

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛІВ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЯХ В ОРГАНІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Б. В. Ємець к.т.н

Житомирський національний агроєкологічний університет

Стандарти та нормативні акти органічного сільськогосподарського виробництва не надають особливих рекомендацій та вимог щодо використання того чи іншого виду палива для двигунів внутрішнього згорання, які встановлені на аграрній техніці (тракторах, автомобілях, мобільних сільськогосподарських машинах та знаряддях, тощо) [1,2,3,4]. 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. 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, якщо частково нафтове паливо замінити на альтернативне, наприклад на водопаливні емульсії.

Тому метою цього дослідження є встановлення ефективності використання автомобілів, які працюють на водопаливних емульсіях в органічному виробництві.

Водопаливні емульсії (ВПЕ) – це системи, які складаються з води, що є дисперсною фазою з діаметром крапель від 0,1 до 10 мкм,

і палива, що є дисперсним середовищем. Водопаливні емульсії отримують в гомонізаторах і диспаргаторах [5]. Важливим показником якості емульсії є її стабільність, яка забезпечується додаванням до неї поверхнево-активних речовин (ПАР) – емульгаторів. Використання водопаливних емульсій не потребує конструктивних змін дизеля та дозволяє помітно покращити екологічні характеристики таких двигунів.

В літературі [7] наведено дані експериментальних випробувань двигуна КамАЗ–740 з використанням водопаливних емульсій в якості палива, яке складалось з:

- 94% Л–0,2 ГОСТ 305–82, 1% ПАР, 5% H_2O ;
- 89% Л–0,2 ГОСТ 305–82, 1% ПАР, 10% H_2O ;
- 79% Л–0,2 ГОСТ 305–82, 1% ПАР, 20% H_2O ;
- 88% Л–0,2 ГОСТ 305–82, 1% ПАР, 1% присадки ЦГН, 10% H_2O .

Як емульгатор використано ПАР, які складаються з азот– та гідровмісних ефірів жирних кислот.

Виконані дослідження [7] показали, що під час використання водопаливних емульсій як палива, ефективна потужність двигуна знижується:

- для ВПЕ з концентрацією води 5% з 128,8кВт до 124,1 кВт – на 3,6%;
- для ВПЕ з концентрацією води 10% з 128,8кВт до 119,8 кВт – на 7,0%;
- для ВПЕ з концентрацією води 20% з 128,8кВт до 116,0 кВт – на 9,9%.

В розрахунку на вуглеводневі складові економічність двигуна КамАЗ–740 під час роботи на ВПЕ покращилась. Так, питома ефективна витрата палива двигуна знижується:

- для ВПЕ з концентрацією води 5% з 241,8 г/кВт·год до 232,5 г/кВт·год – на 3,8%;
- для ВПЕ з концентрацією води 10% з 241,8 г/кВт·год до 238,2 г/кВт·год – на 1,9%;
- для ВПЕ з концентрацією води 20% з 241,8 г/кВт·год до 236,8 г/кВт·год – на 2,1%.

Годинна витрата вуглеводневих складових ВПЕ знижується:

- для ВПЕ з концентрацією води 5% з 36,3 кг/год до 35,6 кг/год – на 1,9%;
- для ВПЕ з концентрацією води 10% з 36,3 кг/год до 34,3 кг/год – на 5,5%;
- для ВПЕ з концентрацією води 20% з 36,3 кг/год до 21,2 кг/год – на 14,0%.

Під час роботи двигуна КамАЗ–740 на ВПЕ з різною концентрацією води димність відпрацьованих газів знижується в 5 – 6

раз, концентрація оксидів вуглецю – на 20 – 25 %, а концентрація оксидів азоту – до 70% [7].

В технологіях органічного виробництва широко використовується автомобільний транспорт, розрахуємо показники ефективності його використання на основі вищерозглянутих даних для двигуна КамАЗ–740 та його модифікацій. В останні роки випускаються автомобілі з такими двигунами (наприклад, КамАЗ–6522), які особливо корисні для сільськогосподарського, в тому числі і органічного, виробництва. Це, зокрема, самоскиди підвищеної прохідності колісною формулою 6х6, призначені для перевезення сипучих і навальних вантажів по дорогах з твердим покриттям, у тому числі з кругляка і щебеню, і по ґрунтових дорогах, які особливо поширені в сільськогосподарському виробництві.

Дослідження виконано методом моделювання на персональному комп'ютері показників ефективності автомобіля КамАЗ–6522 зі штатним дизелем, а також під час роботи цього двигуна на ВПЕ.

Показники переобладнаного автомобіля або того, який працює на альтернативному паливі (окрім середньої швидкості) можна визначити шляхом розв'язку диференціального рівняння руху автомобіля, яке записується у вигляді [5]:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{он}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

де M_a – повна маса автомобіля, кг; $\delta_{об}$ – коефіцієнт, який ураховує обертові маси автомобіля; $P_{кол}(V)$ – повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н; $P_{он}(V, V^2)$ – сума сил опору руху автомобіля, які залежать від швидкості його руху, Н; $G_a \cdot \sin \alpha$ – сила опору підйому, Н; G_a – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н; α – кут поздовжнього нахилу полотна дороги; V – швидкість руху автомобіля, м/с; dV/dt – прискорення автомобіля, м/с².

Після визначення окремих складових рівняння (1), як правило, набуває вигляду:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i, \quad (2)$$

де коефіцієнти a_i , b_i , c_i визначаються параметрами конструкції автомобіля, його двигуна і передаточних відношень трансмісії.

Використано вирази для розрахунку часу розгону автомобіля в діапазоні від початкової швидкості V_n до кінцевої V_k [5, інші]:

$$\tau = M_a \cdot \delta_{об} \cdot \int_{V_n}^{V_k} \frac{dV}{a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i} \quad (3)$$

Даний інтеграл є табличним і вирішується в залежності від знаку дискримінанта Δ . При $\Delta = b_i^2 - 4 \cdot a_i \cdot c_i < 0$,

$$\tau = \frac{2 \cdot M_a \cdot \delta_{об}}{\sqrt{-\Delta}} \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot a_i \cdot V + b_i}{\sqrt{-\Delta}} \Big|_{v_0}^{v_k} \quad (4)$$

При $\Delta > 0$ є два інші варіанти розв'язку:

$$\tau = \frac{M_a \cdot \delta_{ia}}{\sqrt{\Delta}} \cdot \ln \left| \frac{2 \cdot a_i \cdot V + b_i - \sqrt{\Delta}}{2 \cdot a_i \cdot V + b_i + \sqrt{\Delta}} \right| \Big|_{v_0}^{v_k} \quad \text{або} \quad \tau = \frac{M_a \cdot \delta_{ia}}{a_i(p-q)} \cdot \ln \left| \frac{V-p}{V-q} \right| \Big|_{v_0}^{v_k},$$

де p та q – корені рівняння $a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i = 0$.

Шлях розгону визначали, як рекомендовано в літературі [5, інші]:

$$S = \frac{1}{2a_i} \left\{ M_a \cdot \delta_{об} \cdot \ln |a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i| \Big|_{v_0}^{v_k} - b_i \cdot \tau \right\} \quad (5)$$

Максимальне прискорення в процесі розгону автомобіля на заданій передачі для прийнятих даних визначали, як [6, інші]:

$$j_{\max} = \frac{1}{M_a \cdot \delta_{ia}} \cdot \left(c_i - \frac{b_i^2}{4 \cdot a_i} \right) \quad (6)$$

Сила тяги автомобіля визначається в заданих дорожніх умовах і при $dV/dt = 0$ [5]. Тому диференціальне рівняння руху набуває вигляду:

$$a_i \cdot V^2 + b_i \cdot V + c_i + P_z = 0 \quad (7)$$

Максимальну силу тяги автомобіля визначали, як:

$$P_{\max} = C_i - f_0 \cdot M_a \cdot g - \frac{(B_i - \hat{E}_f \cdot \hat{I}_a \cdot g)^2}{4 \cdot (\hat{A}_s - \hat{E}_w \cdot F)} \quad (8)$$

Всі наведені показники автомобіля КамАЗ–6522 під час роботи на ВПЕ визначено шляхом інтегрування диференційного рівняння руху автомобіля, яке записано формулою (2). При цьому, окрім вищерозглянутих параметрів, в розрахунках прийнято наступні дані технічної характеристики автомобіля КамАЗ–6522: K_w – коефіцієнт обтічності, $K_w = 0,6 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$; F – площа проєкції автомобіля на площину, перпендикулярну його поздовжній осі, $F = 4,8 \text{ м}^2$; f_0 – коефіцієнт опору коченню при швидкостях, близьких до нуля $f_0 = 0,02$ (отримані дані для автомобіля КамАЗ–6522 в табл. 1).

Аналіз табл. 1 показує, що суттєво показники автомобіля КамАЗ–6522 під час роботи на ВПЕ знижуються у випадку, якщо ВПЕ має концентрацією води більше 5%.

Попередньо порівняно отримані дані з продуктивності автомобіля КамАЗ–6522 під час роботи на ВПЕ з показниками продуктивності цього ж автомобіля на дизельному пальному (табл. 2) за допомогою моделі, яка запропонована в літературі [5].

Аналіз табл. 2 показує, що теоретично визначена середня продуктивність автомобіля КамАЗ–6522 при роботі на ВПЕ з концентрацією води 20% на 5% менша, аніж теоретична середня продуктивність роботи цього ж автомобіля на дизельному пальному. Тому є необхідність в подальшому експериментальному підтвердженні адекватності теоретичного моделювання.

Таблиця 1

Тягово–швидкісні показники автомобіля КамАЗ–6522 під час роботи на різних видах палива

Вид палива	V_{\max} , м/с	P_{\max} , Н	J_{\max} , м/с ²	S , м	τ , с
Дизельне паливо	22,2	50582	0,761	732	41
ВПЕ з концентрацією води 5%	21,8	49006	0,697	788	43
ВПЕ з концентрацією води 10%	21,3	47110	0,611	871	46
ВПЕ з концентрацією води 20%	20,9	46514	0,579	983	50

Таблиця 2

Продуктивність та енергозатрати автомобіля КамАЗ–6522 під час роботи на різних видах палива

Вид палива	Енергозатрати, МДж	Продуктивність, т/год
ВПЕ з концентрацією води 20%	127,7	9,4
Дизельне пальне	134,0	9,9

Висновки

Використання водопаливних емульсій (ВПЕ) не потребує конструктивних змін дизеля та дозволяє помітно покращити екологічні характеристики таких двигунів, що особливо важливо в органічному виробництві:

- димність відпрацьованих газів знижується в 5 – 6 раз;
- концентрація оксидів вуглецю знижується на 20 – 25 %;
- концентрація оксидів азоту знижується до 70%.

Поряд з цим показники тягово–швидкісних властивостей автомобіля КамАЗ–6522 під час його роботи на ВПЕ суттєво знижуються, якщо ВПЕ має концентрацію води більше 5%.

Теоретично визначена середня продуктивність автомобіля КамАЗ–6522 при роботі на ВПЕ з концентрацією води 20% на 5% менша, ніж теоретична середня продуктивність роботи цього ж автомобіля на дизельному пальному. Тому є необхідність в подальшому експериментальному підтвердженні адекватності теоретичного моделювання.

Список літератури

1. Закон України. Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини: Верховна Рада України; Закон від 03.09.2013 № 425–VII. Відомості Верховної Ради (ВВР). 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) OJ L 189, 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», розроблені робочою групою в складі спеціалістів українсько–швейцарського проекту «ЕкоЛан Україна» під загальним керівництвом Голови правління Асоціації «БІОЛан Україна» В. Пиндуса 26.09.2006 року. 76 с.

4. Ємець Б. В. Оптимальна витрата палива двигунами внутрішнього згоряння в умовах органічного виробництва. Органічне виробництво і продовольча безпека: [зб. матеріалів доп. учасн. V Міжнар. наук.–практ. конф.]. Житомир, 2017. С. 250–256.

5. Ємець Б. В., Пустовіт С. В., Поліщук О. С., Ємець Л. В. Моделювання показників тягово–швидкісних властивостей автомобіля під час його роботи на водопаливних. Вісник ЖНАЕУ, 2016. №1(53), т.1.С. 317–324.

6. Ємець Б. В., Ходаківська Н. І. Ефективність використання автомобільного транспорту в умовах органічного виробництва. Органічне виробництво і продовольча безпека: [зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.–практ. конф.]. Житомир: О. О. Євенок, 2016. – С. 71–76.

7. Морозов Л. С. Технический акт по определению топливно–мощностных и экологических характеристик двигателя КамАЗ–740 с применением водотопливной эмульсии в качестве топлива. Санкт–Петербург, 1998. 12 с.