

ВПЛИВ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ КРУТНОГО МОМЕНТУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ

д-р техн. наук, професор Подригало Михайло Абович
аспірант Вахнюк Сергій Анатолійович
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Відключення частини циліндрів двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) при часткових навантаженнях є одним з напрямлень в підвищенні енергоефективності автомобілів [1, 2].

В роботі проведено дослідження впливу відключення частини циліндрів на нерівномірність індикаторного крутного моменту ДВЗ, під час якого вирішувалися завдання про зміну коефіцієнта нерівномірності індикаторного крутного моменту при відключенні частини циліндрів ДВЗ та визначення максимальної кількості циліндрів, яку можливо відключити при виконанні умови забезпечення руху автомобіля.

Для багатocyліндрового двигуна індикаторний крутний момент можна визначити як

$$M_{i\Sigma} = i_u \cdot \sum_{j=1}^{i_u} M_{ij}, \quad (1)$$

де $M_{i\Sigma}$ – сумарний індикаторний момент двигуна;

M_{ij} – індикаторний крутний момент, що утворюється одним ДВЗ.

При абсолютній рівномірності індикаторних крутних моментів по циліндрам можна прийняти

$$M_{i1} = M_{i2} = \dots = M_{ij} = \frac{M_{i\Sigma}}{i_u}, \quad (2)$$

де M_{i1} , M_{i2} , M_{ij} – індикаторні крутні моменти, що утворюються впершому, другому та в j -тому циліндрах.

Якщо розглядати зміни індикаторного крутного моменту по гармонійному закону [3, 4], то він має вигляд

$$M_i = \overline{M_{i\Sigma}} \left[1 + \frac{k_1}{2} \sin \left(\frac{\omega_e}{2} i_u t \right) \right], \quad (3)$$

де $\overline{M_{i\Sigma}}$ – середнє за цикл коливань значення сумарного індикаторного крутного моменту, що утворюється всіма циліндрами ДВЗ;

t – час.

Амплітуда коливань індикаторного крутного моменту в цьому випадку буде рівна

$$A_{Mi} = \overline{M_{i\Sigma}} \cdot \frac{k_1}{2}. \quad (4)$$

Прийнявши припущення того, що кут φ_B повороту колінчастого валу можливо визначити по середній кутовій швидкості колінчастого валу $\overline{\omega_e}$, отримали [3, 4]

$$\varphi_B = \overline{\omega_e} t. \quad (5)$$

Під час проведення дослідження визначено коефіцієнт нерівномірності індикаторного крутного моменту ДВЗ при відключенні частини циліндрів

$$k_1' = \frac{\overline{M_{il}}(i_u - m) \cdot \left(1 + \frac{k_1}{2}\right) - \overline{M_{il}}(i_u - m) \cdot \left(1 - \frac{k_1}{2}\right)}{\overline{M_{il}}(i_u - m)} = k_1. \quad (6)$$

При відключенні m циліндрів ДВЗ коефіцієнт нерівномірності індикаторного крутного моменту не змінюється. При цьому зменшуються як амплітуда коливань індикаторного крутного моменту, так і його середнє значення.

При відключенні частини циліндрів ДВЗ можливий випадок коли може збільшитися зовнішній опір руху автомобіля. Зробили оцінку можливості подолання цього опору за рахунок реалізації максимальної потужності в циліндрах, які залишилися працюючими.

В таблиці 1 приведені значення максимальної кількості $m_{\max}$ відключених циліндрів в залежності від загальної кількості $i_{\text{ц}}$ циліндрів ДВЗ при збереженні умов реалізації рівня середньої індикаторної потужності

$$\overline{N_i} \leq N_{i_{\max}}. \quad (7)$$

В результаті проведеного дослідження визначено, що відключення частини циліндрів ДВЗ при зниженні навантаження на двигун автомобіля не тягне за собою збільшення коефіцієнта нерівномірності індикаторного крутного моменту. Визначено, що незалежно від кількості відключених циліндрів, коефіцієнт нерівномірності індикаторного крутного моменту не змінюється. Враховуючи наявність запасу потужності в циліндрах, що не відключаються, визначено максимально допущена кількість циліндрів, яку можна відключити без нанесення шкоди для реалізації необхідної для руху автомобіля індикаторної потужності двигуна. Показано, що при реалізації максимальної ефективної потужності двигуна N_{emax} та середньої ефективної потужності двигуна під час експлуатації N_e можливе відключення до половини циліндрів. Результати проведеного дослідження в подальшому можуть бути використані при оцінці енергоефективності автомобілів.

Таблиця 1– Розрахунок максимальної кількості $m_{\max}$ відключених циліндрів для ДВЗ з різною кількістю циліндрів

$i_{\text{ц}}$	2	3	4	6	8	12
$m_{\max}$	1	1	2	3	4	6

Перелік посилань

1. Молодан А.О. Наукові основи забезпечення надійності і функціональної стабільності колісних машин в режимі відключення частини циліндрів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. / А.О. Молодан. - Харків, 2021. 40 с.
2. Застосовність показників оцінювання енергоефективності транспортних засобів / С. І. Андрусенко, І. В. Будниченко, В. М. Дембіцький // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - 2023. - № 1. - С. 60-70.
3. Динаміка машин з пружними ланками. На прикладі автомобілів і тракторів. Монографія [текст] / за ред. М.А. Подригало та О.С. Полянського. Харків. – Видавництво “Естет Прінт”, 2024. 272 с.
4. Подригало Н.М. Концепція забезпечення ефективності та контролю функціональної стабільності моторно-трансмісійних установок транспортно-тягових засобів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. / Н.М. Подригало. - Харків, 2016. 36 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГОЛОВОК БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОТРАНСПОРТУ

д-р техн. наук, професор Подригало Михайло Абович
Коява Дмитро Зурабович
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Експлуатаційна надійність сучасних автомобілів значною мірою залежить від технічного стану головки блоку циліндрів (ГБЦ), яка працює в умовах екстремальних термомеханічних навантажень. Враховуючи значну вартість нових вузлів та необхідність подовження життєвого циклу техніки, якісне відновлення ГБЦ є стратегічним завданням для забезпечення готовності автопарків, особливо в умовах дефіциту ресурсів.

Близько 60 % автопарків країни становлять дрібні господарства зі змішаною формою власності, де обмежене фінансування робить ремонт ключових агрегатів економічно доцільнішим за їх заміну. Проте відновлення чавунних деталей пов'язане з технологічними складнощами, зокрема ризиком утворення крихких структур та тріщин у зоні термічного впливу через швидке тепловідведення.

Технологічні методи відновлення. Для забезпечення довговічності ГБЦ застосовується комплексний підхід, що включає:

– використання додаткових ремонтних деталей (ДРД): метод ефективний для відновлення зношених гнізд клапанів та різьбових з'єднань.