

Полянський О.С.,
Молодан А.О.,
Власенко О.В.
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ
ЕКОНОМІЧНОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН
ВІДКЛЮЧЕННЯМ ЧАСТИНИ ЦИЛІНДРІВ
ДВИГУНА

УДК 629.083

Наведено результати дослідження робочого процесу колісних машин при відключенні частини його циліндрів, математична модель робочого процесу колісної машини.

Ключевые слова: робочий процес, колісна машина, техніко-економічні показники двигуна, відключення циліндрів двигуна.

Вступ. Згідно з даними досліджень [1, 2], в сільськогосподарському виробництві 15-20 % експлуатаційних витрат припадає на транспортні роботи, з яких 16-30 % від всього обсягу робіт провадяться за участю колісних машин. Завантаження двигуна при цих роботах, становить у середньому 40-50 %. З урахуванням переважного здійснення перевезень за маятниковим маршрутами з зворотним холостим пробігом, часу простоїв на навантаження і розвантаження, а також переїздів колісної машини без причепа 30-40 % часу зміни двигун працює на режимах малих навантажень і холостого ходу.

Робота двигуна на цих режимах відрізняється низькою економічністю. Підвищити паливну економічність на цих режимах можна відключенням частини циліндрів двигуна.

Підвищення паливної економічності колісних машин при роботі з малою завантаженням двигуна, характерною для транспортних робіт, може бути досягнуто збільшенням завантаження частини циліндрів двигуна при відключенні інших циліндрів. При цьому в відключених циліндрах відбувається зменшення механічних втрат двигуна, а у працюючих циліндрах - підвищення ефективності згоряння палива, що дозволяє зменшити витрату палива і призводить до зниження питомих енерговитрат на реалізацію транспортного процесу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Незважаючи на численні дослідження, присвячені питань, пов'язаних з відключенням частини циліндрів двигуна [3, 4, 5], взаємозв'язку між паливно-економічними параметрами колісних машин і двигуна при відключенні частини його циліндрів вивчені недостатньо, що підтверджує актуальність теми дослідження.

У зв'язку з цим актуальною проблемою є визначення закономірностей зміни потужностних і паливно-економічних показників роботи двигуна і колісної машини при відключенні частини циліндрів, а також виділення і обґрунтування режимів роботи колісної машини двигуна для підвищення його паливної економічності при експлуатації шляхом відключення частини циліндрів двигуна.

Мета та постановка задачі. Метою даного дослідження є підвищення паливної економічності колісної машини відключенням частини циліндрів його двигуна.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних задач:

- визначення взаємозв'язків потужностних і паливно-економічних показників колісних машин і двигуна при відключенні частини його циліндрів;
- оцінка економічної ефективності способу підвищення паливної економічності колісних машин відключенням частини циліндрів двигуна.

Визначення взаємозв'язків потужностних і паливно-економічних показників колісних машин і двигуна при відключенні частини його циліндрів. Паливну економічність транспортного агрегату оцінюють питомою витратою палива на 100 т·км транспортної роботи в л/(100 т·км) [5]

$$Q_{\Pi} = \frac{G_{\text{сум}} \cdot 10}{L_{\text{ван}} \cdot G_{\text{ван}} \cdot \rho_{\Pi}}, \quad (1)$$

де $G_{\text{сум}}$ – кількість палива, витрачене транспортним агрегатом за певний пробіг, кг;

$L_{\text{ван}}$ – пробіг транспортного агрегату з вантажем, км;

ρ_{Π} – щільність палива, г/см³;

$G_{\text{ван}}$ – корисний вантаж, що перевозиться транспортним агрегатом, кг.

Паливна економічність колісних машин визначається годинною витратою палива

$$Q_{\Pi} = \frac{0,12 \cdot V_h}{H_u \cdot \eta_i \cdot \tau} \cdot i \cdot n \cdot p_i, \text{ кг/ГОД}, \quad (2)$$

де V_h – робочий об'єм одного циліндра, л;

i – число циліндрів двигуна;

n – частота обертання колінчастого валу двигуна, хв⁻¹;

τ – число тактів двигуна;

H_u – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

η_i – індикаторний ККД;

p_i – середній індикаторний тиск, МПа.

Для визначення паливної економічності двигуна при відключенні частини його циліндрів в процесі роботи колісних машин розроблена математична модель, що дозволяє визначати часовий витрата палива колісних машин у залежності від кількості працюючих циліндрів двигуна, коефіцієнта завантаження та частоти обертання колінчастого валу, а також деяких експлуатаційних параметрів.

Показники колісних машин і двигуна розраховуються у наступній послідовності. Визначається коефіцієнт завантаження двигуна, (по крутному моменту). При цьому фіксується, при якому режимі працює колісних машин (табл. 1).

Далі визначається частота обертання колінчастого валу двигуна

$$n = \frac{V_d \cdot i_{\text{тр}} \cdot (1 - \delta)}{0,105 \cdot R_k}, \text{ хв}^{-1}, \quad (3)$$

де V_d – дійсна швидкість руху, м/с;

$i_{\text{тр}}$ – передаточне число трансмісії;

δ – коефіцієнт буксування;

R_k – кінематичний радіус кочення ведучого колеса, м.

Потім для всіх чисел працюючих циліндрів $z_p < i$ (при частоті обертання колінчастого валу n) визначається коефіцієнт зміни максимальної потужності двигуна при відключенні частини циліндрів – k_N

$$k_N = \frac{z_p}{i \cdot \eta_{Mi \max}} - k_M \left(\frac{1}{\eta_{Mi \max}} - 1 \right), \quad (4)$$

де z_p – кількість працюючих циліндрів двигуна;

i – кількість всіх циліндрів двигуна;

$\eta_{Mi \max}$ – максимальне значення механічного ККД двигуна при всіх працюючих циліндрах при частоті обертання колінчастого валу n (визначається по зовнішній швидкісній характеристиці для даного двигуна без відключення циліндрів);

k_m – коефіцієнт зміни механічних втрат двигуна при відключенні частини його циліндрів

$$k_m = \left(\frac{z_p}{i} m_1 + \frac{z_b}{i} \cdot d \cdot \delta_{mb} \right), \quad (5)$$

де m_1 – коефіцієнт, що враховує зміну механічних втрат у працюючих циліндрах (при підвищенні в них навантаження з-за відключення частини інших). Для попереднього розрахунку приймаємо, що $m_1 = 1$;

d – коефіцієнт, що враховує зміну механічних втрат при прокручуванні двигуна без подачі палива і характеризує зміну втрат на тертя. Приймаємо припущення, що ці втрати не змінюються: $d = 1$;

δ_{mb} – коефіцієнт, що враховує зміну частки механічних втрат на привід паливного насоса, механізму газорозподілу і насосних ходів і залежить від способу відключення циліндрів.

Таблиця 1

Режими роботи колісної машини

Режим	Формула для визначення коефіцієнту завантаженості
1. холостий хід двигуна	–
2. холостий хід колісної машини	$K_3 = \frac{G_{км} \cdot f_{тр} \cdot R_k \cdot 10^3}{\eta_{тр} \cdot i_{тр} \cdot M_{нкм}}$
3. холостий хід колісної машини з причепом	$K_3 = \frac{(G_{км} \cdot f_{тр} + G_{пр} \cdot f_{пр}) \cdot R_k \cdot 10^3}{\eta_{тр} \cdot i_{тр} \cdot M_{нкм}}$
4. робочий режим колісної машини	$K_3 = \frac{(G_{км} \cdot f_{тр} + (G_{пр}^i + G_{ван}) \cdot f_{пр}) \cdot R_k \cdot 10^3}{\eta_{тр} \cdot i_{тр} \cdot M_{нкм}}$

де $G_{км}$, $G_{пр}$, $G_{ван}$ – вага відповідно колісної машини, причепа, вантажу, кН;

$f_{тр}$, $f_{пр}$ – коефіцієнти опору пересуванню колісної машини і перекочуванню причепа;

$\eta_{тр}$ – механічний ККД трансмісії;

$M_{нкм}$ – номінальний крутний момент двигуна, Н·м.

Далі вибираються ті варіанти відключення циліндрів (тобто z_p), при яких виконується умова

$$K_3 \leq k_N. \quad (6)$$

При вибраних значеннях чисел працюючих циліндрів z_p і при всіх працюючих циліндрах i виконується розрахунок годинної витрати палива G_{II} :

$$G_{II} = \left(K_3 \cdot n \cdot \frac{M_{нкм}}{9550} + N_{пмв} \right) \frac{3,6}{H_u \eta_i}, \text{ кг/год}, \quad (7)$$

де $N_{пмв}$ – потужність механічних втрат двигуна при даній частоті обертання колінчастого валу n (прийнято, що не залежить від навантаження), кВт

$$N_{пмв z_p} = k_m \cdot N_{пмв i}$$

$N_{пмв z_p}$ – потужність механічних втрат двигуна з відключеними циліндрами, кВт;

$N_{пмв i}$ – потужність механічних втрат двигуна без відключення циліндрів, кВт

$$N_{пмв i} = \frac{p_{mb i} \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau}, \quad (8)$$

де $p_{\text{мв } i}$ – умовний середній тиск механічних втрат двигуна без відключення циліндрів, МПа, для його визначення прийнята лінійна залежність від частоти обертання колінчастого валу

$$p_{\text{мв } i} = a + b \cdot n, \quad (9)$$

де a і b – емпіричні коефіцієнти, які визначаються експериментально для різних типів двигунів;

H_u – нижча теплота згоряння палива (для дизеля $H_u = 42,5$ МДж/кг);

η_i – індикаторний ККД двигуна (для його визначення обрана квадратична залежність від індикаторного тиску, задовільно описує характер зміни індикаторного ККД по навантажувальній характеристиці) [3]

$$\eta_i^{z_p} = A p_i^2 + B p_i + C, \quad (10)$$

де A , B , C – коефіцієнти, що отримуються в результаті теплового розрахунку, проведеного для різних навантажень при даній частоті обертання колінчастого валу;

p_i – середній індикаторний тиск в циліндрах вихідного двигуна при даній навантаженні і частоті обертання, МПа:

$$p_i = p_e + p_{\text{мв}}, \quad (11)$$

де p_e – умовний ефективний тиск в циліндрах двигуна, МПа:

$$p_e = K_3 \cdot \frac{M_{\text{нкм}} \cdot 30 \cdot \tau}{9550 \cdot V_h \cdot i}. \quad (12)$$

Потім порівнюються величини годинної витрати для різних значень z_p і i . Менше значення відповідає рекомендованому числа працюючих циліндрів.

Для перевірки адекватності розробленої математичної моделі, роботи колісних машин, що дозволяє визначати паливну економічність колісних машин при його роботі з відключенням частини циліндрів в залежності від режимів роботи колісних машин і дорожніх умов, проведено експериментальні дослідження та отримані наступні результати відображені у висновках.

Висновки. Слід зазначити, що дані дослідження підтверджують підвищення паливної економічності при відключенні частини циліндрів двигуна.

Зміна основних техніко-економічних показників двигуна при роботі колісних машин достовірно описується запропонованою математичною моделлю. Так, при номінальній частоті обертання на холостому ходу двигуна розбіжність щодо зміни витрати палива складає 8,78 %, при роботі під навантаженням у точці нульової економії розбіжність за коефіцієнтом завантаження становить 2,1%, витрати палива 14%.

При русі колісних машин з порожнім причепом зниження витрати палива зростає із збільшенням швидкості; розбіжність при швидкості 10 км/год складає 22 %. При роботі з вантажем при завантаженні причепа 1 т при швидкості 10 км/год на шостій передачі розбіжність становить 22 %. Таким чином, отримані залежності дозволяють зробити висновок про задовільною адекватності математичної моделі.

Література:

1. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. М.: Колос, 2004. – 504 с.
2. Гайсин Э.М. Повышение топливной экономичности тракторных дизелей регулированием режимов их работы пропуском подачи топлива : дис. ... канд. техн. наук. СПб.; Пушкин, 2007. – 129 с.

3. Медведев А. Н. Повышение топливной экономичности автомобильных дизелей отключением части цилиндров: дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2008. – 138 с.
4. Галиуллин Р.Р. Повышение эффективных показателей тракторных дизелей электронным управлением топливоподачи : автореф. дис. ... докт. техн. наук. СПб. ; Пушкин, 2009. – 41 с.
5. Краткий автомобильный справочник. 10-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1984. – 220 с.
6. Анализ характеристики холостого хода / С.Ю. Федосеев [и др.] // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. – С. 166-169.
7. Федосеев С. Ю., Петелин А. А. Анализ нагрузочной характеристики Д-240 при отключении части цилиндров // Вестник ЧГАА. 2011. Т. 58. – С. 148-151.

Summary

O. Poljansky, A. Molodan, O. Vlasenko The engine cylinders disable part of wheeled vehicles is improving the fuel efficiency

The results of the research workflow wheeled vehicles when you disconnect parts of its cylinders, a mathematical model of working process of a wheeled vehicle.

Keywords: *work process, wheel machine, technical and economic indicators of the engine, engine disconnection.*

References

1. Kutkov G.M. Traktoryi i avtomobili. Teoriya i tehnologicheskie svoystva. M.: Kolos, 2004. – 504 s.
2. Gaysin E.M. Povyishenie toplivnoy ekonomichnosti traktornyih dizeley regulirovaniem rezhimov ih raboty propuskom podachi topliva : dis. ... kand. tehn. nauk. SPb.; Pushkin, 2007. – 129 s.
3. Medvedev A. N. Povyishenie toplivnoy ekonomichnosti avtomobilnyih dizeley otklyucheniem chasti tsilindrov: dis. ... kand. tehn. nauk. Chelyabinsk, 2008. – 138 s.
4. Galiullin R.R. Povyishenie effektivnyih pokazateley traktornyih dizeley elektronnyim upravleniem toplivopodachi : avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk. SPb. ; Pushkin, 2009. – 41 s.
5. Kratkiy avtomobilnyiy spravochnik. 10-e izd., pererab. i dop. M. : Transport, 1984. – 220 s.
6. Analiz harakteristiki holostogo hoda / S.Yu. Fedoseev [i dr.] // Vestnik ChGAA. 2011. T. 58. – S. 166-169.
7. Fedoseev S. Yu., Petelin A. A. Analiz nagruzochnoy harakteristiki D-240 pri otklyuchenii chasti tsilindrov // Vestnik ChGAA. 2011. T. 58. – S. 148-151.