

УДК: 621.936-61

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО З ДОБАВКАМИ

С.М. Герук, доц., канд. техн. наук,

С.М. Хоменко, канд. техн. наук

Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир

Представлено результати досліджень економічної ефективності роботи дизельного двигуна на суміші дизельного пального з добавками ріпакової олії та етанолу. Отримано коефіцієнт пропорційності для витрати палива, який дозволяє в експлуатації нормувати витрати дизельного палива в залежності від концентрації альтернативних палив.

Постановка проблеми. У зв'язку з вичерпністю світових запасів нафти та поглибленням екологічної кризи все більш актуальним стає питання щодо залучення нетрадиційних екологічнобезпечних джерел енергії для використання як моторних палив для автотранспорту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомо, що витрата палива є інтегральним показником технічного стану двигуна [1-4], яка суттєво впливає на собівартість автотранспортних робіт. З огляду на екологічну оцінку альтернативних палив на основі проаналізованих останніх досліджень та публікацій [5-10], науковий інтерес викликає модель витрати суміші дизельного пального з різною концентрацією ріпакової олії та етанолу.

Постановка завдання. Мета досліджень полягала в підвищенні економічних параметрів двигунів внутрішнього згоряння шляхом удосконалення нормування витрати дизельного палива з добавками ріпакової олії та етанолу. Відповідно до поставленої мети необхідно провести дослідження зміни витрати суміші дизельного палива з добавками альтернативних палив різних концентрацій.

Результати досліджень. Основне рівняння витрати палива для дизельного двигуна при роботі на дизельному паливі [2] має вигляд:

$$Q_{A\bar{I}} = \frac{1}{\eta_i} \left[A_{\bar{a}\bar{e}}^3 + \hat{A}_{\bar{a}\bar{e}}^2 V_a + C(G_a \psi + 0,077kFV_a^2) \right], \quad (1)$$

де $Q_{A\bar{I}}$ – витрати палива для дизельного двигуна, л/100км; $A_{\bar{a}}, B_{\bar{a}}, C$ – коефіцієнти; i_k – передаточне число коробки передач; V_a – швидкість двигуном, км/год; G_a – вага двигуном, Н; ψ – сумарний опір дороги; k – коефіцієнт обтічності, Нс²/м⁴; F – лобова площа с.г.техніки, м².

Для дизельного двигуна:

$$A_{\bar{a}} = \frac{381V_h i_o}{\text{Hu} \rho_T r_K}; \quad (2)$$

$$B_o = \frac{11V_h S_n i_o^2}{Hu \rho_T r_K^2}, \quad (3)$$

$$C = \frac{100}{Hu \rho_T \eta_{TP}}, \quad (4)$$

де V_h – робочий об'єм циліндрів двигуна, л; i_o – передаточне відношення головної передачі; Hu – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг; ρ_T – густина палива, кг/л; r_K – радіус кочення колеса, м; S_n – хід поршня, м; η_{TP} – ККД трансмісії.

При русі на різних передачах i_k та ψ в (1) можуть визначатися як середньозважене передавальне число і середній сумарний опір дороги, які з достатньою точністю зв'язані рівнянням [2]:

$$i_k = \frac{r_K G_a}{M_{об} K_3 \eta_{TP} i_o} \psi, \quad (5)$$

де $M_{об}$ - максимальний момент двигуна, Нм; K_3 - коефіцієнт експлуатаційного зниження моменту (для середніх умов експлуатації складає 0,38...0,4).

В практичних розрахунках для дизельного палива можна прийняти $Hu_{ДП}$ = 42,5 МДж/кг, для ріпакової олії (при $C = 0,77$; $H = 0,12$; $O = 0,11$) нижча теплота згоряння буде дорівнювати $Hu_{РО}$ = 36,0 МДж/кг [3], а для етанолу Hu_E = 25,1 МДж/кг [4]. Тоді для суміші з концентрацією ріпакової олії K і етанолу K_E нижча теплота згоряння може бути визначена:

$$\begin{aligned} Hu_{ДП+РО+E} &= Hu_{ДП}(1 - K - K_E) + Hu_{РО}K + Hu_E K_E = \\ &= Hu_{ДП}(1 - 0,153K - 0,409K_E). \end{aligned} \quad (6)$$

Для подальших розрахунків густину дизельного палива приймаємо рівною 825 кг/м³, густину ріпакової олії - 920 кг/м³ [3], а густину етанолу - 789 кг/м³ [4]. Тоді густину суміші можна буде знайти за формулою:

$$\begin{aligned} \rho_{ДП+РО+E} &= \rho_{ДП}(1 - K - K_E) + \rho_{РО}K + \rho_E K_E = \\ &= \rho_{ДП}(1 + 0,115K - 0,044K_E). \end{aligned} \quad (7)$$

Для зручності подальших розрахунків кожній суміші палив присвоїмо порядковий номер, який відповідає концентрації сумішей (табл.1).

Таблиця 1. Склад сумішей дизельного палива, ріпакової олії та етанолу

Концентрація	№суміші										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ріпакової олії, К	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90
Етилового спирту, К _Е	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10

Зміну нижчої теплоти згоряння суміші палив в залежності від концентрації ріпакової олії і етанолу можна представити в табл. 2, з якої видно, що при зростанні концентрації ріпакової олії та етанолу нижча теплота згоряння суміші дизельного палива, ріпакової олії та етанолу зменшується в діапазоні 42,5...34,9 МДж/кг, а густина збільшується 0,825...0,907 кг/л. При цьому введення етанолу в суміш призводить до зменшення густини та нижчої теплоти згоряння суміші.

Таблиця 2. Зміна густини та нижчої теплоти згоряння палива

№суміші	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Н _{ДП+РО} , МДж/кг	42,50	41,74	40,98	40,22	39,46	38,70	37,95	37,19	36,43	35,67	34,91
ρ _{ДП+РО+Е} , кг/л	0,825	0,833	0,841	0,850	0,858	0,866	0,874	0,882	0,890	0,899	0,907

Оскільки в кожному знаменнику (1) знаходяться нижча теплота згоряння та густина палива, то з урахуванням (6) і (7), рівняння (1) можна представити у вигляді рівнянь (8) – (9):

$$Q_{ДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E) \eta_i} \cdot [A_{\partial i_k} + B_{\partial i_k}^2 V_a + C(G_a \psi + 0,077kFV_a^2)]. \quad (8)$$

$$Q_{ДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E)} Q_{ДП}, \quad (9)$$

Введемо коефіцієнт збільшення витрати палива при використанні суміші дизельного палива, ріпакової олії та етанолу $I_{гДП+РО+Е}$:

$$I_{гДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E)}. \quad (10)$$

Тоді рівняння (9) запишемо у вигляді:

$$Q_{ДП+РО+Е} = I_{гДП+РО+Е} \cdot Q_{ДП}, \quad (11)$$

де $Q_{ДП+РО+Е}$ – витрата палива двигуном, що працює на суміші дизельного пального, ріпакової олії та етанолу, л/100 км.

Отриманий коефіцієнт збільшення витрати палива в рівнянні (10) дозволяє в експлуатації нормувати витрати моторного палива відносно концентрації ріпакової олії (табл. 3-4): так, при використанні як палива суміші ріпакової олії і етанолу в концентраціях 90% і 10% відповідно відбувається теоретичне погіршення паливної економічності дизельного двигуна на величину до 11% (табл. 4).

Таблиця 3. Значення коефіцієнта зростання витрати палива $I_{гДП+РО}$ у залежності від концентрації ріпакової олії

К, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$I_{гДП+РО}$	1	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06

Таблиця 4. Значення коефіцієнта зростання витрати палива $I_{гДП+РО+E}$ у залежності від концентрації ріпакової олії та етанолу

№суміші	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,9
К _E	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$I_{гДП+РО+E}$	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11

Висновки. Удосконалено математичну модель витрати палива дизельним двигуном з урахуванням концентрації альтернативного палива та отримано коефіцієнт пропорційності між витратою палива двигуном, що працює на дизельному паливі, та двигуном, що працює на дизельному паливі з різним вмістом ріпакової олії та етанолу.

Список літератури

1. Говорущенко Н.Я. Економия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 133с.
2. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – изд. 2-е, перераб. и дополн. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468с.
3. Редзюк А.М. Проблеми та перспективи використання рослинної олії як моторного палива / А.М. Редзюк, В.О. Рубцов, Ю.Ф.Гугаревич // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 4 – 6.
4. Гугаревич Ю.Ф. Етиловий спирт як моторне паливо / Ю.Ф. Гугаревич, А.Г. Говорун, А.О. Копач, О.А. Сябро // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 7 – 10.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.