 і напрямком руху автомобіля.

$$\psi_2 = \int \omega_2 dt; \quad (3)$$

де t – час.

Цільова функція оптимізації має для розглянутого випадку вид

$$\max [S = (m_1 + m_2) \cdot r \int_0^{T_1/2} (\omega_2^2 \sin \psi_2 - \varepsilon_2 \cos \psi_2) dt]. \quad (4)$$

Зробимо допущення того, що кутова швидкість вихідної ланки (рис. 1) змінюється за синусоїдальним законом

$$\omega_2 = A_{\omega_2} \sin(\omega_1 t), \quad (5)$$

де A_{ω_2} – амплітуда коливання кутової швидкості вихідної ланки;
 ω_1 – кутова швидкість вхідної ланки.

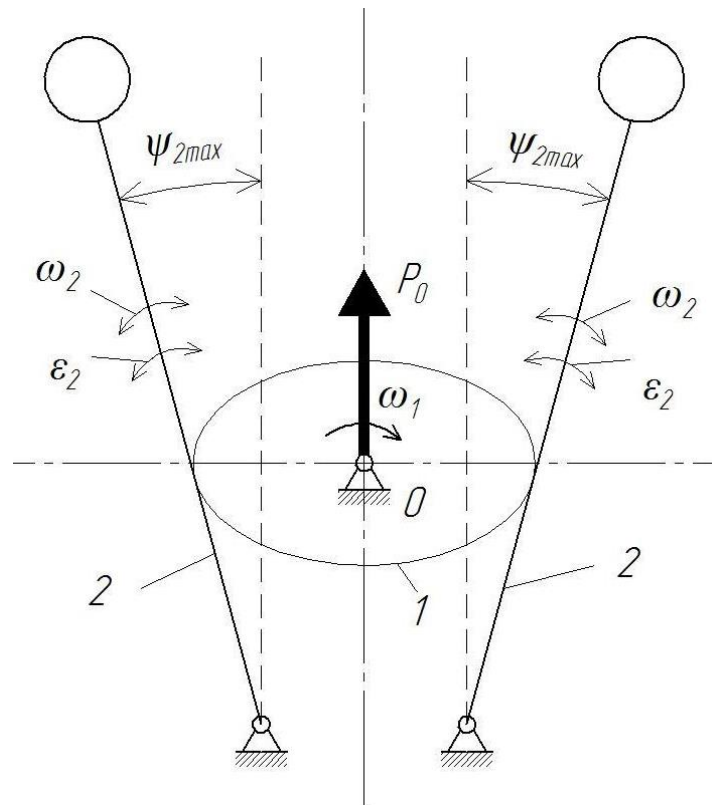


Рисунок 1 - Кінематична схема механізму

Кут повороту ланки 2

$$\psi_2 = \int \omega_2 dt = A_{\omega_2} \int \sin(\omega_1 t) dt = c - A_{\omega_2} / \omega_1 \cdot \cos(\omega_1 t), \quad (6)$$

де c – постійна інтегрування.

При $t=0$ $\psi_2 = 0$ та

$$c = \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1}. \quad (7)$$

Таким чином

$$\psi_2 = \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} [1 - \cos(\omega_1 t)]. \quad (8)$$

Кутове прискорення вихідної ланки

$$\varepsilon_2 = \frac{d\omega_2}{dt} = A_{\omega_2} \cdot \omega_1 \cdot \cos(\omega_1 t). \quad (9)$$

Цільова функція (4) з урахуванням (5), (9) набуде вигляду

$$\begin{aligned} \max [S = (m_1 + m_2) \times \\ \times r \int_0^{T_1/2} [A_{\omega_2}^2 \sin(\omega_1 t) \sin \psi_2 - A_{\omega_2} \omega_1 \cos(\omega_1 t) \cos \psi_2] dt. \end{aligned} \quad (10)$$

або

$$\begin{aligned} \max \{ S = (m_1 + m_2) \times \\ \times r \cdot A_{\omega_2}^2 \left[\int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) \sin \psi_2 dt - \frac{\omega_1}{A_{\omega_2}} \int_0^{T_1/2} \cos(\omega_1 t) \cos \psi_2 dt \right] \}. \end{aligned} \quad (11)$$

Оскільки кут $\psi_{2\max}$ має відносно невеликі значення, то приймаючи допущення того, що $\sin \psi_2 \approx \psi_2$ і $\cos \psi_2 \approx 1$, перетворимо вираз (11) з урахуванням співвідношення (8) до виду

$$\begin{aligned} \max \{ S = (m_1 + m_2) \times \\ \times r \cdot A_{\omega_2}^2 \left[\int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} [1 - \cos(\omega_1 t)] dt - \frac{\omega_1}{A_{\omega_2}} \int_0^{T_1/2} \cos(\omega_1 t) dt \right] \}. \end{aligned} \quad (12)$$

Період коливань вхідного ланки

$$T_1 = 2\pi/\omega_1. \quad (13)$$

Вираз (12) ще раз перетворимо до виду

$$\max \left\{ S = (m_1 + m_2) \cdot r \cdot A_{\omega_2}^2 \left[\frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} \int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) dt - \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} \int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) \cos(\omega_1 t) dt - \frac{\omega_1}{A_{\omega_2}} \int_0^{T_1/2} \cos(\omega_1 t) dt \right] \right\}. \quad (14)$$

Вираз (14) можна представити як

$$\max \{ S = (m_1 + m_2) \cdot r \cdot A_{\omega_2}^2 \cdot X, \quad (15)$$

де X – являє собою функцію

$$\begin{aligned} X &= \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} \int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) dt - \frac{A_{\omega_2}}{\omega_1} \int_0^{T_1/2} \sin(\omega_1 t) \cos(\omega_1 t) dt - \frac{\omega_1}{A_{\omega_2}} \int_0^{T_1/2} \cos(\omega_1 t) dt = \\ &= -\frac{A_{\omega_2}}{\omega_1^2} \cos(\omega_1 t) - \frac{A_{\omega_2}}{2\omega_1^2} \sin^2(\omega_1 t) - \frac{\sin(\omega_1 t)}{A_{\omega_2}} \Big|_0^{T_1/2} \end{aligned}$$

Після підстановки меж інтегрування отримаємо

$$X = \frac{2A_{\omega_2}}{\omega_1^2}. \quad (17)$$

Після підстановки (17) в (15) цільова функція оптимізації прийме наступний вигляд

$$\max \left[S = 2(m_1 + m_2) \cdot r \cdot \frac{A_{\omega_2}^3}{\omega_1^2} \right]. \quad (18)$$

З виразу (18) видно, що зі збільшенням параметрів $m_1 + m_2$, r , $\frac{A_{\omega_2}^3}{\omega_1^2}$ забезпечується отримання максимуму імпульсу тягової сили. Для раціонального вибору конструктивних параметрів механізму, представленого на рисунку 1 необхідно визначити співвідношення $\frac{A_{\omega_2}^3}{\omega_1^2}$.

З виразу (5) визначимо $\omega_{2\max} = A\omega_2$. Частота коливань ν_2 коромисла 2 може бути виражена через частоту коливань (обертання) ν_1 кулачка 1 (рис. 1) наступним виразом

$$\nu_2 = 2 \cdot \nu_1. \quad (19)$$

Враховуючи що

$$\nu_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}. \quad (20)$$

та

$$\nu_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}, \quad (21)$$

Визначимо після підстановки (20) і (21) в (19)

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{2}. \quad (22)$$

Умовно (для попереднього розрахунку) приймаючи

$$\omega_2 \cong \omega_{2\max} = A\omega_2, \quad (23)$$

Після підстановки (23) в (18), отримаємо

$$\max \left[S = (m_1 + m_2) \cdot r \cdot \frac{\omega_1}{4} \right]. \quad (24)$$

Таким чином отримання $S = S_{\max}$ можливо при максимальних значеннях m_1 ; m_2 ; r ; ω_1 .

ЛІТЕРАТУРА

- 1 В.Н Толчин. Инерцид. Силы инерции как источник поступательного движения. Пермь: Пермское книжное издательство, 1977. 99 с.
- 2 В.Н. Толчин Искусственная точка опоры и однотоктный инерцид. НТО СССР, 1969. №12. С. 22–24.