

О. Ю. РЕБРОВ, канд. тех. наук, доц. НТУ «ХП»;

О. В. МІРОШНІЧЕНКО, студент НТУ «ХП»

АНАЛІЗ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ БЕНЗИНОВОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ З НЕСТАЛИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Визначено оптимальний режим роботи двигуна при несталих навантаженнях, складено математичну модель автомобільного бензинового двигуна, проведено аналіз витрати палива при роботі двигуна на перехідних режимах.

Ключові слова: крутний момент, потужність, витрата палива, аналіз, багатопараметрова характеристика двигуна, лінія найбільшої економічності (ЛНЕ).

Вступ. У зв'язку з безперервним зростанням кількості транспортних засобів, які є основним споживачем енергії, в даний час одним з головних завдань у автомобільній промисловості є пошук шляхів підвищення паливної економічності двигунів внутрішнього згорання.

Рух автомобіля в міських умовах характеризуються постійною зміною швидкості у зв'язку з високою інтенсивністю транспортних потоків. При такому русі автомобільний двигун працює з несталим навантаженням при якому постійно змінюється питома витрата палива. Робота двигуна з несталим навантаженням характеризується частою зміною положення органа керування подачею палива і, як наслідок, частоти обертання колінчатого вала та крутного моменту, який передається. Аналіз питомої витрати палива при постійній зміні частоти обертання колінчатого вала дозволить знайти оптимальний режим роботи двигуна та визначити лінію найбільшої економічності.

Аналіз основних досягнень та літератури. У сучасних бензинових двигунах область найменшої питомої витрати палива знаходиться в зоні частоти обертання колінчастого вала, рівної 50 % від максимальної і при майже повністю відкритій дросельній заслінці.

Характеристика потужності двигуна N_e залежно від його частоти обертання n приведена на рис. 1.

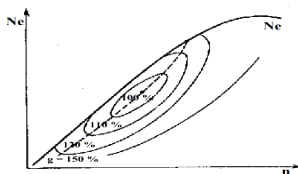


Рис. 1 – Области питомої витрати палива двигуна

Із загального поля питомих витрат палива g можна виділити пунктирну криву залежності мінімальних питомих витрат палива $g_{мін}$ від частоти обертання n .

двигуна. Для досягнення мінімальної витрати палива необхідно, щоб при русі автомобіля двигун постійно працював в режимі, близькому до того, який позначений пунктирною кривою [1].

Мета дослідження, постановка задачі. Метою цієї роботи є визначення оптимальних режимів роботи автомобільного бензинового двигуна з несталим навантаженням, яке дозволить знизити витрату палива при завантаженні двигуна від нуля до максимальної потужності.

Визначення лінії найбільшої економічності. Для визначення лінії найбільшої економічності необхідно знати числові значення потужності, крутного моменту та питомої витрати палива на зовнішній (при повністю відкритій дросельній заслінці) та часткових (при не повністю відкритій дросельній заслінці) швидкісних характеристиках двигуна.

Для різних значень відносного кута відкриття дросельної заслінки α , потужність двигуна можна знайти з виразу [2]:

$$\frac{N_e}{N_N} = N_0 + N_1 \cdot \frac{n_e}{n_N} + N_2 \cdot \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2, \quad (1)$$

де N_e – поточна ефективна потужність;

N_N – максимальна потужність;

n_e – поточна частота обертання колінчастого валу яка відповідає потужності N_e ;

n_N – частота обертання колінчастого валу, відповідна максимальній потужності;

N_0, N_1, N_2 – коефіцієнти отримані за допомогою апроксимації поліномом емпіричних даних представлених в табл. 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти виразу (1) для різних значень α

| $\alpha, \%$ | $N_0(\alpha)$ | $N_1(\alpha)$ | $N_2(\alpha)$ |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | -0,176 | 2,044 | -0,867 |
| 0,8 | -0,159 | 1,95 | -0,83 |
| 0,7 | -0,169 | 1,94 | -0,86 |
| 0,6 | -0,15 | 1,94 | -0,91 |
| 0,5 | -0,169 | 1,93 | -1,06 |
| 0,4 | -0,14 | 1,77 | -1,13 |
| 0,3 | -0,087 | 1,51 | -1,23 |
| 0,2 | -0,134 | 1,86 | -2,18 |
| 0,1 | -0,1 | 1,53 | -2,67 |

Оскільки крутний момент та потужність двигуна є взаємозалежними, то для визначення крутного моменту в залежності від відносного відкриття дросельної заслінки можна використати вираз:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (2)$$

де M_e – поточний ефективний крутний момент;

ω_e – поточна кутова швидкість колінчастого валу двигуна.

Питому витрату палива для бензинового двигуна можна знайти за виразом [3]:

$$g_e = g_{ном} \cdot K_\omega \cdot K_N, \quad (3)$$

де g_e – ефективна питома витрата палива;

$g_{ном}$ – питома витрата палива у номінальному режимі;

K_ω, K_N – коефіцієнти, що розраховуються за наступними виразами:

$$K_\omega = 1,26 - 0,85 \cdot \frac{\omega_e}{\omega_{ном}} + 0,59 \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_{ном}} \right)^2, \quad (4)$$

$$K_N = 1,7 - 2,63 \cdot \frac{N_e}{N_{3ШХ}} + 1,92 \cdot \left(\frac{N_e}{N_{3ШХ}} \right)^2, \quad (5)$$

де $\omega_{ном}$ – номінальна кутова швидкість колінчатого вала двигуна;

$N_{3ШХ}$ – потужність двигуна за зовнішньою швидкісною характеристикою, що відповідає швидкісному режиму поточної потужності N_e .

За розрахованими даними крутного моменту, потужності і питомої витрати палива можна побудувати багатопараметричну характеристику і вивести теоретичну лінію найбільшої економічності. Геометрично лінія найбільшої економічності сполучає точки дотику ліній $N_e = \text{const}$ до ліній рівної питомої витрати палива багатопараметричної характеристики двигуна.

Для оцінки ефективності роботи двигуна по лінії найбільшої економічності складено математичну модель автомобільного бензинового двигуна. Розроблена модель враховує завантаження двигуна по крутному моменту та по частоті обертання колінчатого вала, а також кут відкриття дросельної заслінки.

Для визначення параметрів роботи двигуна в математичній моделі використовується вираз:

$$J \cdot \varepsilon'_\omega \cdot \omega_{ном} = \left(M_{норм} - \frac{M_c}{M_N} \right) \cdot M_N, \quad (6)$$

де J – приведений до вала двигуна момент інерції;

ε_ω – коефіцієнт завантаження двигуна по частоті обертання колінчатого вала двигуна;

$M_{норм}$ – нормований крутний момент;

M_N – номінальний крутний момент;

M_c – момент опору руху.

Нормований крутний момент є функцією від відносного кута відкриття дросельної заслінки та коефіцієнта завантаження двигуна по частоті обертання колінчатого вала двигуна та знаходиться за виразом:

$$M_{норм} = \frac{N_e}{N_N} \cdot \frac{N_N}{\omega_e} \cdot \frac{1}{M_N} = \frac{M_e}{M_N} = f(\alpha, \varepsilon_\omega). \quad (7)$$

Розрахунок миттєвої витрати палива в математичній моделі бензинового двигуна виконується за виразом:

$$G_M = \frac{g_e \cdot N_e}{3,6 \cdot 10^6}. \quad (8)$$

Розрахунок витрати палива за певний проміжок часу $t \in [t_n, t_k]$ роботи двигуна виконується за виразом:

$$G_{tM} = \int_{t_n}^{t_k} G_M dt. \quad (9)$$

Для визначення об'ємної витрати палива використовується вираз:

$$G_{tV} = G_{tM} \cdot \rho_n, \quad (10)$$

де ρ_n – густина бензинового палива.

Аналіз результатів. Багатопараметрична характеристика бензинового двигуна та робота математичної моделі по лінії найбільшої економічності показані на рис. 2.

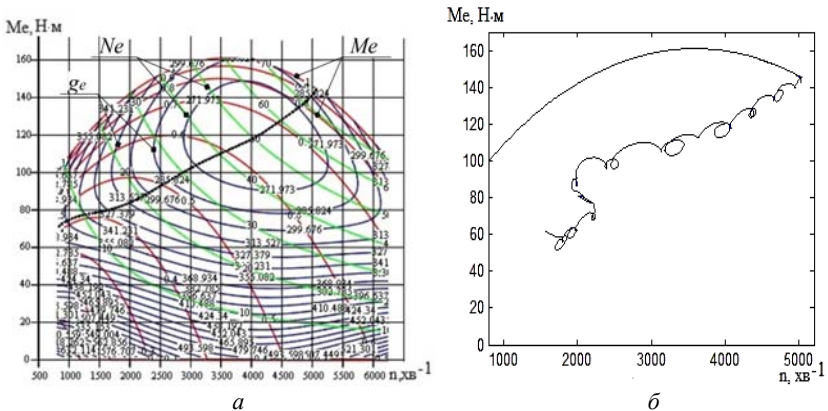


Рис. 2 – Характеристики бензинового двигуна та робота математичної моделі по лінії найбільшої економічності: *a* – багатопараметрична характеристика бензинового двигуна; *б* – робота математичної моделі бензинового двигуна по лінії найбільшої економічності.

В табл. 2 наведено результати роботи математичної моделі двигуна при різних кутах відкриття дросельної заслонки та по лінії найбільшої економічності.

Таблиця 2 – Результати моделювання роботи двигуна

| Кут відкриття дросельної заслінки, % | Час роботи двигуна, с | Витрата палива, г | Виконана робота, Дж | КПД двигуна |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| 0,3 | 15,3 | 10,61 | 107,3 | 22,99 |
| 0,4 | 120 | 153,2 | 1724 | 25,69 |
| 0,5 | 120 | 229 | 2792 | 28,98 |
| 0,6 | 120 | 319,6 | 3967 | 31,26 |
| 0,7 | 120 | 404,6 | 4928 | 31,2 |
| 0,8 | 120 | 475,7 | 5465 | 29,34 |
| 0,9 | 120 | 528,5 | 5698 | 27,7 |
| 1 | 120 | 547,2 | 5762 | 26,83 |
| ЛНЕ | 120 | 142,8 | 1596 | 30,91 |

Висновки. В даній роботі визначено оптимальний режим роботи автомобільного бензинового двигуна, який дозволяє знизити витрату палива і забезпечує економічну роботу в широкому діапазоні швидкісних та навантажувальних режимів. Результати математичного моделювання підтверджують ефективність роботи двигуна за ЛНЕ.

Список літератури: 1. *Мацкерле Ю.* – Современный экономичный автомобиль / Пер. с чешск. В. Б. Иванова; Под ред. А. Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.: ил. 2. *Безбородова Г. Б., Галушко В. Г.* Моделирование движения автомобиля / *Безбородова Г. Б., Галушко В. Г.* – Вища школа, 1978. – 168с. 3. *Шапко В. Ф., Шапко С. В.* Метод розрахунку багатопараметрової характеристики автомобільного двигуна внутрішнього згорання // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1. - 2009. (54). Частина 1. – С. 93-96.

Надійшла до редколегії 14.05.2013

УДК 629.016

Аналіз паливної економічності автомобільного бензинового двигуна при роботі з несталим навантаженням / О. Ю. Ребров, О. В. Мірошніченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 32 (1005). – С. 35–39. – Бібліогр.: 3 назв.

Определено оптимальный режим работы двигателя при неуставившихся нагрузках, составлено математическую модель автомобильного бензинового двигателя, проведено анализ расхода топлива при работе двигателя на переходных режимах.

Ключевые слова: крутящий момент, мощность, расход топлива, анализ, многопараметрическая характеристика двигателя, линия наибольшей экономичности.

Determined the optimal mode of operation of the engine under transient loads, made up of a mathematical model of automobile gasoline engine, the analysis of fuel consumption during engine transients.

Keywords: torque, power, fuel consumption, analysis, multi-parameter characteristics of the engine, the most economical line.