

В. В. Рудзінський¹
Б. В. Ємець¹
С. В. Мельничук¹
О. П. Рябчук¹
С. В. Цимбал²

КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

¹Житомирський агротехнічний коледж

²Вінницький національний технічний університет

Запропоновано низку критеріїв, які обґрунтовують конструктивні та експлуатаційні показники автомобілів, що працюють на альтернативних видах палива: економічну ефективність експлуатації таких автомобілів, їхню екологічність; рівень ускладнення конструкції переобладнаних автомобілів; трудомісткість їхнього технічного обслуговування, ремонту тощо; тягово-швидкісні та інші відмінні, порівняно з базовими, властивості автомобілів під час роботи на альтернативному паливі (АП); енергоємність та (або) собівартість АП; коефіцієнт корисної дії силової установки та (або) автомобіля на АП; ступінь впровадження в експлуатацію (масовість виробництва) та подальша перспектива розвитку конструкції подібних автомобілів; стан підтримки на державному (місцевому) рівні розроблених конструкцій.

Здійснено експертну оцінку прийнятих критеріїв у порядку їхньої вагомості. Поряд з аналізом оцінок, які виставлені у балах, використано метод ранжирування з метою дослідження результатів опитування фахівців-експертів. Це дозволило застосувати значення встановлених оптимальних критеріїв для обґрунтування експлуатації автомобілів під час їхньої роботи на АП.

Аналіз кореляційної матриці показав, що числові оцінки, виставлені прийнятим критеріям, характеризуються високим ступенем кореляції, та фахівці-експерти в цілому одностайні в оцінці їхньої вагомості. Найважливішими критеріями експлуатації автомобілів на АП визначено: економічну ефективність експлуатації, тягово-швидкісні та інші, відмінні порівняно з базовими, властивості автомобілів під час роботи на АП. Інші критерії є також достатньо важливими, коефіцієнти вагомості для них є значно вищими за 7 %, і вони теж мають бути взяті до уваги під час проведення глибокого аналізу та синтезу показників оптимальної експлуатації автомобілів на АП. Крім того, важливим є те, що групі критеріїв, які характеризують лише один вид автомобіля під час роботи на АП (наприклад, ступінь впровадження в експлуатацію) експерти надали лише близько 17 % вагомості.

Ключові слова: оптимізація, критерії, автомобіль, експлуатація, альтернативне паливо.

Вступ

Чинний Закон України «Про альтернативні види палива» (остання редакція від 2016 року) визначає правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні засади виробництва (видобутку) і використання альтернативних видів палива, а також стимулювання збільшення частки їхнього використання до 20 відсотків від загального обсягу споживання палива в Україні до 2020 року [1]. До альтернативних видів палива (в тому числі і для двигунів автомобілів) відносять тверде, рідке та газове паливо, яке є альтернативою відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини [1].

У світі існує значна кількість одиниць автомобілів (за наближеними оцінками від 4 % до 17 % для різних країн), що працюють на альтернативних видах палива. До таких транспортних засобів відносять: автомобілі, що працюють на газі, гібридні автомобілі, електричні автомобілі, автомобілі, які працюють на біопаливі, автомобілі на паливних (водневих) елементах тощо. З цієї теми опубліковано збірники досліджень (наприклад [2]), а також окремі наукові праці [3, 4, 5, 6, 7].

Поряд з цим ефективність експлуатації альтернативного транспорту важко оцінити стандартними показниками різноманітних властивостей автомобілів. Наприклад, один з основних експлуатаційних показників – шляхову витрату палива практично не можна використати для навіть загальних оцінок експлуатації автомобілів під час їхньої роботи на різних альтернативних паливах (АП). Як порівняти витрату палива гібридного автомобіля з витратою палива автомобіля, що працюють на генераторному газі? Або електромобіля і автомобіля на паливних елементах. Тому є актуальним дослідження вибору критеріїв (або комплексних показників) оптимальної експлуатації цих автомобілів.

Метою роботи є розроблення та застосування критеріїв оптимальної експлуатації автомобілів під

час їхньої роботи на АП.

Для досягнення поставленої мети задачі дослідження сформульовані таким чином: обґрунтувати критерії оптимальної експлуатації автомобілів на АП; здійснити експертну оцінку прийнятих критеріїв у порядку їхньої вагомості; використати метод ранжирування для дослідження результатів опитування фахівців; застосувати значення встановлених оптимальних критеріїв для обґрунтування експлуатації автомобілів під час їхньої роботи на АП.

Теоретичні дослідження проводилися з використанням основних положень теорії оптимального прийняття рішень, теорії автомобіля, статистичної обробки отриманих результатів. Експериментальні дослідження проводилися з використанням переобладнаних транспортних засобів для роботи на альтернативному паливі Житомирського національного агроекологічного університету (зараз Поліський національний університет) та Житомирського агротехнічного коледжу (ЖАТК) відповідно до прийнятої методики і стандартів із застосуванням вимірювального обладнання та засобів лабораторій Поліського університету та ЖАТК. Результати експериментальних досліджень статистично опрацьовано із застосуванням положень теорії ймовірності.

Результати дослідження

Критеріями, які обґрунтовують конструктивні та експлуатаційні показники автомобілів, що працюють на альтернативних видах палива, прийнято такі: K_1 – економічна ефективність експлуатації; K_2 – екологічність; K_3 – рівень ускладнення конструкції переобладнаного автомобіля; K_4 – трудомісткість технічного обслуговування, ремонту тощо; K_5 – тягово-швидкісні та інші відмінні, порівняно з базовим, властивості автомобіля; K_6 – енергоємність та (або) собівартість палива; K_7 – коефіцієнт корисної дії силової установки та (або) автомобіля; K_8 – ступінь впровадження в експлуатацію (масовість виробництва); K_9 – подальша перспектива розвитку конструкції та експлуатація подібних автомобілів; K_{10} – стан підтримки на державному (місцевому) рівні розроблених конструкцій.

Фахівцям у галузі автомобільного транспорту було запропоновано здійснити експертну оцінку перелічених вище критеріїв у порядку їхньої вагомості в межах числових значень від 10 до 100. Складові процедури оптимізації прийнято з урахуванням вимоги мінімального взаємозв'язку між окремими критеріями.

Метою такої процедури було встановлення того як критерії, що розглядаються, впливають (і які з них найбільше) на ефективність експлуатації автомобілів під час роботи на альтернативному паливі.

При визначенні групи фахівців-експертів, які були задіяні в процедурі оптимізації, було враховано середню похибку 0,15, яка вважається задовільною для цього випадку.

Близько 7 % фахівців (із загальної кількості 357 осіб), які взяли участь у дослідженні, мають велику кількість публікацій у галузі автомобільного транспорту, h -індекс Гірша вищий 3. Також дотримувались статистичної вимоги вибірки, яка потребує опитування мінімум 10 експертів, що забезпечує похибку дослідження не більшою 15 %.

Під час опитування фахівців-експертів було виставлено оцінки (в балах) вагомості критеріїв, що досліджуються. Після того, як оцінки було отримано, з'явилась необхідність у визначенні їхньої вагомості. Якщо вагомість кожного із фахівців є різною, то раціональним є введення окремих коефіцієнтів вагомості. Але в цьому випадку було обрано експертів із однаково високим індексом Гірша і окремі коефіцієнти не вводились.

У результаті проведеного попереднього дослідження встановлено, що критерії K_1 та K_6 мають вищий рівень вагомості. Але загалом важливість розглянутих критеріїв наближено знаходиться на одному рівні. Поряд з аналізом оцінок, які виставлені у балах, при дослідженні результатів опитування фахівців також використано метод ранжирування. Традиційно під поняттям «ранг» розглядають оцінки, які виставлені у порядку спадання з урахуванням зростання вагомості факторів у межах від 1 до 10. На рис. 1 представлено середні арифметичні оцінки критеріїв, що досліджуються при використанні методу ранжирування.

Аналіз даних, що представлені на рис. 1, дає можливість зробити висновок, що фахівці-експерти дещо не однаково вибирають найвагоміші критерії.

Усі критерії, що досліджуються, можна лише наближено охарактеризувати відносно однаковим рівнем вагомості. Очевидно, що для встановлення точних результатів дослідження необхідно провести більш ґрунтовний аналіз результатів опитування експертів. Було розраховано вагомість кожного із критеріїв за даними кожного із опитаних фахівців-експертів (табл. 1).

Якщо проаналізувати отримані дані, які наведені вище, то можна зробити висновок, що фахівці-експерти обрали найвищий рівень вагомості для критеріїв $K1$ та $K5$. Але слід зауважити, що всі інші критерії теж визнані достатньо вагомими для цього випадку.

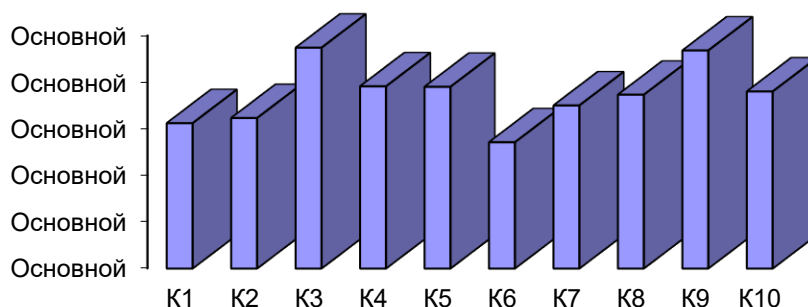


Рис. 1. Середні оцінки критеріїв, що досліджуються при використанні методу ранжирування

Таблиця 1

Величина відносних оцінок критеріїв по кожному із опитаних фахівців-експертів

Експерти	Критерії									
	$K1$	$K2$	$K3$	$K4$	$K5$	$K6$	$K7$	$K8$	$K9$	$K10$
1	0,156	0,138	0,139	0,123	0,107	0,093	0,092	0,063	0,048	0,048
2	0,143	0,162	0,130	0,115	0,112	0,112	0,082	0,064	0,049	0,033
3	0,124	0,139	0,127	0,111	0,111	0,096	0,083	0,083	0,069	0,056
4	0,156	0,141	0,125	0,125	0,109	0,094	0,078	0,063	0,063	0,047
5	0,137	0,137	0,123	0,110	0,110	0,096	0,082	0,082	0,068	0,055
6	0,148	0,131	0,165	0,115	0,098	0,098	0,082	0,066	0,049	0,049
7	0,136	0,136	0,152	0,121	0,106	0,092	0,076	0,076	0,061	0,045
8	0,136	0,169	0,153	0,119	0,102	0,085	0,085	0,068	0,051	0,034
9	0,161	0,129	0,145	0,113	0,113	0,081	0,097	0,067	0,048	0,048
10	0,139	0,139	0,111	0,097	0,125	0,083	0,083	0,083	0,069	0,069

В науковій практиці для встановлення впливу критеріїв, що досліджуються, на стан об'єкта часто застосовують зважений середній показник, коефіцієнти якого теж можна отримати на основі опитування фахівців. Результати аналізу показано на рис. 2.

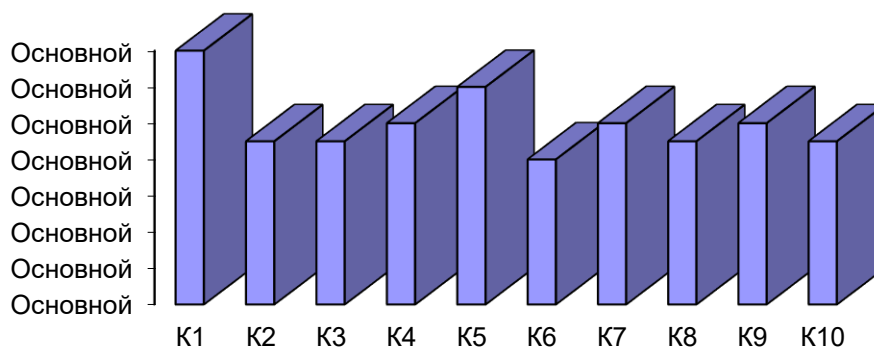


Рис. 2. Числова оцінка відносної вагомості критеріїв

Встановлені числові величини відносної вагомості критеріїв можливо використати для подальшого аналізу та синтезу інших показників в наукових дослідженнях, зокрема для розрахунку інтегрованих показників. Якщо врахувати той факт, що майже всі критерії, що розглядаються, оцінені приблизно на одному рівні вагомості, то виникає необхідність провести додатковий аналіз узгодженості рівня оцінок фахівців-експертів.

Для вирішення цього завдання необхідно розрахувати величини множини статистичних коефіціє-

ентів, серед яких вирізняється коефіцієнт конкордації. Величина цього коефіцієнта, як правило, перебуває в межах від 0 до 1. Слід відзначити, що чим ближче значення коефіцієнта конкордації до одиниці, тим вищим є ступінь узгодженості думок фахівців-експертів.

Відому формулу для розрахунку коефіцієнта конкордації, для нашого випадку, можна записати в такому вигляді:

$$w = \frac{12 \sum \Delta^2}{n^2 (m^3 - m)}, \quad (1)$$

де n – кількість експертів; m – кількість можливих варіантів оцінки; Δ – відхилення від середньої суми рангів.

Після розрахунку формули (1) встановлено, що коефіцієнт конкордації для даних, наведених вище, становить 0,92.

Для встановлення значимості коефіцієнта конкордації в науковій практиці використовується статистичний критерій Пірсона, фактичне значення якого (у нашому випадку його величина розрахована, як 259,97) порівнюється із вибраним табличним значенням. Для прийнятої довірчої ймовірності 0,99, вибране табличне значення критерію Пірсона становить 21,66, що є більше, ніж в десять разів менше за його фактичне розраховане значення. Тому можна зробити висновок, що розрахований в цьому дослідженні коефіцієнт конкордації є статистично значимим. А його величина доводить, що оцінки фахівців-експертів є узгодженими.

Іншим відомим способом дослідити рівень узгодженості експертних думок фахівців є встановлення величини коефіцієнтів кореляції між критеріями. З цією метою створено кореляційну матрицю (табл. 2).

Таблиця 2

Дані кореляційної матриці

Критерій	Критерії									
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	X	0,953	0,957	0,977	0,975	0,969	0,961	0,957	0,992	0,938
K2	0,953	X	0,985	0,963	0,985	0,939	0,945	0,966	0,926	0,932
K3	0,957	0,985	X	0,957	0,991	0,945	0,969	0,985	0,936	0,951
K4	0,977	0,963	0,957	X	0,978	0,936	0,936	0,948	0,951	0,929
K5	0,975	0,985	0,991	0,978	X	0,945	0,960	0,966	0,954	0,966
K6	0,969	0,939	0,945	0,936	0,945	X	0,988	0,951	0,960	0,864
K7	0,961	0,945	0,969	0,936	0,960	0,988	X	0,969	0,951	0,889
K8	0,957	0,966	0,985	0,948	0,966	0,951	0,969	X	0,942	0,917
K9	0,992	0,926	0,936	0,951	0,954	0,960	0,951	0,942	X	0,932
K10	0,938	0,932	0,951	0,929	0,966	0,864	0,889	0,917	0,932	X

Аналіз кореляційної матриці (див. табл. 2) показує, що числові оцінки, виставлені прийнятим критеріям, характеризуються високим ступенем кореляції та фахівці-експерти в цілому однотайні в оцінці їхньої вагомості. При необхідності поряд з використанням коефіцієнтів кореляції можливим є використання показника міри збігу думок Устюжанінова.

Основний висновок з проведеного статистичного дослідження – фахівці вважають найважливішими критеріями експлуатації автомобілів на альтернативних видах палива такі: K1 (економічна ефективність експлуатації); K5 (тягово-швидкісні та інші відмінні, порівняно з базовим, властивості автомобіля). Інші критерії, що розглядалися вище, є також достатньо важливими, коефіцієнти вагомості для них є значно вищими за 7 %. Тобто, хоча експерти обрали два найбільш важливі критерії, все ж інші вони також розглядають як обов'язкові. Ці критерії теж мають бути взяті до уваги під час проведення глибокого аналізу та синтезу показників оптимальної експлуатації автомобілів на АП. Крім того, важливим є те, що групі критеріїв, які характеризують лише один вид автомобіля під час роботи на АП (наприклад, ступінь впровадження в експлуатацію) експерти надали лише близько 17 % вагомості.

В лабораторіях Житомирського агротехнічного коледжу та Вінницького національного технічного університету протягом останніх років досліджували різні види автомобілів під час роботи на: газі генераторному (ГГ) [7]; водопаливних емульсіях [8]; електричній тязі [9] тощо. Для подальшого аналізу отриманих результатів цього дослідження використано техніко-експлуатаційні показники таких автомобілів.

Економічну ефективність експлуатації (критерій K_1) автомобіля на АП в науковій літературі пропонують оцінювати інтегральним коефіцієнтом економічної ефективності, який враховує, по перше, вартість виготовлення автомобіля та витрати на його експлуатацію; по друге, конструктивні розміри автомобіля та його технічні можливості [10]. Ці дані характеризують автомобіль в цілому, як транспортний засіб, незалежно від умов експлуатації. Техніко-економічну доцільність використання тієї або іншої моделі автомобіля може характеризувати собівартість 1 т·км, яка розраховується за формулою [10]:

$$B_{1т·км} = \frac{B_e}{Q_m \cdot L_c}, \quad (2)$$

де B_e – сукупні витрати на експлуатацію автомобіля на АП за окремий період часу, у.о.; Q_m – обсяг вантажу, перевезеного автомобілем на АП за період аналізу даних, т; L_m – середня відстань транспортування вантажу (між пунктами навантаження та розвантаження), км.

Французьке Агентство з управління навколишнім середовищем і енергією (ADEME) нещодавно опублікувало звіт, який є результатом досліджень економічної ефективності нових технологічних рішень для автомобільного транспорту. Прогнозується, що до 2030 року електричні вантажні автомобілі будуть мати потенціал конкурувати з дизельними транспортними засобами. Але це не стосується вантажних автомобілів з повною масою вищою 12 тонн [11]. В якості силового агрегату для вантажних автомобілів масою 40 тонн і вище, серйозної конкуренції дизелю в найближчій перспективі не видно.

З аналізу згаданого вище звіту, можна зробити висновок, що ефективність електричних вантажівок буде можлива тільки в тому випадку, коли прибутки від їхньої роботи знизять експлуатаційні витрати настільки, щоб вони стали конкурентоспроможними порівняно з дизелем. У зв'язку з цим, в перевезеннях на великі відстані будуть переважати дизельні двигуни з можливістю розвитку технологій, що дозволяють використовувати альтернативні види палива, наприклад, природний або інші види газу. Незважаючи на те, що витрати на паливо збільшаться, автори звіту прогнозують, що до 2030 р загальна вартість використання вантажних транспортних засобів з дизельним двигуном скоротиться до 30 відсотків. Це буде результатом технологічних удосконалень, в тому числі зниження ваги автомобіля більш ніж на 15 %, зменшення тертя в шинах на 20 % і зменшення аеродинамічного опору на 30 %. До 2030 року, в разі річного пробігу вантажного автомобіля в 62 500 км, загальна вартість експлуатації повинна знизитися більш ніж на 2 євроцента на км [11].

Таблиця 3

Порівняння економічної ефективності експлуатації вантажних автомобілів повною масою 12 тонн [11]

Вид приводу	Загальна собівартість в євроцентах на км в 2015 р.	Оціночна загальна собівартість в євроцентах на км в 2030 р.
Дизельне паливо	76,8	79,1
М'яка гібридна система (MHEV 48V)	80,2	77,7
Гібридний електричний plug-in (PHEV)	83,3	77,3
Електричний транспортний засіб (BEV)	110,2	80,3

Зараз основний альтернативний енергоносіє – це газ, який може бути як природного походження, так і штучного. В останні роки досліджено використання об'ємного нагнітача з механічним приводом для наддуву газоповітряної суміші в циліндри (рис. 3), збільшення ефективної потужності переобладнаного двигуна при його використанні максимально можливе від 20 до 35%. Але ускладнення робочого процесу газогенераторної установки з нагнітанням газу призводить до зниження надійності та ресурсу роботи двигунів таких автомобілів і потребує ґрунтовних експериментальних досліджень [12].

На рис. 4 представлено графічну залежність величини часу розгону бензинового автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 від його швидкості порівняно з часом розгону цього ж автомобіля на ГГ з використанням нагнітача газоповітряної суміші (НГС) в циліндри двигуна [12].



Рис. 3. Загальний вигляд нагнітача (з механічним приводом) газоповітряної суміші в циліндри двигуна

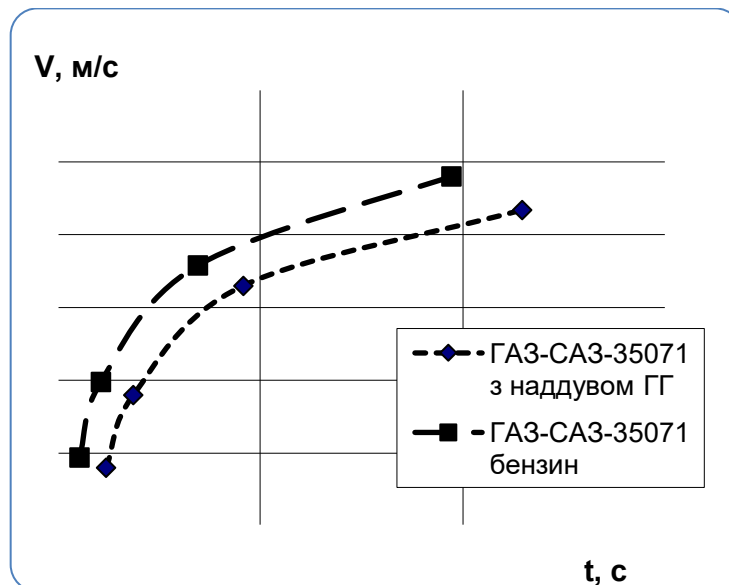


Рис. 4. Порівняння часу розгону автомобіля ГАЗ-САЗ-35071 порівняно з розгоном цього ж автомобіля на ГГ з використанням НГС

Аналіз даних, отриманих вище (рис. 4), показує, що використання НГС (з механічним приводом) в циліндри двигуна, який працює на ГГ, приводить до значного підвищення показників розгону автомобілів порівняно з газогенераторними автомобілями, які не використовують подібну систему, від 12 до 19 %. Тому проведений аналіз свідчить, що спосіб підвищення показників розгону газогенераторних автомобілів за рахунок використання НГС дійсно є ефективним. Експериментальні дослідження показників розгону автомобілів проводили згідно з ГОСТ 22576-90. Такі випробування проводяться на рівній горизонтальній ділянці асфальтованої дороги довжиною 4 км та шириною не меншою 15 м. Зважування автомобіля після його завантаження (мішками з піском) здійснювалось за методикою ОСТ 37.001.408 на автомобільних вагах середнього класу точності з найбільшою межею зважування 10 т по ГОСТ 14004 [12].

Отримано дані основних показників розгону газогенераторних автомобілів, аналіз яких показує достатню точність, як для цього випадку (до 6 %) аналітичних досліджень, (табл. 4) [12].

Таблиця 4

Дані випробувань показників розгону автомобіля під час роботи на ГГ

Показники	$\langle x_{екс} \rangle$	$\Delta_{\langle x_{екс} \rangle}$	ε	ε_m
Шлях розгону до 16,7 м/с, м	1084,1	19,4	1,79	3,32
Час розгону на шляху 1000 м, с	129,7	1,1	0,85	5,53

В табл. 4: $\langle x_{екс} \rangle$ – середнє з шести вимірювань; $\Delta_{\langle x_{екс} \rangle}$ – довірча межа похибки вимірювання; ε – відносна похибка результатів вимірювання, %; ε_m – відносна похибка моделювання, % [12].

Висновки

Запропоновано низку критеріїв, які обґрунтовують конструктивні та експлуатаційні показники автомобілів, що працюють на альтернативному паливі (АП). Здійснено експертну оцінку прийнятих критеріїв у порядку їхньої вагомості. Використано метод ранжирування з метою дослідження результатів опитування фахівців-експертів. Це дозволило застосувати значення встановлених оптимальних критеріїв для обґрунтування експлуатації автомобілів під час їхньої роботи на АП.

Аналіз кореляційної матриці показав, що числові оцінки, виставлені прийнятим критеріям, характеризуються високим ступенем кореляції та фахівці-експерти в цілому одностайні в оцінці їхньої вагомості. Найважливішими критеріями експлуатації автомобілів на АП визначено: економічну ефективність експлуатації та тягово-швидкісні та інші відмінні, порівняно з базовим, властивості автомобілів під час роботи на АП. Інші критерії є також важливими, коефіцієнти вагомості для них є значно вищими за 7 %, і вони теж мають бути взяті до уваги під час проведення глибокого аналізу та синтезу показників оптимальної експлуатації автомобілів на АП.

Електричний силовий агрегат для вантажних автомобілів масою 40 тонн і вище серйозної конкуренції дизелю, в найближчій перспективі за оцінками експертів, не створює. Газове паливо поки що основна альтернатива використання нафтопродуктів у якості палива для двигунів автомобілів.

Досліджено використання об'ємного нагнітача з механічним приводом для наддуву газоповітряної суміші (НГС) в циліндри, збільшення ефективної потужності переобладнаного двигуна при його використанні можливе від 20 до 35 %. Але ускладнення робочого процесу газогенераторної установки з нагнітанням газу призводить до зниження надійності та ресурсу роботи двигунів таких автомобілів і потребує ґрунтовних експериментальних досліджень.

Попередні дослідження показують, що використання НГС в циліндри двигуна, який працює на генераторному газу, приводить до значного підвищення показників розгону автомобілів у порівнянні з газогенераторними автомобілями, які не використовують подібну систему, від 12 до 19 %.

Отримані дані дослідження вагомості критеріїв, які обґрунтовують конструктивні та експлуатаційні показники автомобілів, що працюють на альтернативних видах палива, дають широке поле для подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Верховна Рада України. 1 сесія. (2009, трав. 21). *Закон № 1391-VI, Про альтернативні види палива*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>.
- [2] М. Брегін, Ред., *Альтернативні джерела енергії на автомобільному транспорті*. Львів, Україна: ВСП ЛАДК НУ «Львівська політехніка», 2017, 130 с.
- [3] В. П. Сахно, О. А. Корпач, «Порівняння показників автомобільних двигунів при роботі на традиційних та альтернативних паливах», *Управління проектами, системний аналіз і логістика*, № 8, с. 159-166, 2010.
- [4] І. Б. Луцик, О. М. Фендьо, І. С. Іскерський, «Альтернативні енергоустановки для автотранспорту», *Енергетика і автотехніка*, № 1, с. 75-82, 2014.
- [5] О. С. Добровольський, Н. С. Ступак, «Доцільність переведення автомобільного парку на газове паливо», *Вісник Національного транспортного університету. Серія: Технічні науки*, Випуск № 1 (37), с. 124-132, 2017.
- [6] Щ.В. Аргун, А.В. Круковська, «Перспективи використання різних видів автомобільного палива», *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, № 12, с. 123-131. 2017.
- [7] Б. В. Ємець, «Модель ефективності використання транспортних засобів з покращеними техніко-експлуатаційними показниками, які обладнані газогенераторними установками», *Автомобіліст України*, № 4, с. 14-17, 2007.
- [8] Б. В. Ємець, С. В. Пустовіт, О. С. Поліщук, Л. В. Ємець, «Моделювання показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля під час його роботи на водопаливних емульсіях», *Вісник ЖНАЕУ*, № 1, с. 317-324, 2016.
- [9] *Наукові читання – 2018: збірник доповідей конф. ф-ту інженерії та енергетики ЖНАЕУ*, Житомир, Вид-во ЖНАЕУ, 2019, 97 с.

[10] О. Г. Вагонова, Л. А. Бондаренко, «Економічна ефективність експлуатації вітчизняних автосамоскидів на кар'єрах як чинник підвищення їхньої конкурентоспроможності», *Ефективна економіка*, № 1, с. 33-37, 2015.

[11] О. Пасічник, «Правда та міфи про економічну ефективність електричних вантажних автомобілів», *Trans.eu*. 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.trans.eu/ua/blog/transportna-haluz/ekonomichna-efektywnist-elektro-vantazivok>.

[12] Б. В. Ємець, «Покращення показників розганяння автомобілів сільськогосподарського призначення під час роботи на генераторному газу», *Наукові горизонти*, № 5(78), с. 31-39, 2019.

Рудзінський Володимир Васильович – д-р. техн. наук, професор, викладач вищої категорії кафедри автомобільного транспорту, e-mail: rudzinskyi@ukr.net.

Ємець Богдан Володимирович – канд. техн. наук, викладач вищої категорії кафедри автомобільного транспорту, e-mail: bogdan1199@ukr.net.

Мельничук Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри автомобільного транспорту, e-mail: sergij.m@ukr.net.

Рябчук Олександр Павлович – канд. сільгосп. наук, викладач-методист кафедри автомобільного транспорту, e-mail: nostradamus1969@ukr.net.

Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир

Цимбал Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

V. Rudzinskyi¹
B. Yemets¹
S. Melnychuk¹
O. Ryabchuk¹
S. Tsymbal²

Criteria for optimal operation of automobiles on alternative fuels

¹Zhytomyr Agrotechnical College
²Vinnitsia National Technical University

The article deals with some criteria that substantiate the design and operational performance of automobiles running on alternative fuels; economic efficiency of operation of such vehicles, their ecological conformity; the level of complexity of the design of converted automobiles; labor intensity of their maintenance, repair, etc. ; traction-speed and other different, in comparison with the basic, properties of automobiles while working on alternative fuel (AF); energy consumption and (or) cost price of AF; efficiency of power plant and (or) car on AF; the degree of commissioning (mass production) and further prospects for the development of the design of such automobiles; state of support developed structures at the national (local) level.

An expert assessment of the adopted criteria in the order of their importance is made. Along with the analysis of scores, which are presented in points, it is used the ranking method to study the results of the survey of experts. This allows applying the values of the established optimal criteria to justify the operation of vehicles during their work on the AF.

The analysis of the matrix correlation shows that the numerical estimates set by the accepted criteria are characterized by a high degree of correlation, and experts are generally unanimous in assessing their importance. The most important criteria for the operation of automobiles on the AF are economic efficiency, traction and speed and other, different compared to the basic, the properties of automobiles while working on the AF. Other criteria are also quite important, the weights for them are much higher than 7%, and they also should be taken into account while conducting an in-depth analysis and synthesis of indicators of optimal operation of automobiles on the AF. In addition, it is important that the group of criteria that characterize only one type of automobile when working on the AF (for example, the degree of commissioning) experts gave only about 17% of the importance.

Key words: optimization, criteria, automobile, operation, alternative fuel.

Rudzinskyi Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), professor, lecturer of the highest category of Automobile Transport Department, e-mail: rudzinskyi@ukr.net.

Yemets Bohdan – Ph. D. (Eng.), lecturer of the highest category of Automobile Transport Department, e-mail: bogdan1199@ukr.net.

Melnychuk Serhii – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Automobile Transport, e-mail: sergij.m@ukr.net.

Ryabchuk Oleksandr – Ph. D. (Agricultural), lecturer guidance counselor of Automobile Transport Department, e-mail: nostradamus1969@ukr.net.

Tsymbal Serhii - PhD of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net.

В. В. Рудзинский¹
Б. В. Емец¹
С. В. Мельничук¹
О. П. Рябчук¹
С. В. Цымбал²

Критерии оптимальной эксплуатации автомобилей на альтернативных видах топлива

¹Житомирский агротехнический колледж

²Винницкий национальный технический университет

Предложен ряд критериев, которые обосновывают конструктивные и эксплуатационные показатели автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива: экономическую эффективность эксплуатации таких автомобилей, их экологосоответствие; уровень усложнения конструкции переоборудованных автомобилей; трудоемкость их технического обслуживания, ремонта и т. д.; тягово-скоростные и другие, отличающиеся по сравнению с базовыми, свойства автомобилей при работе на альтернативном топливе (АТ) энергоемкость и (или) себестоимость АТ; коэффициент полезного действия силовой установки и (или) автомобиля на АТ; степень внедрения в эксплуатацию (массовость производства) и дальнейшая перспектива развития конструкции подобных автомобилей; состояние поддержки на государственном (местном) уровне разработанных конструкций.

Осуществлено экспертную оценку принятых критериев в порядке их значимости. Наряду с анализом оценок, которые выставлены в баллах, использован метод ранжирования с целью исследования результатов опроса специалистов-экспертов. Это позволило применить значения установленных оптимальных критериев для обоснования эксплуатации автомобилей во время их работы на АТ.

Анализ корреляционной матрицы показал, что числовые оценки, выставленные принятым критериям, характеризуются высокой степенью корреляции, и специалисты-эксперты в целом единодушны в оценке их значимости. Важнейшими критериями эксплуатации автомобилей на АТ определено: экономическую эффективность эксплуатации, тягово-скоростные и другие, отличающиеся по сравнению с базовыми, свойства автомобилей при работе на АТ. Другие критерии также достаточно важные, коэффициенты весомости для них значительно выше 7 %, и они должны быть приняты во внимание при проведении глубокого анализа и синтеза показателей оптимальной эксплуатации автомобилей в АТ. Кроме того, важно, что группе критериев, характеризующих лишь один вид автомобиля при работе на АТ (например, степень внедрения в эксплуатацию) эксперты предоставили лишь около 17 % значимости.

Ключевые слова: оптимизация, критерии, автомобиль, эксплуатация, альтернативное топливо.

Рудзинский Владимир Васильевич – д-р. техн. наук, профессор, преподаватель высшей категории кафедры автомобильного транспорта, e-mail: rudzinskyi@ukr.net.

Емец Богдан Владимирович – канд. техн. наук, преподаватель высшей категории кафедры автомобильного транспорта, e-mail: bogdan1199@ukr.net.

Мельничук Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, e-mail: sergij.m@ukr.net.

Рябчук Александр Павлович – канд. сельхоз. наук, преподаватель-методист кафедры автомобильного транспорта, e-mail: nostradamus1969@ukr.net.

Цымбал Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net.