

ОПТИМАЛЬНА ВИТРАТА ПАЛИВА ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Б. В. Ємець, к. т. н.

Житомирський національний агроекологічний університет

Стандарти та нормативні акти органічного сільськогосподарського виробництва не видають особливих рекомендацій та вимог щодо використання того чи іншого виду палива для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), які встановлені на аграрній техніці (тракторах, автомобілях, мобільних сільськогосподарських машинах та знаряддях, тощо) [1, 2, 3]. Поряд з цим відпрацьовані гази від традиційних видів нафтового палива (бензин, дизельне пальне, тощо) для ДВЗ завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу і тому не бажані для органічного сільськогосподарського виробництва. Так, бензиновий ДВЗ на 1 км шляху в середньому викидає у навколишнє середовище близько 70 г оксиду вуглецю, 25 г оксиду азоту, свинець,

оцтовий альдегід, бензол, ацетилен, бенз-х-пірен, бенз-х-атрофен і ще близько 220 шкідливих для живих організмів речовин [4, 5, 6].

Вплив таких речовин буде зменшено при раціональному плануванні авто-транспортних процесів органічного виробництва [4, 5, 8], а також при оптимізації витрати палива ДВЗ мобільної техніки, що задіяна в цьому виробництві.

Тому метою цього дослідження є порівняння показників витрати деяких видів альтернативного палива ДВЗ автомобілів в умовах органічного виробництва з традиційними видами нафтового палива.

Альтернативне автомобільне паливо — види моторного палива, які забезпечують потужність автомобільного двигуна і виключають використання палива на основі нафти (таких як бензин і дизпаливо) або повністю, або частково, (в тому числі призначені як добавки до нафтового палива, наприклад водопаливні емульсії [5]) — коли технологія живлення двигуна не пов'язана виключно з нафтопродуктами.

До автомобільного транспорту на альтернативних видах палива включають також транспортні засоби, що працюють на стиснутому природному газу (СПГ) та генераторному газу (ГГ), інші [7,8]. Існує велика кількість інших видів альтернативного автомобільного палива, але в рамках цієї праці вони розглядатись не будуть.

Для розрахунку оціночних показників паливної економічності автомобілів використовують годинну та питому витрату палива для двигунів таких автомобілів.

Шляхову витрату палива в кг/100 км пробігу автомобіля визначають як [4, інша]:

$$Q_s = \frac{100 \cdot q_e \cdot N_a}{V}, \quad (1)$$

де q_e - ефективна питома витрата палива двигуна автомобіля, г/кВт·год; V – швидкість автомобіля, км/год; N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Загальна потужність N двигуна витрачається на подолання сил опору руху та втрати в трансмісії автомобіля, які враховуються через коефіцієнт корисної дії трансмісії η_m .

У загальному вигляді використану сумарну потужність N двигуна автомобіля розраховують, як:

$$N = \frac{M_a g (\sin \alpha + f \cos \alpha) V + \hat{E}_A F V^3 + P_j V}{1000 \eta_m}, \quad (2)$$

де M_a – повна маса автомобіля, кг; f – коефіцієнт опору кочення; F – площа проекції автомобіля на площину, що перпендикулярна до поздовжньої осі

автомобіля, m^2 ; P_j – сила інерції автомобіля, Н; K_B – коефіцієнт опору повітря; α – кут нахилу дороги.

З урахуванням виразів для усіх складових (формули 1 та 2) шляхову витрату палива визначали на основі рівняння відомого з літератури [4, інша]:

$$Q_s = \frac{q_e}{10^{-5} \cdot 3,6 \eta_m} \cdot \left(M_a g \psi + \frac{K_B F V^2}{3,6^2} + \delta_{\text{ВР}} M_a \frac{dV}{dt} \right), \quad (3)$$

де $\psi = f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha$ – сумарний коефіцієнт опору дороги.

В практиці інженерних розрахунків досить поширена методика для визначення ефективної питомої витрати палива за простим емпіричним виразом:

$$q_e = q_{eN} K_{ia} K_s, \quad (4)$$

де q_{eN} - питома витрата палива при максимальній потужності двигуна N_{max} , г/кВт·год.; $K_{об}$ - емпіричний коефіцієнт, що визначає вплив на значення q_e відносної кутової швидкості X_i обертання колінчастого валу; K_i - емпіричний коефіцієнт впливу на значення q_e ступеню використання потужності двигуна.

Використавши дані автомобіля сільськогосподарського призначення ГАЗ-3307 ($N_e = 88$ кВт; $G_a = 78400$ Н; $K_B = 0,65$; $F = 4,45 m^2$; $\eta_{mp} = 0,85$; $\psi = 0,02 \dots 0,05$) та аналітичні вирази, які приведено вище, отримано розрахункові паливні (економічні) характеристики усталеного руху цього автомобіля ГАЗ-3307 на бензині та СПГ (рис.1 та 2).

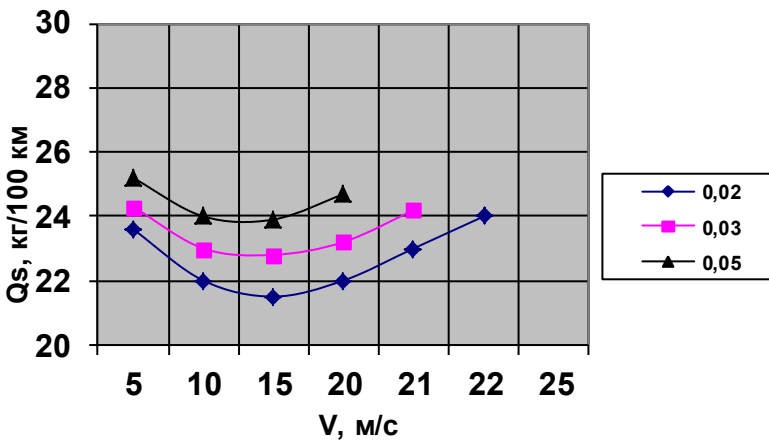


Рис. 1. Паливна (економічна) характеристика усталеного руху автомобіля ГАЗ-3307 на бензині

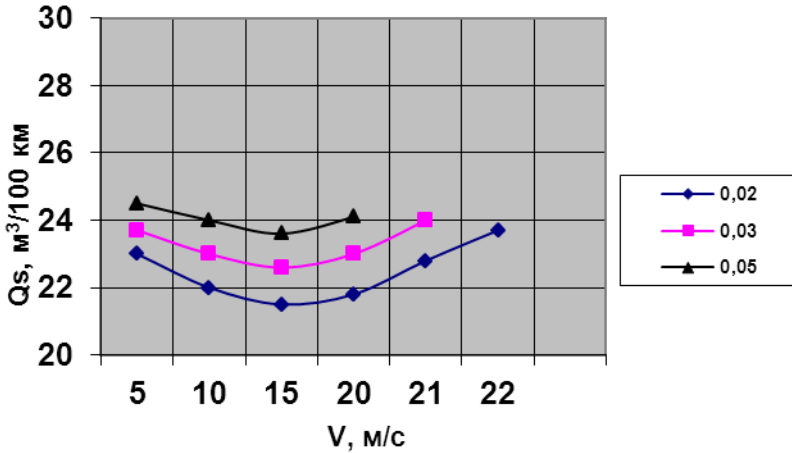


Рис. 2. Паливна (економічна) характеристика усталеного руху автомобіля ГАЗ-3307 на СПГ

Але в багатьох випадках досить складно визначити значення q_e для окремих двигунів автомобілів, що різняться своєю конструкцією і особливостями робочого процесу (чи сумішоутворення), сюди слід віднести також автомобілі, що працюють на альтернативному паливі, наприклад ГГ [7]. Враховуючи цю обставину, для більш поглиблених досліджень паливної економічності різних типів автомобілів застосовують безпосередньо апроксимацію навантажувальних характеристик їх двигунів [4].

Контрольна витрата палива визначається у фіксованих умовах випробувань відповідно до діючих нормативних документів. Її чисельне значення певною мірою характеризує можливий мінімальний рівень витрат палива автомобілем, досягнутий при його експлуатації.

Паливна характеристика усталеного руху автомобіля належить до нормованих за державними стандартами показників паливної економічності автомобіля, які визначаються за умови його руху на вищій передачі по горизонтальній дорозі з твердим, рівним покриттям. За паливно-економічною характеристикою усталеного руху визначають нормований показник - контрольну витрату палива (в т. ч. шляхову [4]).

На сьогодні важко порівняти паливну економічність автомобілів через одиничні, окремі показники їх паливної характеристики. Пояснити це можна тим, що такі показники не можна порівняти для різних видів автомобільного палива (бензин, дизельне пальне, СПГ, ГГ, тощо).

Один із способів вирішення цієї проблеми – використання комплексних показників характеристики (в тому числі паливної та енергетичної) експлуатації автомобілів. В даному дослідженні порівнюються отримані дані показників паливної економічності автомобіля ГАЗ-3307 на різному пальному за допомогою наступної моделі:

$$\begin{cases} Y = g_1 \cdot x_1 + \dots + g_n \cdot x_n \\ x_1 + \dots + x_n \leq F \\ a_{11} \cdot x_1 + \dots + a_{1n} \cdot x_n \leq R_{a1} \\ a_{k1} \cdot x_1 + \dots + a_{kn} \cdot x_n \leq R_{ak} \\ 0 \leq x_1 \leq \delta_1 \cdot F \\ 0 \leq x_n \leq \delta_n \cdot F \end{cases} \quad (5)$$

де Y – цільова функція, яка визначає основний критерій оптимальності – мінімізацію витрати палива автомобілем; g_1, \dots, g_n – витрата палива автомобілем на різному пальному; F – фонд часу експлуатації визначеної множини автомобілів; x_1, \dots, x_n – частина фонду часу F ; p_1, \dots, p_n – продуктивність експлуатації автомобіля на різному пальному; R_{a1}, \dots, R_{ak} – загальний енергетичний ресурс різних видів енергоджерел;

(a_{11}, \dots, a_{1n}) – загальна енергоємність різних видів палива, затрат праці і експлуатації [8].

Вихідні дані до моделювання представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Дані характеристики автомобіля ГАЗ-3307 під час роботи на різних видах палива

Вид палива	Енерго-еквівалент палива, МДж/100 км	Енерго-затрати експлуатації, МДж/год	Ефективна потужність двигуна автомобіля, кВт	Середня шляхова витрата палива, кг/100 км (м ³ /100 км)
Бензин	1344,3	5,3	88,1	24,8
Дизельне пальне*	1008,3	7,9	82,3	19,4
СПГ	1192,1	9,7	73,4	24,2

* За умови обладнання автомобіля ГАЗ-3307 штатним дизелем.

Аналіз таблиці 1 показує, що шляхова витрата палива для автомобіля ГАЗ-3307 при використанні СПГ зменшується до 3% у

порівнянні з роботою цього ж автомобіля на бензині, а також одночасній втраті ефективної потужності двигуна автомобіля ГАЗ-3307 під час його роботи на СПГ до 17 %.

Розрахувавши модель, яку записано формулою (5), було встановлено, що слід вважати оптимальним варіант, коли експлуатація автомобіля ГАЗ-3307 на СПГ на 17 % триваліша, ніж це було попередньо прийнято у вигляді максимального обмеження (продуктивність роботи автомобіля на СПГ на 19 % менша аніж на бензині) до експлуатації цього автомобіля.

Висновки. Шляхова витрата палива автомобіля ГАЗ-3307 при використанні СПГ зменшується до 3 % у порівнянні з роботою цього ж автомобіля на бензині, а також одночасній втраті потужності двигуна автомобіля ГАЗ-3307 під час його роботи на СПГ до 17 %. Якщо при моделюванні паливної економічності автомобілів враховуються комплексні техніко-економічні та енергетичні показники (продуктивність автомобіля на різному пальному, енергоємність різних видів палива, затрат праці і експлуатації, тощо), то слід вважати оптимальним варіант, коли експлуатація автомобіля ГАЗ-3307 на СПГ на 17 % триваліша, ніж це було попередньо прийнято у вигляді максимального обмеження до експлуатації. Є необхідність в подальшому експериментальному підтвердженні адекватності теоретичного моделювання.

Література

1. Закон України № 425-VII від 03.09.2013 «Про виробництво та обіг органічної сільсько-господарської продукції та сировини». – Відомості Верховної Ради. – 2014. – № 20-21. – С. 72.
2. Постанова Ради (ЄС) № 834/2007 щодо органічного виробництва та маркування органічних продуктів. – Офіційний вісник Європейського Союзу (Official Journal of the European Union). – 20.7.2007 – 118 с. (Доповнення та зміни за Регламентом Комісії (ЄС) № 1254/2008 від 15 грудня 2008 року, Регламентом Комісії (ЄС) № 344/2011 від 8 квітня 2011 року, тощо).
3. Стандарти органічного сільськогосподарського виробництва та маркування сільськогосподарської продукції і продуктів харчування «БІОЛан». – 2006. – 76 с.
4. Ємець Б. В. Моделювання та покращення паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення / Б. В. Ємець // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – №2. – С 268–273.
5. Ємець Б. В. Моделювання показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля під час його роботи на водопаливних

емульсіях / Б. В. Ємець, С. В. Пустовіт, О. С. Поліщук, Л. В. Ємець // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – №1. – С 317–324.

6. Ємець Б. В. Ефективність використання автомобільного транспорту в умовах органічного виробництва / Б. В. Ємець, Н. І. Ходаківська // Органічне виробництво і продовольча безпека : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 трав. 2016 р. – Житомир: О. О. Євенок, 2016. – С. 71–76.

7. Ємець Б. В. Визначення максимальної швидкості руху автомобілів сільськогосподарського призначення на генераторному газу / Б. В. Ємець // Вісник ЖНАЕУ. – 2017. – №1. – С 221–230.

8. Ємець Б. В. Визначення загальної енергоємності використання автомобілів з газогенераторною установкою в екологічних агротех-нологіях / Б. В. Ємець // Вісник ДАУ. – 2005. – № 1. – С. 208–214.