

УДК 629.113

А.П.Поляков, К.В.Нгаяхи Аббе, О.О.Галушак
Вінницький національний технічний університет**МАТЕМАТИЧНА ОЦІНКА ДРІБНОСТІ РОЗПИЛЮВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ПРИ ЙОГО ВИКОРИСТАННІ ЯК ПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЯ**

В роботі проведено теоретичне дослідження зміни дрібності розпилювання та часу випаровування біодизельного палива при використанні його як палива для дизеля.

Ключові слова: біодизельне паливо, дизель, впорскування, в'язкість, діаметр крапель, випаровування палива.

Питання про пошук альтернативних джерел енергії для дизельних двигунів вже давно стоїть перед науковими дослідниками. Використання біодизельного палива як палива для дизелів стає все більш поширеним у всьому світі. Біодизельне паливо має ряд переваг: воно є поновлюваним; викиди при його згоранні є менш токсичними, ніж викиди при згоранні звичайного дизельного палива; воно має вище цетанове число. Проте, досліди показували, що при його використанні спостерігаються втрати потужності, ефективності роботи дизельного двигуна та збільшення емісії оксидів азоту (NO_x).

Ефективне переведення дизеля на роботу на біодизельному паливі здійснюється тільки шляхом оволодіння математичних основ протікання процесу згорання біодизельного палива в дизелях. Для цього необхідно математично змоделювати процес його впорскування і визначити дрібність його розпилювання. Для виконання цього завдання були використані моделі розрахунку процесів розпилювання і горіння палива в дизелі запропоновані Н.Ф. Разлейцевим, А.С. Лишевским [1][2]. Після оцінки, визначались впливи зміни дрібності розпилювання на параметри паливної системи.

Використовувані в цій роботі експериментальні коефіцієнти були взяті з робіт вказаних вище авторів. Оскільки ця робота є теоретичною, отримані результати будуть з деякими неточностями. Оцінка адекватності теоретичного дослідження буде перевірена після проведення експериментів, при яких будуть уточнені значення цих коефіцієнтів для біодизельного палива.

Для визначення діаметра крапель альтернативного палива, в нашому випадку біодизельного палива, необхідно визначити такі величини:

Середня швидкість витікання палива з розпилювача форсунки:

$$U_o = \frac{24 \cdot q_c \cdot n}{0,75 \cdot \rho \cdot d_c \cdot i_c \cdot \varphi_{впр}} \quad (1)$$

де q_c - циклова подача палива, n - частота обертання колінчастого вала двигуна; ρ_f - щільність палива; $\varphi_{впр}$ - тривалість поцесу впорскування; d_c - діаметр сопел розпилювача; i_c - число сопел розпилювача.

Миттєва швидкість витікання палива з розпилювача форсунки:

$$U_o = U_{от} \cdot \frac{d_\sigma}{d_\varphi} \quad (2)$$

де $\frac{d_\sigma}{d_\varphi}$ - безрозмірна диференціальна характеристика впорскування. Її будемо вважати константою.

Критерій M характеризує співвідношення сил поверхневого натягу, інерції та в'язкості палива:

$$M = \mu_f^2 / d_c \cdot \rho_f \cdot \sigma_f \quad (3)$$

де μ_f - коефіцієнт динамічної в'язкості палива при 323 К; σ_f - коефіцієнт поверхневого натягу палива при 323 К.

Критерій Вебера, який характеризує співвідношення сил поверхневого натягу і інерції:

$$W_e = U_{om}^2 \cdot \rho_f \cdot d_c / \sigma_f \quad (4)$$

Критерій нестационарності процесу Э:

$$\mathcal{E} = \frac{\tau_s^2 \cdot \sigma_f}{\rho_f \cdot d_c^2} \quad (5)$$

де τ_s - час початку впорскування

Визначення вище наведених величин дозволяє нам визначити середній діаметр крапель, мкм:

$$d_{32} = \frac{10^6 \cdot E_{32} \cdot d_c \cdot M^{0,0733}}{(\rho \cdot W_e)^{0,266}} \quad (6)$$

$$\rho = \rho_{air} / \rho_f$$

де ρ_{air} - щільність повітря в кінці умовно продовженого до ВМТ стиснення; E_{32} - емпіричний коефіцієнт, що залежить від конструкції форсунки і способу визначення середніх розмірів крапель впорскуваного палива. Виходячи з того, що конструкція форсунки залишається незмінною при переході на біодизельне паливо, коефіцієнт E_{32} залишається сталим.

Визначимо ε - відношення середнього поверхневого діаметра крапель біодизельного палива до середнього діаметру крапель дизельного палива:

$$\varepsilon = \frac{d_{32b}}{d_{32d}} = \left(\frac{10^6 E_{32} \cdot d_c \cdot M^{0,0733}}{(\rho \cdot W_e)^{0,266}} \right)_{\text{біодизельне паливо}} \times \left(\frac{(\rho \cdot W_e)^{0,266}}{10^6 E_{32} \cdot d_c \cdot M^{0,0733}} \right)_{\text{дизельне паливо}} \quad (7)$$

Припустимо, що величини: $\varphi_{впр}$, d_c , i_c , ρ_{air} , d_σ/d_φ , q_c постійні незалежно від палива, після перетворень отримаємо таке відношення:

$$\varepsilon = \frac{d_{32b}}{d_{32d}} = \frac{\left(\mu_f^{0,1466} \cdot \rho_f^{0,4587} \cdot \sigma_f^{0,1927} \right)_{\text{біодизельне паливо}}}{\left(\mu_f^{0,1466} \cdot \rho_f^{0,4587} \cdot \sigma_f^{0,1927} \right)_{\text{дизельне паливо}}} \quad (8)$$

Визначимо відношення ε для біодизельного палива на основі рапсової олії (Biofuel RME B100) і стандартного дизельного палива (Diesel 2) для яких: $\mu_f = 0,00692 \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\rho_f = 874 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_f = 0,0315 \text{ Н/м}$ для біодизельного палива та $\mu_f = 0,003 \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\rho_f = 830 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_f = 0,028 \text{ Н/м}$ для дизельного палива

Тоді відношення ε :

$$\varepsilon = \frac{\left(0,00692^{0,1466} \cdot 874^{0,4587} \cdot 0,0315^{0,1927} \right)}{\left(0,003^{0,1466} \cdot 830^{0,4587} \cdot 0,028^{0,1927} \right)} \approx 1,2$$

Цей результат показує, що дрібність розпилювання погіршується при переведенні дизеля на роботу на біодизельному паливі. Середній діаметр крапель збільшується на 20% в порівнянні з літнім дизельним паливом. Згідно математичної моделі Н.Ф. Разлейцева, А.С. Лишевського швидкість випаровування палива в різних зонах згорання залежить від середнього діаметру розпорошеного палива і визначається згідно закону І. Срезневського:

$$d_k^2 = d_{32}^2 - K \cdot t_u \quad (9)$$

де d_k - поточний діаметр краплі; K - константа випаровування; t_u - час від початку випаровування даної краплі (моменту надходження її в дану зону) до теперішнього моменту.

Використовуючи рівняння (9) можемо визначити час повного випаровування палива. При t_u рівному часу повного випаровування палива $d_k = 0$. Тоді рівняння (9) набуває вигляду:

$$d_{32}^2 - K \cdot t_u = 0 \leftrightarrow t_u = \frac{d_{32}^2}{K} \quad (10)$$

Відношення (10) показує, що час повного згорання палива прямо пропорційна квадрату середнього поверхневого діаметру крапель. Якщо враховувати факт, що середній поверхневий діаметр крапель збільшується на 20% при роботі дизеля на біодизельному паливі, то можна сказати, що час повного випаровування повинен збільшуватися приблизно на 44%.

Для визначення впливу зміни дрібності розпилювання на параметри паливної системи використовується відношення між середнім поверхневим діаметром палива, тиском впорскування і цикловою подачею, яке запропонував Іхоясу в своїх працях.[3]

$$d_{32} = A(\rho_{air})^{0,121}(q_c)^{0,131}/(\Delta P)^{0,135} \quad (11)$$

де $A = 2,33 \cdot 10^{-3}$ для простих соплових отворів; ΔP - різниця між тиском впорскування і тиском навколишнього середовища.

З формули (11) видно, що для зменшення розміру середнього діаметру крапель потрібно збільшити тиску впорскування і зменшити циклову подачу. Оптимальні значення змін будуть отримані при експериментальних дослідженнях.

Висновки

Дослідження показує, що при переведенні дизеля на роботу на біодизельному паливі, середній діаметр розпиленого палива збільшується на 20% і час повного випаровування палива на 44%. Виходячи з цього тривалість згорання палива збільшиться. Це доводить, що переведення дизеля на роботу на біодизельному паливі змінює характер протікання процесу згорання в дизелі. Змінюються якість розпилювання палива і динаміка процесу згорання. У перспективі планується визначити вплив цих змін характеру згорання в дизелі на потужнісні та економічні характеристики двигуна.

1. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. - Харьков: Вища школа, 1980. -169с.
2. Лышевский А.С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками - М.: Машгиз, 1963. 180 с
3. Hiroyasu, H., Arai M. and Nakamsishy. Soot formation and oxidation in diesel engines. SAE paper 800252, 1980