

УДК 629.113

Б. В. Ємець

К.Т.Н.

Житомирський національний агроекологічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Методом моделювання показників паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення встановлено, що шляхова витрата палива для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507, при використанні зрідженого нафтового газу (ЗНГ), зменшується до 7% у порівнянні з роботою цього ж автомобіля на бензині, а також одночасній втраті потужності двигуна автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час його роботи на ЗНГ до 12%. Якщо при моделюванні паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення 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-САЗ-3507 на ЗНГ на 19% триваліша, ніж це було попередньо прийнято у вигляді максимального обмеження до експлуатації.

Ключові слова: моделювання, автомобіль, сільське господарство, паливо, економічність.

Постановка проблеми

Автомобільний парк України за останні роки характеризується високими темпами зростання – поповненням понад 400 тис. шт. за рік і 20–30% щорічного приросту. На автомобілі припадає 50–65% від загального обсягу споживання імпортованих нафтопродуктів. За таких умов покращення паливної економічності автомобілів, аналіз і пошуки можливих шляхів підвищення ефективності використання моторних палив є особливо актуальною проблемою [1]. Дотого ж у сільській місцевості використовуються автомобілі сільськогосподарського призначення застарілих моделей (ГАЗ-САЗ-3507, ЗиЛ-ММЗ-554, інші), які в якості пального використовують бензин. Бензиновий двигун внутрішнього згорання на 1 км шляху викидає в 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 [2, 3]. Тому тут існує також проблема екологічного характеру.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для розрахунку оціночних показників паливної економічності автомобілів, у тому числі сільськогосподарського призначення, використовують годинну та питому витрату палива для двигунів таких автомобілів.

Шляхову витрату палива в кг/100 км пробігу автомобіля визначають як [4,5]:

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

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 розраховують як [4, 6]:

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

де M_a – повна маса автомобіля, кг; f – коефіцієнт опору кочення; F – площа проекції автомобіля на площину, що перпендикулярна до поздовжньої осі автомобіля, м²; P_j – сила інерції автомобіля, Н; K_B – коефіцієнт опору повітря; α – кут нахилу дороги.

Мета, завдання та методика досліджень

В літературі [1–6, інші] практично не наводяться дані про паливну економічність автомобілів сільськогосподарського призначення, які використовуються в сучасних технологіях аграрного виробництва. Тому мета цього дослідження є моделювання та покращення показників паливної економічності автомобілів, які експлуатуються в умовах сільської місцевості.

Завдання дослідження – встановити методом моделювання величини основних показників паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення на різному пальному.

Об'єктом дослідження стали показники паливної економічності автомобіля ГАЗ-САЗ-3507.

Вказані дослідження проведено на вітчизняних матеріалах та даних окремих зарубіжних країн [1–6, інші].

Дослідження виконано методом моделювання на персональному комп'ютері показників паливної економічності автомобіля ГАЗ-САЗ-3507.

Результати досліджень

З урахуванням виразів для усіх складових (формули 1 та 2) шляхову витрату палива визначали на основі рівняння відомого з літератури [4,5]:

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

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

У практиці інженерних розрахунків досить поширена методика для визначення ефективної питомої витрати палива за простим емпіричним виразом [130]:

$$q_e = q_{eN} K_{об} K_H, \quad (4)$$

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 ; обертаня колінчастого валу; K_H – емпіричний коефіцієнт впливу на значення q_e ступеню використання потужності двигуна.

Використавши дані автомобіля сільськогосподарського призначення ГАЗ-СА3-3507 ($N_e=88,5$ кВт; $G_a=77000$ Н; $K_B=0,65$; $F=4,45\text{ м}^2$; $\eta_{mp}=0,85$; $\psi=0,02 \dots 0,05$) та аналітичні вирази, які приведено вище, отримано розрахункову паливну (економічну) характеристику усталеного руху цього автомобіля (рис.1).

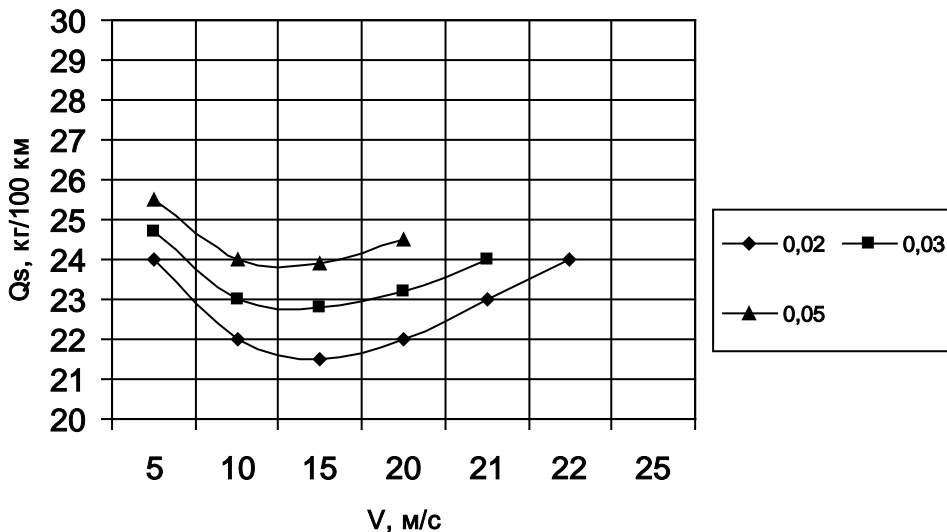


Рис. 1. Паливна (економічна) характеристика усталеного руху автомобіля ГАЗ-СА3-3507

Але у багатьох випадках досить складно визначити значення q_e для окремих двигунів автомобілів, що різняться своєю конструкцією і особливостями робочого

процесу (чи сумішоутворення). Враховуючи цю обставину, для більш поглиблених досліджень паливної економічності різних типів автомобілів застосовують безпосередньо апроксимацію навантажувальних характеристик їх двигунів [5].

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 [5].

Нарвзі важко порівняти паливну економічність автомобілів, в тому числі сільськогосподарського призначення, через одиночні, окремі показники їх паливної характеристики. Пояснити це можна тим, що такі показники не можна порівняти для різних видів автомобільного палива (бензин, дизельне пальне, зріджений нафтовий газ тощо). Особливо це важко зробити, коли показники паливної економічності автомобіля визначаються в різних одиницях вимірювання. Наприклад, бензин в кг/100 км, а газ в м³/100 км.

Один із способів вирішення цієї проблеми – використання комплексних показників характеристики (в тому числі паливної та енергетичної) експлуатації автомобілів сільськогосподарського призначення. В даному дослідженні порівняно отримані дані показників паливної економічності автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 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;

$\begin{pmatrix} a_{11}, \dots, a_{1n} \\ a_{k1}, \dots, a_{kn} \end{pmatrix}$ – загальна енергоємність різних видів палива, затрат праці і експлуатації [2, 3].

Вихідні дані до моделювання представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Дані характеристики автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 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	1344,1	5,3	88,5	24,7
Дизельне пальне*	1008,7	7,9	82,4	19,4
ЗНГ	1136,2	8,2	77,9	23,0

* При умові обладнання автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 штатним дизелем.

Аналіз табл. 1 показує, що шляхова витрата палива для автомобіля ГАЗ-САЗ-3507, при використанні зрідженого нафтового газу (ЗНГ), зменшується до 7 % у порівнянні з роботою цього ж автомобіля на бензині, а також одночасній втраті ефективної потужності двигуна автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час його роботи на ЗНГ до 12 %.

Розрахувавши модель, яку записано формулою (5), було встановлено, що слід вважати оптимальним варіант, коли експлуатація автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 на ЗНГ на 19 % триваліша, ніж це було попередньо прийнято у вигляді максимального обмеження (продуктивність роботи автомобіля на ЗНГ на 21 % менша аніж на бензині) до експлуатації цього автомобіля.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. В літературі не наводяться дані про паливну економічність автомобілів сільськогосподарського призначення, які використовуються в сучасних технологіях аграрного виробництва.

2. Шляхова витрата палива автомобіля ГАЗ-САЗ-3507, при використанні зрідженого нафтового газу (ЗНГ), зменшується до 7% у порівнянні з роботою цього ж автомобіля на бензині, а також одночасній втраті потужності двигуна автомобіля ГАЗ-САЗ-3507 під час його роботи на ЗНГ до 12 %.

3. Якщо при моделюванні паливної економічності автомобілів сільськогосподарського призначення 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-САЗ-3507 на

ЗНГ на 19 % триваліша, ніж це було попередньо прийнято у вигляді максимального обмеження до експлуатації.

Є необхідність в подальшому експериментальному підтвердженні адекватності теоретичного моделювання.

Література

1. Грубель М. Г. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.02 / М. Г. Грубель. – К., 2007. – 15 с.

2. 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.

3. Мельник М. В. Обґрунтування продуктивного використання газового палива для бензинових двигунів автомобілів / М. В. Мельник, Б. В. Ємець, О. С. Поліщук // Вісник ЖНАЕУ. – 2010. – № 2. – С. 139–145.

4. Сидоренко Р. В. Покращення паливної економічності і зменшення токсичності автомобілів з двигунами, переведених з бензину на газ : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.20 / Р. В. Сидоренко. – К., 2004. – 19 с.

5. Токарев А. А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А. А. Токарев. – М. : Машгиз, 1982. – 224 с.

6. Яновський В. В. Покращення паливної економічності та екологічних показників конвертованих газових двигунів дорожніх транспортних засобів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.03 / В. В. Сидоренко. – К., 2004. – 18 с.