

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСМНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛІВ З ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЮ УСТАНОВКОЮ В ЕКОЛОГІЧНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЯХ

Пропонується методика корекції визначення загальної енергосмності автомобілів з газогенераторними установками при використанні в екологічних агротехнологіях. Методика передбачає використання виведеної формули визначення максимальної швидкості автомобіля на прямій передачі в заданих дорожніх умовах при відомій величині ефективної потужності двигуна цього автомобіля.

Постановка проблеми

Розуміння біоенергетичної суті виробництва продовольства, кількісне врахування і аналіз процесів перетворення потоків вільної енергії в агроєкосистемах дає можливість визначити перспективні напрями розвитку агротехнологій. Технології виробництва сільськогосподарської продукції повинні забезпечувати найбільш повне використання природних енергетичних ресурсів, зменшити ріст витрат антропогенної енергії на одиницю продовольства та знижувати негативну дію на навколишнє середовище. Одне із джерел цієї дії у сільському господарстві – трактори, автомобілі, інші сільськогосподарські машини та знаряддя [4, 8]. Наприклад, їх двигуни шкодять доквіллю не лише своїми токсичними відпрацьованими газами після згорання робочої суміші, але й тим, що частина корисної енергії від процесу згорання викидається у навколишнє

© Б. В. Ємець

середовище у вигляді тепла, яке збільшує загрозу парникового ефекту на нашій планеті, а ходові частини цих машин ущільнюють ґрунт [3]. Тому перед експлуатацією різних видів сільськогосподарських машин необхідно проаналізувати кількісні величини тих факторів, що впливають на екологію. Один із них – енергоємність використання сільськогосподарських машин в агротехнологіях.

В останні роки, шукаючи альтернативу дорогим та токсичним нафтопродуктам, інженери та науковці знову звернули увагу на місцеві види палива – деревину, торф, соломку тощо [4, 8]. У попередньому столітті, ще до кінця 60-х років, подібне паливо газифікували в газогенераторних установках, встановлених на тракторах і автомобілях, двигуни яких працювали на робочій суміші, в складі якої був генераторний газ. Один із позитивних факторів використання генераторного газу в складі робочої суміші двигунів у порівнянні з нафтопродуктами – значно менша токсичність відпрацьованих газів при його згоранні [4, 8].

У випадку використання іншого виду палива зміниться загальна енергоємність експлуатації автомобіля, на якому є газогенераторна установка.

Мета даної роботи – запропонувати методику корекції визначення загальної енергоємності при використанні в екологічних агротехнологіях автомобілів з газогенераторними установками.

Аналіз останніх досліджень. Багато авторів [2, 3, 5], відзначають, що у загальному енергоємність $E_{e.z.}$ силової машини (енергетичного засобу) можна розрахувати за формулою:

$$E_{e.z.} = m_{e.z.} \cdot e_{e.z.}, \quad (1)$$

де $m_{e.z.}$ – маса енергетичного засобу, т;

$e_{e.z.}$ – енергетичний еквівалент, МДж/кг.

Загальну енергоємність використання автомобілів у операціях агротехнологій $E_{e.z.m.}$ визначають за формулою:

$$E_{e.z.m.} = E_{нал.} + E_{пр.} + E_{екс.}, \quad (2)$$

де $E_{нал.}$ – загальна енергоємність спалювання палива, МДж;

$E_{пр.}$ – загальна енергоємність затраченої праці, МДж;

$E_{екс.}$ – загальна енергоємність затрат експлуатації (технічне обслуговування, ремонт, тощо), МДж.

Загальну енергоємність спалювання палива $E_{нал.}$ розраховують за формулою:

$$E_{e.z.} = m_{e.z.} \cdot e_{e.z.}, \quad (3)$$

де $m_{нал.}$ – маса палива, кг;

$e_{нал.}$ – енергетичний еквівалент спалювання палива, МДж/кг.

Загальну енергоємність затраченої праці $E_{np.}$ (для основних робітників, у нас – водій) розраховують за формулою:

$$E_{np.} = p_{np.} \cdot e_{np.}, \quad (4)$$

де $p_{np.}$ – трудомісткість виконання операції, люд-год.;

$e_{np.}$ – енергетичний еквівалент затраченої праці, МДж/люд-год.

Загальну енергоємність затрат експлуатації $E_{екс.}$ розраховують за формулою:

$$E_{екс.} = (E_{езг.} + e_{екс.}) \cdot \tau, \quad (5)$$

де $E_{езг.}$ – годинна загальна енергоємність виконання операції, МДж/год.;

τ – час виконання операції, год.;

$e_{екс.}$ – енергетичний еквівалент затрат експлуатації, МДж/год.

Час виконання операції τ можна визначити з формули:

$$\tau = S / V_{max}, \quad (6)$$

де S – шлях пройдений автомобілем за час виконання операції, км;

V_{max} – максимальна швидкість, яку розвиває автомобіль, км/год.

Годинну загальну енергоємність затрат експлуатації $E_{езг.}$ розраховують за формулою:

$$E_{езг.} = H_{ва} \cdot e_{ез.} / T, \quad (7)$$

де $H_{ва}$ – виробіток виконання операції за одну годину, т;

T – тривалість зміни, год.

Наприклад, автомобілем ГАЗ-53-12 транспортуємо мінеральні добрива на відстань 5 км, виробіток має скласти 15 т за одну годину. При цьому витратили 0,7 кг бензину, затратили 0,07 люд/год праці водія. Загальну енергоємність спалювання палива Епал. розраховують за формулою (3), у нашому випадку це 30,8 МДж (врахувавши енергетичний еквівалент бензину 44,0 МДж/кг) [5]. Загальну енергоємність затраченої праці Епр. розраховують за формулою (4), вона рівна 0,088 МДж (врахувавши енергетичний еквівалент затраченої праці 1,25 МДж-год) [5]. Загальну енергоємність затрат експлуатації $E_{екс.}$ розраховують за формулою (5), врахувавши час виконання операції 0,063 год. (з формули (7), V_{max} прийнято 80 км/год.) [7], енергетичний еквівалент затрат експлуатації складе близько двох МДж/ год. Годинну загальну енергоємність затрат експлуатації $E_{езг.}$ розраховують за формулою (6) враховуючи, що тривалість зміни – 8 год. Загальну енергоємність цієї операції агротехнологій – 34,178 МДж розраховують за формулою (2).

Результати досліджень

Якщо на автомобілі ГАЗ-53-12 буде встановлено газогенераторну установку, то наведений вище розрахунок потребує змін. Наприклад [9],

для автомобіля ГАЗ-53-12 маса газогенераторної установки може скласти близько 400 кг, яка і додається до маси автомобіля цієї марки. Завдяки цьому загальна енергоємність автомобіля ГАЗ-53-12 за формулою (1) збільшиться на 2,1 %, що потрібно враховувати при розрахунку використання автомобіля даної марки в агротехнологіях. Енергозатрати праці водія дещо вищі, коли він обслуговує автомобіль з газогенераторною установкою – прийmemo їх удвічі більші, аніж у наведеному прикладі, використовуючи для цього дослідні дані серійних автомобілів [7, 9]. Енергетичний еквівалент, наприклад, деревини, яка буде газифікована у газогенераторній установці автомобіля ГАЗ-53-12 складає 10,2 МДж/кг [5], тоді як бензину – 44,0 МДж/кг, у зв'язку з чим сукупні енергозатрати на паливо будуть інші. Г. Т. Токарев [9] представляє методику розрахунку витрати палива для газифікації. Для двигуна автомобіля ГАЗ-53-12 витрата палива для даної операції агротехнології складе близько 2,75 кг деревини, при спалюванні якої отримається 28,05 МДж енергії, частина її у вигляді теплоти буде виділена газогенераторною установкою у навколишнє середовище. ККД газогенераторної установки ГАЗ-53-12 буде 0,774, тому близько 6,34 МДж буде втрачено. В будь-якому випадку при зміні палива затрачається значно менше енергії. Якщо на автомобіль встановили газогенераторну установку, то його експлуатаційні характеристики змінилися, у тому числі через зміну маси автомобіля. Крім того, якщо газогенераторна установка у своєму складі не має пристроїв для подачі генераторного газу під тиском (а серійні установки були саме такими), то ефективна потужність N_e , кВт, яку буде розвивати двигун ЗМЗ-53 без змін своєї конструкції, менша того ж двигуна без газогенераторної установки. Для подібного випадку пропонується [9] розрахунок N_e . Але зміна ефективної потужності приведе до зміни експлуатаційних характеристик, у першу чергу – до зміни максимальної швидкості V_{max} , км/год. за формулою (6). Тому є необхідність визначення V_{max} для різних марок автомобілів з газогенераторними установками. Величину максимальної швидкості при проектуванні автомобілів задають при виконанні, наприклад, динамічного розрахунку автомобіля [1, 6]. Тому для вирішення нашої задачі можна скористатися наступною формулою:

$$N_e = \frac{V_{max} (Ga \cdot \psi + 1/13k \cdot F \cdot V_{max}^2)}{3600 \cdot \eta_{mp}}, \quad (8)$$

- де V_{max} – максимальна швидкість руху автомобіля на прямій передачі, заданій дорожними умовами, км/год;
 η_{mp} – механічний ККД трансмісії, приймається для режиму максимальної швидкості рівним 0,85...0,90;
 Ga – сила ваги автомобіля з вантажем, Н;
 ψ – приведений коефіцієнт дорожнього опору;

κ – коефіцієнт обтічності автомобіля, для вантажних автомобілів приймається 0,60...0,75;

F – площа лобового опору автомобіля, м².

Розділимо кожну частину формули (8) на $\frac{kF}{13 \cdot 3600 \cdot \eta_{mp}}$ і отримаємо рівняння виду $y^3 + py + q = 0$, та спростимо його

$$V_{\max}^3 + \frac{13 \cdot Ga \cdot \psi}{kF} \cdot V_{\max} - \frac{46800 \cdot Ne \cdot \eta_{mp}}{kF} = 0, \text{ розв'язок якого}$$

$$y = \sqrt[3]{-0,5 \cdot q + \sqrt{D}} + \sqrt[3]{-0,5 \cdot q - \sqrt{D}}$$

$$\text{де } D = \left(\frac{1}{3} \cdot p\right)^3 + (0,5 \cdot q)^2.$$

Отримаємо

$$V_{\max} = \sqrt[3]{\frac{23400 \cdot \eta_{mp} \cdot Ne}{k \cdot F} + \sqrt{\left(\frac{13Ga \cdot \psi}{3k \cdot F}\right)^3 + \left(\frac{23400 \cdot \eta_{mp} \cdot Ne}{k \cdot F}\right)^2}} + \sqrt[3]{\frac{23400 \cdot \eta_{mp} \cdot Ne}{k \cdot F} - \sqrt{\left(\frac{13Ga \cdot \psi}{3k \cdot F}\right)^3 + \left(\frac{23400 \cdot \eta_{mp} \cdot Ne}{k \cdot F}\right)^2}}. \quad (9)$$

Підставимо у формулу (9) значення експлуатаційних параметрів автомобіля ГАЗ-53-12 без газогенераторної установки, визначених заводом-виготівником: $Ne = 88,5$ кВт; $Ga = 74000$ Н; $\kappa = 0,65$; $F = 4,45$ м²; $\eta_{mp} = 0,85$; $\psi = 0,02$ (для ґрунтової дороги) [7]. Одержане значення $V_{\max} = 86,47$ км/год, що відповідає паспортним даним автомобіля [7]. Важливим зауваженням є те, що у формулі (9) на V_{\max} впливає приведений коефіцієнт дорожнього опору ψ , який характеризує стан дорожнього покриття при експлуатації автомобілів. Так, якщо прийняти за $\psi = 0,05$, то $V_{\max} = 60,1$ км/год.

В таблиці 1 наведено дані максимальної швидкості, розраховані за формулою (9). У випадку, коли їх обладнано газогенераторною установкою, до ваги серійного автомобіля додано вагу газогенераторної установки, визначену за методикою Г. Т. Токарева [9].

Таблиця 1. Дані максимальної швидкості автомобілів різних моделей, розраховані за формулою (9)

Модель ав- томобіля	Автомобіль без генераторної установки			Автомобіль з генераторною установкою		
	ψ	Ne, кВт	V_{\max} км/год	ψ	Ne, кВт	V_{\max} км/год
ГАЗ-53-12	0,02	88,5	86,47	0,02	48,7	62,26
	0,05	88,5	60,1	0,05	48,7	46,9
ЗиЛ-130	0,02	118	92,4	0,02	67,11	68,9
	0,05	118	62,47	0,05	67,11	39,24

Тепер знаючи, як теоретично зміниться V_{max} у випадку, коли автомобіль буде обладнано газогенераторною установкою, можна з допомогою формул (1–7) визначити загальну енергоємність $E_{e.z.m.}$ У вищенаведеному прикладі, автомобілем ГАЗ-53-12 транспортують мінеральні добрива на відстань 5 км. Коли на автомобіль даної марки буде встановлено газогенераторну установку виробіток з 15 т зменшиться до 12 т з причини зменшення максимальної швидкості руху автомобіля. З цієї ж причини час виконання операції (формула 6) з 0,063 год. збільшиться до 0,08 год. Визначені зміни у розрахунку загальної енергоємності для автомобілів ГАЗ-53-12 та ЗиЛ-130, які обладнані газогенераторними установками, враховані при розрахунку формул (1–7) та представлені у таблиці 2.

Таблиця 2. Дані розрахунку загальної енергоємності використання автомобілів в агротехнологіях (за формулами 1–7)

Види робіт	Модель автомобіля	Вирібок на 1 год, т/км	Витрата палива, кг	Затрати праці, люд.год	Енергоємність, МДж			
					Експлуат. автомоб.	Палива	Праці	Разом
Транспортування мінеральних добрив	ГАЗ-53-12 (без генер. установки)	15	0,7 (бензин)	0,07	3,29	30,8	0,088	34,178
Транспортування мінеральних добрив	ГАЗ-53-12 (з генер. установкою)	12	2,75 (деревина)	0,14	3,87	28,05	0,176	32,096
Транспортування ядохімікатів	ЗиЛ-130 (без генер. установки)	28	1,09 (бензин)	0,08	4,7	47,96	0,096	52,76
Транспортування ядохімікатів	ЗиЛ-130 (з генер. установкою)	20,2	3,71 (деревина)	0,16	6,5	37,84	0,192	44,69

Висновки

1. Зміна маси транспортного засобу приводить до зміни енергоємності машини. При встановленні на автомобіль газогенераторної установки енергоємність збільшується до 2 %.

2. Частину загальної енергоємності використання автомобілів в агротехнологіях складає енергоємність спаленого ними палива. При зміні палива необхідно підрахувати різницю в енергозатратах.

3. Від зміни ефективної потужності автомобільного двигуна залежить зміна максимальної швидкості автомобіля. Запропонована формула дає можливість визначити максимальну швидкість на прямій передачі у

заданих дорожніх умовах, які, у першу чергу, характеризує приведений коефіцієнт дорожнього опору.

4. При використанні автомобілів з газогенераторними установками потрібно розраховувати зміни загальної енергоємності для конкретної марки автомобілів при різних видах сільськогосподарських робіт в агротехнологіях.

5. Величина загальної енергоємності використання автомобілів з газогенераторною установкою суттєво менша, аніж при використанні цих же автомобілів без установки.

Перспективи подальших досліджень

Теоретично обґрунтовану зміну загальної енергоємності автомобілів бажано у майбутньому підкріпити експериментальними дослідженнями. Запропоновану формулу можна використати і в інших випадках, коли потрібно визначити максимальну швидкість автомобіля при відомій ефективній потужності.

Література

1. Білоконь Я. Ю., Окоча А. І., Войцехівський С. О. Трактори та автомобілі: Підручник. – К.: Вища освіта, 2003. – 560 с.
2. Булаткин Т. А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценоза. – Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. – 208 с.
3. Кучерявий В. П. Екологія. – Львів: Світ, 2000. – 500 с.
4. Лось Л. В., Вознюков В. А., Шмалюк М. І. Екологічні аспекти нового газогенераторного автотракторного двигуна // Вісн. ДАУ. – 2000. – № 2. – С. 38–40.
5. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій. – К.: Урожай, 1988. – С. 114–120.
6. Основы теории автомобиля и трактора. / В. В. Иванов, В. А. Иларионов, Л. М. Морин, В. А. Масников. Учеб. пособие для механ. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1970. – 224 с.
7. Просвирнин А. Д. Автомобиль ГАЗ-53-12 и его мод. Руковод. по эксплуат. Изд. второе. – Горький: Транспорт, 1986. – 148 с.
8. Створення сучасного газогенераторного двигуна внутрішнього згорання для північних районів України – важливий фактор підтримки с.-г. товаровиробника / М. І. Шмалюк, В. А. Вознюков, Б. В. Ємець, Л. В. Лось // Вісн. Інженерної акад. України. – 2001. – № 2 – С. 75–77.
9. Токарев Г. Т. Газогенераторные автомобили. – М.: Изд. Мин. ком. хоз. РСФСР, 1948. – 160 с.