

УДК 629.3.07

© В.І. Захачук, к.т.н., Г.А. Хайліс, д.т.н.  
Луцький національний технічний університет

## **МЕТОДОЛОГІЯ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*Висвітлено основні положення методології вибору альтернативних палив для технологічних транспортних засобів. Наведено результати розрахункових досліджень перспективності застосування альтернативних моторних палив в засобах технологічного транспорту методом комплексної оцінки технічної пристосованості двигуна до цих палив, екологічної безпеки транспортного засобу та економічної ефективності експлуатації.*

### **МЕТОДОЛОГІЯ, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.**

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день у вартість моторного палива весь час зростає та погіршується екологічна ситуація в країні. Одним з основних шляхів виходу з цієї ситуації є адаптація дизелів до роботи на альтернативних паливах [1, 2, 3]. Можливість застосування певного виду альтернативного моторного палива (АМП) визначається його регіональними ресурсами, співвідношенням цін між альтернативними та традиційними паливами, затратами на адаптацію двигунів для роботи на АМП, на інфраструктуру доставки, зберігання та заправки техніки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В сільськогосподарському виробництві, комунальному господарстві та промисловості значна частина колісних тракторів використовується в якості технологічного транспорту. В цьому випадку передбачений їх заїзд в закриті приміщення та тривала робота в цих приміщеннях. Вже через декілька хвилин роботи в двигуна в закритому приміщенні гранично допустимі концентрації викидів з відпрацьованими газами шкідливих речовин перевищують норму [4]. Безперечно це негативно впливає на здоров'я працівників. Зменшити це негативне явище можна використанням альтернативних моторних палив. Стосовно технологічних транспортних засобів пріоритет по АМП належить біопаливам на основі рослинних олій та газовому паливу [5, 6]. Дослідженню показників транспортних засобів (ТЗ) при їх роботі на АМП присвячено значна кількість робіт, виконаних в Російській

Федерації [1, 2, 3], а також в НТУ, ХНАДУ, ХПІ [7, 8, 11]. Але на даний час відсутні комплексні дослідження системи «паливо-двигун-транспортний засіб», які з системних позицій дозволили б розробити методики оцінки впливу використовуваного палива на енергетичні, екологічні та економічні показники засобів технологічного транспорту.

**Мета дослідження.** Метою роботи є вибір моторного палива для такого виду технологічного транспорту, як колісний трактор МТЗ-80.

**Результати досліджень.** Методологічною основою вибору палив для транспортних засобів обрано системний підхід. Застосування системних принципів дозволило дослідження процесу експлуатації ТЗ на АМП здійснити на моделі експлуатаційної системи «паливо-двигун-транспортний засіб» (рис. 1) [8]. На вхід системи подається певний вид палива, яке характеризується своїм елементарним складом, нижчою теплотою згоряння, ціною та іншими показниками. Виходом системи є загальний критерій вибору палива. Системний аналіз показав, що методика вибору альтернативних видів палива повинна ґрунтуватися на оцінці за різними критеріями [7]. Дослідники сходяться на думці, що найбільш важливими є критерій технічної пристосованості двигуна до АМП, критерій екологічної безпеки ТЗ та критерій економічної ефективності експлуатації [5, 6, 7], які включає в себе загальний критерій вибору палива.

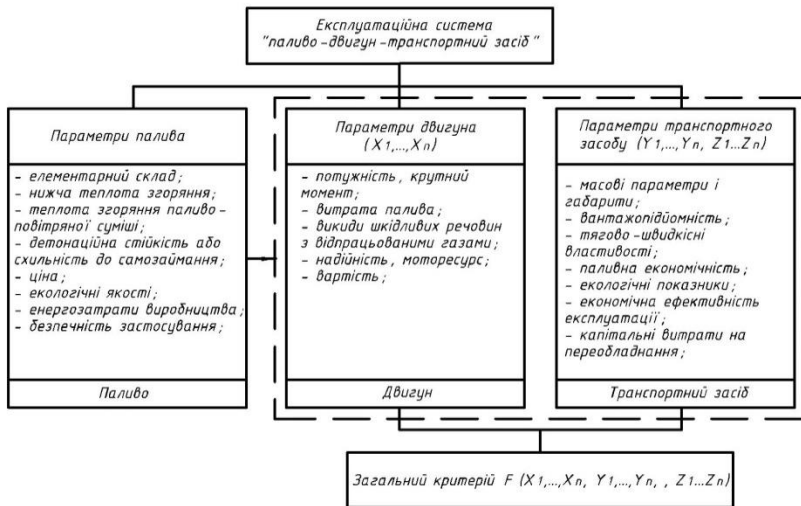


Рис.1 - Схема експлуатаційної системи «паливо-двигун-транспортний засіб»

Для комплексної оцінки експлуатаційних властивостей нафтового та альтернативних палив, а також енергетичних та паливо-економічних показників двигуна при роботі на різних паливах визначається критерій технічної пристосованості двигуна до АМП. Для цього застосований метод аналізу ієрархій (МАІ) Т.Сааті. За допомогою МАІ можна вирішувати завдання багатокритеріальної оптимізації з досить великою кількістю критеріїв оптимальності [9].

Об'єкти досліджень оцінюються (попарним порівнянням) за допомогою розробленої математичної матричної моделі із застосуванням множини критеріїв, обраних залежно від вирішуваних завдань і області проблем, і мають різні рівні деталізації. При застосуванні МАІ порівнюється відносна важливість кожного критерію з відносною важливістю будь-якого іншого критерію (елемента), який реалізується математичною матричною моделлю. Порівняння проводиться обчисленням власного вектора по рядках, обчисленням та нормалізацією вектора пріоритету. Для оцінки погодженості в МАІ використовуються індекс погодженості і відношення погодженості.

Завершальний етап МАІ - розрахунок критерію технічної пристосованості двигуна до різних палив:

$$K_{n-e} = \sum_{i=1}^{i=n} x_i \varphi_i, \quad (1)$$

де  $x_i$  - вектор пріоритету  $i$  – го оціночного критерію, отриманого при парному порівнянні відносної важливості критеріїв на другому рівні по відношенню до загальної мети на першому рівні,  $\varphi_i$  - вектор пріоритету  $i$  – го об'єкта досліджень, отриманого при парному порівнянні відносної важливості об'єктів досліджень на третьому рівні (парне порівняння об'єктів досліджень) по відношенню до критеріїв другого рівня.

Для розрахунку потужності двигуна використано зв'язок між корисною роботою (потужністю) двигуна і кількістю теплоти, витраченою для її одержання. Паливна економічність двигуна оцінюється питомою ефективною витратою палива в енергетичних одиницях.

Оцінку екологічних властивостей технологічних ТЗ, що працюють на альтернативних і базових видах палива доцільно проводити з врахуванням санітарних норм [10]. На першому етапі це виконується за критерієм екологічної пристосованості (ЕП) ДВЗ до альтернативних видів палива [10]

$$EP = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (K_i)^{\alpha_i} = \frac{KHT}{KHT_6} \quad (3)$$

де  $KHT$  - категорія небезпеки ТЗ, що працює на альтернативному паливі, м<sup>3</sup>/с;  $KHT_6$  - категорія небезпеки ТЗ, що працює на базовому паливі, м<sup>3</sup>/с.

$$KHT = \sum_{i=1}^n KHD_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{\alpha_i} \quad (4)$$

де  $KHD_i$  – категорія небезпеки і-ої речовини, м<sup>3</sup>/с;  $M_i$  – кількість викидів і-ої речовини, г/с, значення яких отримані на основі даних про шляхові викиди шкідливих речовин (ШР);  $ГДК_i$  – середньодобова гранично-допустима концентрація і-ої речовини, г/м<sup>3</sup>;  $\alpha_i$  - безрозмірна константа, що дозволяє співставити класи небезпеки і-ої речовини і діоксиду сірки (III клас небезпеки);  $n$  – кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ).

На другому етапі визначається показник екологічної небезпеки ТЗ, працюючого на альтернативному виді палива

$$K_{en} = EP \cdot K_6 \quad (5)$$

де  $K_6$  - показник екологічної небезпеки ТЗ, що працює на базовому виді палива.

Критерій екологічної безпеки

$$K_e = \frac{1}{K_{en}} \quad (6)$$

Економічна ефективність використання АМП оцінюється критерієм економічної ефективності

$$E = \frac{1}{T_{ок}} \quad (7)$$

де  $T_{ок}$  - термін окупності капіталовкладень на переобладнання ТЗ для використання АМП

$$T_{ок} = \frac{K}{E_{ес}} \quad (8)$$

де  $K$  – капітальні витрати на переобладнання ТЗ для використання АМП;  $E_{ес}$  - економія експлуатаційних витрат при використанні АМП.

Об'єднання окремих критеріїв в загальний критерій оптимального виду палива здійснюється наступним чином:

$$K = \varphi_1 K_{n-e} + \varphi_2 K_e + \varphi_3 E \quad (9)$$

де  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  - коефіцієнти вагомості показників технічної пристосованості двигуна до АМП, екологічної безпеки та економічної ефективності експлуатації технологічних ТЗ на різних паливах ( $\sum \varphi_i = 1$ ). Для оцінки вагомості окремих критеріїв були використані результати експертних оцінок, виконані в роботі [11]. Найбільшу значимість прийнято для критерію екологічної безпеки (0,38-0,42), дещо менші значення (0,28-0,32) матимуть критерій технічної пристосованості двигуна та критерій економічної ефективності експлуатації.

Для визначення палива, яке має найкращі показники, при оцінюванні його властивостей, повинна виконуватись умова:  $K \Rightarrow \max$ .

Оціночними критеріями технічної пристосованості двигуна є показники палив та показники двигуна, які наведені в таблиці 1: А1 - достатність ресурсів та можливість масового виробництва палива; А2 – енергетичні показники двигуна при роботі на даному паливі; А3 - детонаційна стійкість палив та схильність до самозаймання; А4 – ціна палива; А5 – питома ефективна витрата палива двигуном в енергетичних одиницях; А6 - енергозатрати виробництва палива; А7 - безпечність застосування.

Результати розрахунків критерію технічної пристосованості двигуна до різних палив наводиться в табл. 1.

Таблиця 1 - Розрахункові значення критерію технічної пристосованості двигуна до різних палив

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Критерій технічної пристосованості
$\Sigma(x_i)$	0,14	0,14	0,14	0,11	0,16	0,15	0,16	
дизельне паливо	0,26	0,4	0,24	0,27	0,25	0,27	0,36	0,29
біодизель	0,43	0,34	0,34	0,27	0,32	0,33	0,36	0,34
природний газ	0,31	0,25	0,42	0,46	0,43	0,38	0,28	0,36

Найвище значення критерію технічної пристосованості двигуна до АМП має стиснутий природний газ (0,36). В біодизельного палива 0,34, а нафтового ДП 0,29.

Результати комплексної оцінки екологічної небезпеки ВГ трактора МТЗ-80 на основі категорії небезпеки КНТ за гранично допустимими концентраціями та класом небезпеки ШР наведено в роботі [8].

Категорія небезпеки трактора, працюючого на біодизелі в 1,11 рази менша, а на природному газі в 1,26 рази менша, ніж на дизельному паливі. Причому екологічна безпека відпрацьованих газів для всіх видів палива в середньому на 90% визначається небезпекую оксидів азоту NO<sub>x</sub>, вміст яких у ВГ за масою не дуже значний.

Наступним етапом було визначення рівня екологічної безпеки трактора МТЗ-80 при роботі на різних паливах за критерієм К<sub>е</sub> (таблиця 2).

Таблиця 2 – Оцінка екологічної безпеки трактора МТЗ-80 при роботі на різних паливах

Вид палива	Показник екологічної небезпеки К <sub>ен</sub>	Критерій екологічної безпеки К <sub>е</sub>
дизельне паливо	2,98	0,33
природний газ	2,38	0,42
біодизель	2,7	0,37

Результати розрахунку показників економічної ефективності експлуатації трактора на АМП зведені в табл. 3.

Таблиця 3 - Економічна ефективність експлуатації одного трактора на альтернативних паливах

№ з/п	Показник	Одиниця вимірюв.	Вид палива	
			Природний газ	Біодизель
1.	Економія експлуатаційних витрат	грн.	7712,1	662,3
2.	Термін окупності	роки	1,41	4,9
3.	Річний економічний ефект від використання альтернативних палив	грн.	6078,3	177,3
4.	Критерій економічної ефективності	-	0,71	0,2

Експлуатація трактора МТЗ-80 в якості технологічного транспортного засобу на газовому паливі в порівнянні з дизельним паливом забезпечує річний економічний ефект 6078,3 грн., а термін окупності витрат на переобладнання для роботи на газі складає 1,41 року. При експлуатації на біодизельному паливі річний економічний ефект складе 177,3 грн., а термін окупності витрат на переобладнання 4,9 року.

В результаті досліджень встановлено, що найвище значення (0,489) загального критерію вибору доцільного виду палива має природний газ у випадку його використання в переобладнаному з дизеля газовому двигуні, найменше значення (0,221) в нафтового дизельного палива, в біодизельного палива 0,31.

**Висновки.** Модельні представлення функціонування технологічних ТЗ, працюючих на альтернативних паливах, дозволили звести задачу вибору палива до оптимізації параметрів експлуатаційної системи «паливо-двигун-транспортний засіб» за критерієм технічної пристосованості, критеріями екологічної безпеки та економічної ефективності експлуатації. Запропонована методологія дозволяє оцінити показники транспортного засобу при його роботі на різних паливах за одним комплексним показником (загальним критерієм), що значно спрощує вибір палива.

#### Література

1. Марков В.А., Ефанов А.А., Девянин С.Н. Альтернативные топлива и методика оценки их экологических качеств//Грузовик. - 2007. - №6. - с. 27-34.
2. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. – М.: РУДН, 2008. – 248 с.
3. Использование альтернативных топлив в самоходной технике. Научно-информационный материал//М., Московский государственный агроинженерный университет им. В.П.Горячкина, 2010. - 95 с.
4. Максименко О.О. Технология улучшения состояния воздушной среды в помещениях ограниченного объема при работе в них двигателей внутреннего сгорания с жидкостными нейтрализаторами. Автореф. дис. канд. техн. наук. 05.20.01. – Рязань: РГСХА, 2006. – 20 с.
5. Гавриш В.І. Забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у аграрному секторі економіки: Монографія/В.І. Гавриш. – Миколаїв: МДАУ, 2007. – 283 с.

6. Базаров Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива / Б.И. Базаров. – Ташкент: ТАДИ, 2001. – 238с.

7. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. – Харьков: НТУ”ХПИ”. – 2003. – 244 с.

8. Захарчук В.І. Методика підбору альтернативних моторних палив для транспортних засобів / В.І. Захарчук // Вісник НТУ, 2013. – №3. – С. 85–90.

9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иэрархий /Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

10. Цыцура А.А., Дворников Г.П., Бондаренко Е.В. Оценка влияния автомобильного транспорта на качество воздушной среды Оренбуржья//Вестник ОГУ. – 2000. - №1, с. 47-49.

11. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: [Монографія] / В.П. Матейчик. – Київ: НТУ. – 2006. – 216 с.