

УДК 629.11.012.55

А. П. Поляков, д. т. н., проф.; К. В. Аббе Нгаяхи; Д. О. Галушак; О. О. Галушак

ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВОДУ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА РОБОТУ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛЬНОМУ

Представлено результати критеріальної оцінки техніко-економічних і екологічних показників дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному. Обґрунтовано важливість вибору критеріїв для порівняльної оцінки якості й ефективності роботи дизельного двигуна на дизельному і біодизельному пальних.

Ключові слова: біодизельне пальне, техніко-економічні й екологічні показники.

Вступ

Постановка проблеми. Проблема використання альтернативних джерел енергії з поновлюваної сировини стає все більш актуальною для сучасного суспільства як у зв'язку з енергетичною кризою, так і станом екології [1]. З 90-х років минулого століття у світі почали широко використовувати біодизельне пальне як пальне для дизельних двигунів. З погляду екології та економіки біодизельне пальне має низку переваг у порівнянні зі звичайним дизельним паливом, серед яких можна відзначити меншу токсичність відпрацьованих газів, досить високе цетанове число й хорошу змащувальну здатність. Проте під час прямого використання біодизельного пального у звичайному дизельному двигуні виникають експлуатаційні проблеми через зміну техніко-економічних характеристик двигуна за рахунок високої в'язкості біодизельного пального, невисокого значення нижчої теплотворної властивості пального й вищої температури займання в порівнянні зі звичайним дизельним паливом.

Для проведення порівняльної оцінки показників роботи дизельного двигуна на дизельному і біодизельному пальних, а також оцінки ефективності його роботи під час переведу його на біодизельне пальне необхідно вибрати критерії оцінки технічних, економічних і екологічних показників дизельного двигателя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню оцінки ефективності роботи двигунів внутрішнього згорання при переведі їх на альтернативне пальне присвячено низку наукових досліджень [2 – 6]. Аналіз цих робіт дозволив визначити характер робочого процесу дизельного двигуна під час переведу його на біодизельне пальне. У матеріалах [2, 3] показано, що під час використання чистого біодизельного пального спостерігається падіння ефективної потужності дизельного двигуна на 10 – 20%, збільшення витрати пального й кількості викидів оксидів азоту NOx.

У роботах [4, 5] розглянуто вплив застосування біодизельного пального з пальмового масла на ефективність роботи дизельного двигуна, а в роботі [6] показано результати впливу різних видів біодизельних пальних на кількість і якість відпрацьованих газів. Результати цих експериментів показали, що під час застосування біодизельного пального як пального для дизеля, спостерігається зниження потужності, зниження крутного моменту, і збільшення витрати пального. Треба також відзначити, що ефективність роботи дизельного двигуна під час переведу на біодизельне пальне залежить від відсотка вмісту цього пального в пальній суміші, а також від режимів роботи [6]. Особлива увага в роботах звертається на показники дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному. Для проведення порівняльного аналізу техніко-економічних й екологічних показників дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному необхідно

вибрати оцінні критерії.

Постановка завдань. Ця робота має на меті вибір та обґрунтування критеріїв оцінки якості й ефективності роботи дизельного двигуна під час переведу його на біодизельне пальне, а також проведення аналізу впливу такого переведу на основні показники двигуна за цими критеріями.

Матеріали і результати дослідження. Головними параметрами, що дозволяють оцінити якість пального, є його фізико-хімічні властивості. У табл. 1 наведено порівняння фізико-хімічних властивостей дизельного пального D2 з ефіром пальмового масла, що використовується як біодизельне пальне [7, 8].

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості дизельного і біодизельного пального

Пальне	Цетанове число	Середня теплота згорання, К _г /К _г	Кінематична в'язкість, 40°С, мм ² /с	Температура застигання, °С	Температура помутніння пального, °С	Найменша температура випаровування, °С
D2	47 – 55	45300 – 46700	1,9 – 3,8	(-17) – (-8)	(-36) – (-30)	52 – 77
Ефір пальмового масла	56,2	39070	4,5 (37,8 °С)	8	6	193

Вибір критеріїв ґрунтувався на оцінці впливу переведу дизельного двигуна на біодизельне пальне на його техніко-економічні й екологічні показники. При цьому враховувався вплив фізико-хімічних властивостей біодизельного пального на кожен з показників двигуна.

Аналіз результатів проведених досліджень [9] дозволив виділити основні критерії, що визначають ефективність робочого процесу дизельного двигуна, і встановити необхідний діапазон їхніх значень. Для визначення результатів впливу переведу дизельного двигуна на роботу на біодизельному пальному вибрані такі критерії: потужність та ККД двигуна, довговічність і надійність його деталей, економічність і допустима кількість викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

На основі практичних і теоретичних робіт [2, 3] критерії були розділені на економічні, технічні й екологічні.

Економічні критерії.

Визначення необхідної маси пального двигуна, що надходить у циліндри, при збереженні значення коефіцієнта корисної дії здійснюється за формулою:

$$m_e = \frac{P \cdot b_0 \cdot 33,33}{n \cdot z}, \text{ мг/хід}, \quad (1)$$

де P – потужність двигуна, кВт; b_0 – питома ефективна витрата пального двигуна, г/кВт·год; n – частота обертання колінчастого валу, хв⁻¹; z – число циліндрів.

При цьому циклова подача пального визначається за формулою:

$$Q_H = \frac{P \cdot b_0 \cdot 1000}{30 \cdot n \cdot z \cdot \rho}, \text{ мм}^3/\text{хід}, \quad (2)$$

де ρ – густина пального.

Аналіз формул (1) і (2) дозволяє відзначити, що потужність двигуна обернено пропорційна об'ємній витраті пального і прямо пропорційна густині пального.

З теорії двигунів відомо, що питома витрата пального розраховується за формулою:

$$b_0 = \frac{3600}{\eta_i \cdot h_i}, \text{ г/кВт} \cdot \text{год}, \quad (3)$$

де η_i – індикаторний коефіцієнт корисної дії двигуна; h_i – нижча теплотворна здатність пального, кДж/г.

З цього виразу випливає, що зі зменшенням нижчої теплотворної здатності пального, збільшується питома витрата пального і зменшується отримувана від двигуна потужність. Дослідження [2] показали, що при використанні біодизельного пального його об'ємна витрата приблизно на 10% більша, ніж при використанні звичайного дизельного пального. Отже, для збереження незмінного ККД під час переведу дизельного двигуна на роботу на біодизельному пальному необхідно збільшувати питому ефективну витрату й циклову подачу пального.

Використання біодизельного пального як пального для дизельних двигунів несуттєво впливає на надійність елементів конструкції двигуна. Необхідно відзначити, що можливе утворення продуктів коксування у форсунках і відкладення в циліндрах двигуна, що знижує його термін експлуатації [10]. Проте це питання вимагає подальшого дослідження.

Технічні показники.

Згідно з формулою (3), під час переведу дизельного двигуна на роботу на біодизельному пальному збільшуються питомі витрати пального за рахунок меншої нижчої теплотворної здатності пального, що безпосередньо призводить до зменшення отримуваної від двигуна потужності. Це означає те, що для отримання необхідної потужності треба використовувати більшу кількість пального.

Швидкісні (залежності потужності, крутного моменту, витрати пального від числа обертів) і навантажувальні (залежності годинної і питомої витрат від потужності і крутного моменту) характеристики двигуна під час переведу на біодизельне пальне можуть знизитися за рахунок більшої витрати пального, меншого значення нижчої теплотворної здатності пального, ніж у звичайного дизеля, великої в'язкості біодизельного пального, проблеми з горінням за рахунок високої точки займання біодизельного пального.

Екологічні критерії.

Використання біодизельного пального знижує викид шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизельного двигуна. Проте деякі експериментальні дані [2] показали, що під час використання біодизельного пального підвищується кількість викидів оксидів азоту NOx. Біодизельне пальне має вищі значення густини й в'язкості в порівнянні зі звичайним дизельним паливом, що може привести до його недогорання. При цьому може підвищитися димність двигуна.

У табл. 2 наведено результати аналізу техніко-економічних і екологічних критеріїв дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному.

Таблиця 2

Техніко-економічні й екологічні критерії ефективності дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному

Показники	Аналіз впливу переведу дизельного двигуна на роботу на біодизельному пальному
Економічні	
Витрата пального	Питома витрата пального зростає
Ефективний ККД	Можливе падіння ефективного ККД
Циклова подача пального	Можливе падіння циклової подачі пального
Технічні	
Потужність	Можливе падіння потужності дизеля
Тягово-швидкісні характеристики	Можливе зниження тягово-швидкісних характеристик
Максимальний крутний момент	Можливе зниження максимального крутного моменту
Надійність	Можливе зниження надійності деталей
Екологічні	
Ступінь токсичності й димності відпрацьованих газів	Екологічні показники дизеля поліпшуються, знижуються викиди шкідливих речовин (викиди СО знижуються на 12%, СnНm – 35%, сажі – 50%), проте підвищується кількість викидів оксидів азоту NOx і можливе збільшення димності внаслідок неповного згорання пального

Після вибору основних критеріїв оцінки ефективності роботи дизеля під час переведу його на роботу на біодизельному пальному можна провести порівняльний аналіз доцільності використання біодизельного пального як альтернативного пального для дизельного двигуна. Потрібно відзначити, що ці критерії дозволяють оцінити зміни всіх показників роботи дизельного двигуна під час переведу його на роботу на біодизельному пальному в процесі експлуатації.

Висновки

У роботі представлено результати аналізу впливу переведу дизельного двигуна на біодизельне пальне на його техніко-економічні й екологічні показники. Визначено критерії якісної оцінки ступеня впливу застосування біодизельного пального на показники дизельного двигуна та проведено аналіз впливу переведу дизельного двигуна на роботу на біодизельному пальному за цими критеріями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Василов Р. Г. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 1: биодизель / Р. Г. Василов // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. – 2007. – Т. 3. – № 1. – С. 47 – 54.
2. Demirbas Ayhan. Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engine / Ayhan Demirbas. – London: Springer-Verlag London Ltd., 2008. – 208 p.
3. Knothe Gerhard. The Biodiesel Handbook (Jon Van Gerpen, Jürgen Krahl) / Gerhard Knothe. – Champaign, Illinois: AOCS Press, 2005. – 302 p.
4. An Experimental Study on Diesel Engine Performances Using Crude Palm Oil Biodiesel : (Mechanical Engineering. The 2nd Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)” 21 – 23 November 2006, Bangkok, Thailand) Hendra Wijaksana, B. W. Gusti Kusuma. [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.jgsee.kmutt.ac.th/see1/cd/file/C-008.pdf>.
5. Power and Torque Characteristics of Diesel Engine Fuelled by Palm-Kernel Oil Biodiesel. Oguntola J Alamu, Ezra A Adeleke, Nurudeen O. Adekunle, Salam O. Ismaila. [Електронний ресурс] // Режим доступу : http://ljs.academicdirect.org/A14/066_073.pdf.
6. Experimental Study of DI Diesel Engine Performance Using Three Different Biodiesel Fuels. J. Patterson, M. G. Hassan, A. Clarke, G. Shama, K. Hellgardt and R. Chen. 2005 SAE International [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://www.biofuel-uk.net/loughboroughuniversitybiodiesel.pdf>.
7. Biodiesel: The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels. Gerhard Knothe, Robert O. Dunn, Marvin O. Bagby [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://www.biodieselgear.com/documentation/VegetableOilsAsAlternativeDieselFuels.pdf>.
8. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. Bozbas Kahraman. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.rms.lv/bionett/Files/File/BioD-2005-101%20Biodiesel%20in%20the%20EU.pdf>.
9. Буралев Ю. В. Устройства, обслуживание и ремонт топливной аппаратуры автомобилей: учебник для сред. ПТУ : 3-е изд., перераб. и доп. / Ю. В. Буралев, О. А. Мартиров, Е. В. Клеников. – М.: Высш. шк., 1987. – 288 с.
10. Шульман Р. Ф. Энергосберегающая энциклопедия биотопливных технологий и альтернативных источников энергии / Р. Ф. Шульман. – 2006. – С. 313.

Поляков Андрій Павлович – д. т. н., професор, декан факультету автомобілів та їх ремонту і відновлення.

Нгаяхи Аббе Клод Валері – аспірант кафедри АТМ.

Галушак Олександр Олександрович – ст. гр. 1АТ-11.

Галушак Дмитро Олександрович – ст. гр. 1АТ-11.

Вінницький національний технічний університет.