УДК 621.436
Слинько Г.І.[1], Новосильцев І.В.[2]
[1] д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»
[2] студ. гр. Т-410м НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-5340, ЩО ПРАЦЮЄ НА БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВАХ МЕРО РІЗНОГО СКЛАДУ

З аналізу літературних джерел, порівняння властивостей дизельного палива (ДП) та біодизелю визначено переваги, від використання останнього:

– міжремонтний термін експлуатації двигуна зростає на 50 %;

– краще змащування біодизеля сприяє збільшенню строку служби паливних форсунок;

– більше цетанове число біодизелю (51..54 одиниць, порівняно з 49…51 у ДП), що покращує запуск двигуна, знижує рівень шуму і димність при роботі двигуна;

– висока температура спалаху робить біодизель одним з найбільш пожежобезпечних видів палива;

– зменшення викидів СО до 10…12 %, вуглеводнів до 10…35 %, сірки до 100 %, твердих часток та сажі – до 20…60 %.

– позитивний вуглецевий баланс в природі;

– біодизель, потрапляючи в ґрунти та ґрунтові води, швидко розкладається (90 % розпадається за 21 день, 99 % – за 28 днів)

Оскільки виробництво та споживання біодизельного палива в Україні в наступні роки буде тільки зростати, а кількість ДВЗ, що їх використовує, також, досліджено актуальне питання впливу ефективності сучасного дизельного ДВЗ, що працює на біодизельних паливах різного складу.

З використанням комп'ютерної програми Engine Calculation виконано теплові розрахунки об'єкта дослідження, двигуна ЯМЗ-5340, при роботі на біодизельному паливі з метилових естерів ріпакової олії (МЕРО) двох типів: з низьким (0,15…2 % мас.) та з високим (32,5 % мас.) вмістом ерукової кислоти (БДнЕ та БДвЕ). Методом адитивності визначено теплофізичні показники (H_u, L_o, l_o) для палив БДнЕ та БДвЕ, які можуть використовуватись в комп'ютерній програмі Engine Calculation при розрахунках будь-яких дизельних ДВЗ.

Встановлено, що для забезпечення незмінного значення коефіцієнта надлишку повітря α = 1,9 необхідно збільшувати величину паливоподачі

двигуна, а саме циклову подачу палива $\Delta m_{тц}$: для біопалива БДвЕ – на 13,83 %; для біопалива БДнЕ – на 15,27 %.

Визначено індикаторні та ефективні показники двигуна ЯМЗ-5340 при роботі на трьох видах палива (дизельне паливо, БДнЕ та БДвЕ) на номінальному режимі. При збереженні незмінним коефіцієнту надлишку повітря для біодизельних палив: ефективна потужність зростає на 0,7…0,8 %; питома ефективна витрата палива зростає на 13,1 % (БДвЕ) та 14,3 % (БДнЕ); годинна витрата палива зростає на 13,8 % (БДвЕ) та 15,2 % (БДнЕ). У біодизеля БДнЕ потужність на ~0,1 % вища, а витрата палива на 1,2…1,4 % більша у порівнянні з БДвЕ.

Максимальна температура T_{max} та тиск p_{max} протягом робочого циклу залишаються практично незмінними (максимальна різниця складає 1,3 К та 61 кПа відповідно), що вказує на те, що двигун на біопаливах не підвергається збільшеним тепловим або динамічним навантаженням.

Приймаючи, що циклова подача палива $\Delta m_{тц}$ – величина незмінна при будь-якому виді палива, визначено реальні значення коефіцієнта надлишку повітря α при заміні дизельного палива на біодизельне паливо МЕРО за відсутності коригування часу/тривалості впорскування палива: для БДвЕ $\alpha = 2{,}163$, БДнЕ $\alpha = 2{,}19$.

Визначено вплив температури та тиску навколишнього середовища на ефективні показники двигуна на номінальному режимі.

При зменшенні температури атмосферного повітря густина його зростає, тому збільшується масове наповнення циліндрів як повітрям $\Delta m_{вц}$, так і паливом $\Delta m_{тц}$. Величина питомої ефективної витрати палива g_e в середньому зменшується на 0,6 % (на кожні 10 ° С). В той же час ефективна потужність N_e зростає на 4,1 %. Величина годинної витрати палива $G_т$, зростає на 3,4 % на кожні 10 ° С зниження T_o.

Зменшення тиску атмосферного повітря (при збільшенні висоти над рівнем моря) призводить до падіння потужності. Підвищення висоти на кожні 500 м викликає зменшення на $N_e = 7{,}07…9{,}28$ кВт – в середньому на 5,4 %, значущого впливу на величину питомої ефективної витрати палива g_e немає, величина $G_т$ зменшується в середньому на 5,5 %.

Складено систему лінійних рівнянь, яку вирішено методом Крамера. Знайдені апроксимаційні квадратичні рівняння можуть бути використані для визначення зміни ефективних потужності та витрати палива при експлуатації 4-тактних дизельних ДВЗ за тиску p_o та температури атмосферного повітря t_o, ° С, притаманних різним регіонам України:

– при $p_o = 101$ кПа:

$$N_e = 0{,}0017 \cdot t_o^2 - 0{,}5908 \cdot t_o + 152{,}6244, \text{ кВт} \quad (1)$$

$$g_e = 3 \cdot 10^{-7} \cdot t_o^2 + 0{,}0001 \cdot t_o + 0{,}2423, \text{ кг/(кВт·год)}, \quad (2)$$

$$G_т = 0{,}0004 \cdot t_o^2 - 0{,}1215 \cdot t_o + 36{,}983, \text{ кг/год;} \quad (3)$$

– при $p_o = 95{,}5$ кПа (500 м над рівнем моря)

$$N_e = 0{,}0016 \cdot t_o^2 - 0{,}5588 \cdot t_o + 144{,}42, \text{ кВт} \quad (4)$$

$$g_e = 3 \cdot 10^{-7} \cdot t_o^2 + 0{,}0001 \cdot t_o + 0{,}2421, \text{ кг/(кВт·год),} \quad (5)$$

$$G_т = 0{,}0004 \cdot t_o^2 - 0{,}1159 \cdot t_o + 34{,}969, \text{ кг/год;} \quad (6)$$

– при $p_o = 89{,}9$ кПа (1000 м над рівнем моря)

$$N_e = 0{,}0015 \cdot t_o^2 - 0{,}5259 \cdot t_o + 136{,}04, \text{кВт,} \quad (7)$$

$$g_e = 3 \cdot 10^{-7} \cdot t_o^2 + 0{,}0001 \cdot t_o + 0{,}242, \text{ кг/(кВт·год),} \quad (8)$$

$$G_т = 0{,}0003 \cdot t_o^2 - 0{,}1082 \cdot t_o + 32{,}917, \text{ кг/год.} \quad (9)$$

Економічний ефект у споживача двигуна ЯМЗ-5340, що використовується на ватажному автомобілі МАЗ для приміських перевезень, за весь використаний моторесурс становитиме 104,9 тис. грн. (при використанні палива БДвЕ) або 103,6 тис. грн. (паливо БДнЕ), що досягається за рахунок зниження вартості палива.

Результати роботи апробовано на виробництві – у транспортному цеху № 19 ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат». Підприємством взято до впровадження використання біодизеля із високим вмістом ерукової кислоти для заміни дизельного палива для дизельних ДВЗ.