

УДК 629.113

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.19.989

## ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

БАЖИНОВ О. В.<sup>1\*</sup>, докт. техн. наук, проф.,  
КРАВЦОВ М. М.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1\*</sup> Кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М. Я. Говорущенка, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (099) 658-51-01, e-mail: [alexey.bazhinov@gmail.com](mailto:alexey.bazhinov@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-5755-8553

<sup>2</sup> Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (099) 205-56-57, e-mail: [super-mikvich@ukr.net](mailto:super-mikvich@ukr.net), ORCID ID: 0000-0002-3218-2182

**Анотація.** *Постановка проблеми* Наведеної теоретичні дослідження методів оцінювання показників якості електричних та гібридних автомобілів на етапі експлуатації. Важливі критерії оцінювання показників якості таких автомобілів на етапі експлуатації – функціональна стійкість, екологічність, комфорт, технічні рішення та безпека руху. *Мета роботи* – підвищення ефективності оцінювання показників якості автомобіля шляхом їх кількісного оцінювання на етапі експлуатації. *Метод* формування показника якості вирішує проблему перетворення багатокритеріальної задачі оцінки якості на однокритеріальну. *Методика* визначення індексу якості електричних та гібридних транспортних засобів дозволить підвищити екологічну безпеку автомобілів, яка може бути оцінена шляхом комплексного аналізу низки технічних та економічних проблем, включаючи закономірності утворення токсичних і канцерогенних речовин, техногенне забруднення атмосфери, дослідження паливних та екологічних показників двигунів та інші. Оцінювання якості екологічної безпеки автомобіля можливо значно спростити, якщо за базову норму стандарту (Євро-6) взяти викид оксиду азоту (NO<sub>x</sub>) 0,06 г/км для бензинових і 0,08 г/км для дизельних двигунів, а витрати палива прийняти за мінімальні. Безпека автомобіля також характеризується гальмівними якостями, габаритами і наявністю додаткових опцій, які забезпечують безпечні умови роботи водія. За загальний показник активної безпеки прийнято коефіцієнт гальмування, а за пасивну безпеку – кількість зірок, отриманих у рейтингу безпеки EuroNCAP Європейської програми випробувань на пасивну безпеку серійних легкових автомобілів. *Розроблено* методику практичної реалізації дослідження на основі оцінки показника якості залежно від середньої швидкості руху автомобіля та сформульовано основні методичні положення. *Висновок.* Установлено, що показник якості автомобіля суттєво залежить від умов експлуатації. Наведено поправкові коефіцієнти показника якості базових, гібридних та електричних залежно від умов їх експлуатації. Проведені дослідження та запропонований показник якості автомобіля надають своєчасну інформацію про особливості умов експлуатації, що створює необхідні умови та можливості для автовиробників щодо вдосконалення дизайну автомобіля, поліпшення іміджу бренду автомобіля та збільшення обсягів продажів. Зі збільшенням середньої швидкості автомобіля відбувається підвищення критерію комфортності для всіх типів автомобілів у 1,6–2 рази, критерій оцінки екологічної безпеки базових автомобілів знижується у 9–11 разів, а гібридних автомобілів збільшується у 8–10 разів.

**Ключові слова:** *автомобіль; електромобіль; гібридний автомобіль; метод; методика; якість*

## DETERMINING THE QUALITY INDEX OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES

BAZHYNOV O.V.<sup>1\*</sup>, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,  
KRAVTSOV M.M.<sup>2\*</sup>, Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof.

<sup>1\*</sup> M.Ya. Govoruschenko Department of Technical Operation and Service of Automobiles, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho St., Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 (099) 658-51-01, e-mail: [alexey.bazhinov@gmail.com](mailto:alexey.bazhinov@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-5755-8553

<sup>2</sup> Department of Metrology and Life Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho St., Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 (099) 205-56-57, e-mail: [super-mikvich@ukr.net](mailto:super-mikvich@ukr.net), ORCID ID: 0000-0002-3218-2182

**Abstract. Problem statement.** The article presents theoretical studies of methods for assessing the quality indicators of electric and hybrid cars at the operation stage. Important criteria for assessing the quality indicators of such vehicles during operation are functional stability, environmental friendliness, comfort, technical solutions and traffic safety. *The purpose of the article* is to improve the efficiency of assessing the quality indicators of a car by quantifying

them at the operation stage. **The method** of forming a quality indicator solves the problem of transforming a multi-criteria quality assessment task into a single-criteria one. **The methodology** for determining the quality index of electric and hybrid vehicles will improve the environmental safety of cars, which can be assessed by a comprehensive analysis of a number of technical and economic problems, including the patterns of toxic and carcinogenic substances' formation, man-made air pollution, research on fuel and environmental performance of engines, and others. Assessing the quality of a car's environmental safety can be greatly simplified if the standard (Euro 6) is based on nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) emissions of 0.06 g/km for gasoline and 0.08 g/km for diesel engines, and fuel consumption is assumed to be minimal. Vehicle safety is also characterized by braking performance, dimensions and the availability of additional options that ensure safe working conditions for the driver. The braking coefficient is taken as a general indicator of active safety, and the number of stars obtained in the EuroNCAP safety rating of the European program for testing the passive safety of serial passenger cars is taken as a passive safety indicator. **A methodology** for the practical implementation of the study based on the assessment of the quality indicator depending on the average speed of the car has been developed and the main methodological provisions have been formulated. **Conclusion.** It is established that the quality indicator of a car significantly depends on the operating conditions. The correction factors for the quality indicator of basic, hybrid and electric vehicles depending on their operating conditions are presented. The carried out research and the proposed car quality indicator provide timely information about the peculiarities of operating conditions, which creates the necessary conditions and opportunities for automakers to improve car design, improve the image of the car brand and increase sales. With an increase in the average speed of the car, the comfort criterion for all types of cars increases by 1.6–2 times, the criterion for assessing the environmental safety of basic cars decreases by 9–11 times, and hybrid cars, increases by 8–10 times.

**Keywords:** *car; electric car; hybrid car; method; technique, quality*

## Вступ

Наразі вибір автомобіля ускладнюється тим, що він здійснюється в умовах дефіциту інформації через закриття експлуатаційних відмов сервісними підприємствами; обмеженості та значною мірою рекламного характеру інформації, що надається виробниками; відсутності централізованого банку, що містить об'єктивну інформацію про фактичні показники техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів; складності зіставлення інформації, отриманої з різних джерел тощо. Слід ураховувати, що автомобілі певного призначення мають різні властивості залежно від зовнішніх умов, у яких вони експлуатуються.

Наявність специфічних властивостей автомобілів дозволяє використовувати їх в умовах, у яких застосування іншої моделі автомобіля менш доцільне. Визначення техніко-експлуатаційних властивостей і якості автомобілів у цілому дозволяє вибрати той з них, який найбільшою мірою відповідає вимогам користувача для даних умов експлуатації, і дає можливість розробити оптимальні методи підтримки в процесі експлуатації властивостей, закладених під час проектування і виготовлення автомобілів. Ця обставина особливо важлива для вибору або

придбання автомобіля з метою експлуатації в Україні.

Відсутність якісних автомобілів українського виробництва – одна з основних причин низької конкурентоспроможності транспортних засобів. Якість автомобілів визначається низкою показників, що характеризують вагові та габаритні параметри, паливну економічність, продуктивність, маневреність, надійність, безпеку, вартість тощо. Таким чином, проблема оцінення та вибору автомобіля користувачем на етапі експлуатації не повністю вирішена, що визначає актуальність даної теми.

**Мета роботи** – підвищення ефективності оцінювання показників якості автомобіля шляхом їх кількісної оцінки на етапі експлуатації.

З аналізу літературних джерел встановлено, що сучасний стан ринку та оновлення структури пасажирських вагонів на етапі експлуатації зумовлюють необхідність комплексного підходу до оцінення показників якості з метою вибору кращої альтернативи [1–4]. Визначаючи ступінь відповідності пасажирських вагонів умовам експлуатації та очікуванням споживачів, необхідно враховувати великий перелік техніко-експлуатаційних властивостей, що відображаються сукупністю та якістю параметрів. Проведено

огляд існуючих досліджень з аналізу методів оцінення якості автомобілів, які не дозволяють повною мірою та об'єктивно врахувати сукупність показників, що зумовлюють необхідність їх удосконалення.

### Результати дослідження Індексу якості

Для оцінення індексу якості автомобіля розроблено показники ефективності. Важливими критеріями оцінки показників якості автомобіля на етапі експлуатації вважаються функціональна стійкість, екологія, комфорт, технічні рішення та безпека руху. Якість автомобіля з урахуванням рівня його функціональної стійкості та енергоємності на етапі експлуатації оцінюється з позиції частоти технічних впливів, енергоспоживання та витрат на технічне обслуговування і ремонт. Критерій, що оцінює функціональну стабільність показників якості, для:

– базового автомобіля:

$$K_H = \frac{0,079 N_{max} \cdot g_{emin} \cdot C_T \cdot L_{ГАР}}{C_{авт} \cdot \rho_T \cdot V_a} = \frac{A}{V_a}, \quad (1)$$

$$A = \frac{0,079 N_{max} \cdot g_{emin} \cdot C_T \cdot L_{ГАР}}{C_{авт} \cdot \rho_T}; \quad (2)$$

– гібридного автомобіля:

$$K_H = \frac{20 N_{max} \cdot g_{emin} \cdot C_T \cdot L_{ГАР}}{C_{авт} \cdot \rho_T \cdot V_{max} \cdot V_a} = \frac{C}{V_a}, \quad (3)$$

$$C = \frac{20 N_{max} \cdot g_{emin} \cdot C_T \cdot L_{ГАР}}{C_{авт} \cdot \rho_T \cdot V_{max}}; \quad (4)$$

– електромобіля:

$$K_H^e = \frac{2,7 E_{АКБ} \cdot C_e \cdot L_{ГАР} \cdot V_{max}}{C_{авт} \cdot L_3 \cdot V_a} = \frac{B}{V_a}, \quad (5)$$

$$B = \frac{2,7 E_{АКБ} \cdot C_e \cdot L_{ГАР} \cdot V_{max}}{C_{авт} \cdot L_3}, \quad (6)$$

де  $N_{max}$  – максимальна потужність двигуна, кВт;  $g_{emin}$  – мінімальне значення питомої витрати палива, г/кВт-год.;  $C_T$  – вартість одного літра пального, грн;  $L_{ГАР}$  – гарантований пробіг автомобіля, км;  $C_{авт}$  – вартість нового автомобіля, грн;  $\rho_T$  – питома вага пального, кг/л;  $V_a$  – швидкість, км/год.;  $E_{акб}$  – ємність акумуляторної батареї, кВт-год.;  $C_e$  – вартість однієї кВт-

год., грн;  $L_3$  – запас ходу, км;  $V_{max}$  – максимальна швидкість, км/год.

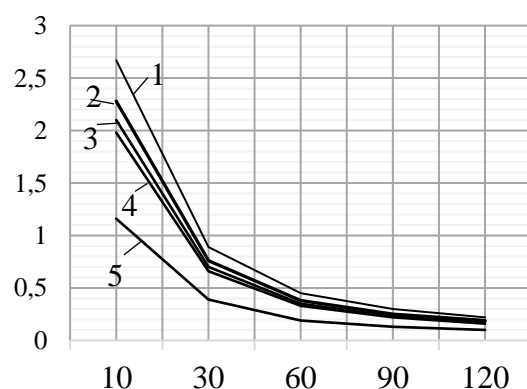
З наведених рівнянь випливає, що для конкретного автомобіля критерій функціональної стійкості оцінки показників якості не буде постійною величиною.

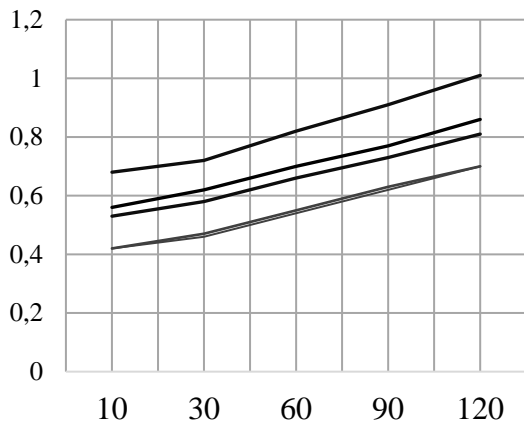
У період динамічного зростання висококонкурентного автомобільного ринку рівень комфорту як водія, так і пасажирів постійно підвищується. Це досягається шляхом удосконалення конструкції автомобіля, тобто розмірів пасажирського салону, багажника, колісної доріжки та колісної бази, а також рівня шуму та температури в пасажирському салоні. Отже, критерій показників якості комфорту можна визначити з рівняння:

$$K_{\Phi} = \frac{L_6 \cdot K_k \cdot Y_{ш}}{128 L_k}, \quad (7)$$

де  $L_6$ ,  $L_k$  – відповідно база та колія коліс автомобіля, м;  $K_k$  – коефіцієнт, що враховує наявність кондиціонера,  $K_k = 0,9$ ,  $K_k$  – коефіцієнт, що враховує наявність клімат-контролю,  $K_k = 0,8$ ;  $Y_{ш}$  – рівень шуму в салоні під час руху автомобіля, для автомобілів з двигуном  $z = 40$  дБ, а для електромобілів та гібридів  $z = 30$  дБ, постійний коефіцієнт = 0,2 дБ-год./км.

На рисунку 1 показано зміну критеріїв оцінки якості функціональної стійкості та комфорту базового автомобіля, гібриду та електромобіля залежно від середньої швидкості руху.





1 – Lanos Sens; 2 – Mitsubishi Lancer; 3 – Chevrolet Aveo; 4 – Toyota Prius; 5 – Nissan Leaf

Рис. 1. Зміна критерію функціональної стійкості ( $K_p$ ) що комфорт базового автомобіля ( $K_F$ ), гібрида та електромобіля залежно від швидкості руху

Екологічна безпека автомобілів може бути оцінена шляхом комплексного аналізу низки технічних та економічних проблем, включаючи закономірності утворення токсичних і канцерогенних речовин, техногенне забруднення атмосфери, дослідження паливних та екологічних показників двигунів та інші. Сумарний критерій токсичності – це багатовимірний вектор, який важко виразити одним числом. Так, оцінення якості екологічної безпеки автомобіля можна значно спростити, якщо за базову норму стандарту (Євро-6) взяти викид оксиду азоту ( $NO_x$ ) 0,06 г/км для бензинових і 0,08 г/км для дизельних двигунів, а витрату палива прийняти за мінімальну. Тоді розрахункові вирази для визначення якості екологічної безпеки можна записати як для автомобілів із двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) (7), так і для гібридних автомобілів (8):

$$K_e = \frac{0,0033 H_{л.min} \cdot V_{max}}{K_{NO_x} \cdot V_a}, \quad (8)$$

де  $K_{NO_x}$  – допустима норма оксиду азоту за стандартом (Євро-6), г/км;  $H_{л.min}$  – мінімальна витрата палива автомобілем, л/100 км.

$$K_e^r = \frac{0,0275 H_{л.min} \cdot N_e \cdot V_a}{K_{NO_x} \cdot V_{max} \cdot N_{max}}, \quad (9)$$

де  $N_e$  – потужність електродвигуна, кВт;  $N_{max}$  – потужність двигуна, кВт.

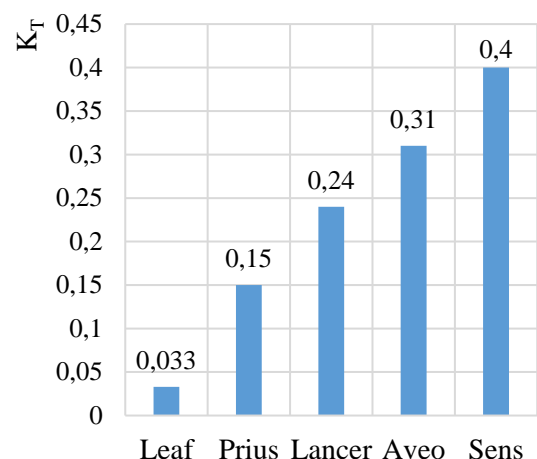
Безпека автомобіля характеризується гальмівними якостями, габаритами і наявністю додаткових опцій, що гарантують безпечні умови роботи водія. За загальний показник активної безпеки прийнято коефіцієнт гальмування, а за пасивну безпеку – кількість зірок, отриманих у рейтингу безпеки EuroNCAP Європейської програми випробувань на пасивну безпеку серійних легкових автомобілів. Таким чином, критерій оцінки показників якості безпеки дорожнього руху визначається наступним рівнянням:

$$K_6 = \frac{1,8 S_T}{n_3 \cdot S_{Tmin}}, \quad (10)$$

де  $n_3$  – кількість зірок, отриманих в оціночному рейтингу краш-тесту;  $S_T$  – гальмівний шлях на швидкості 100 км/год., м;  $S_{Tmin}$  – найменший гальмівний шлях серед усіх протестованих автомобілів, м.

Критерій якості технічних рішень визначається на основі аналізу значень показників аналогів, що відображають кращі світові тенденції їх розвитку. До значень показників для оцінення якості технічних рішень автомобіля належать витрата палива, маса автомобіля, час розгону до 100 км/год., максимальна швидкість.

Зміна критерію оцінки показників якості технічних рішень та критерію безпеки руху транспортних засобів показана на рисунку 2.



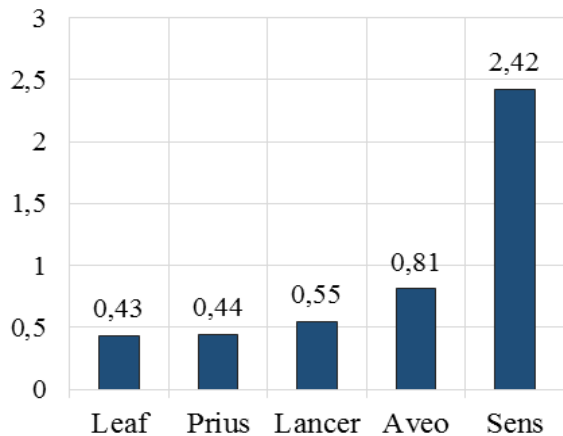


Рис. 2. Зміна критерію безпеки руху та критерію якості технічних рішень для марок автомобілів

Критерієм оцінки показників якості технічних рішень для базових автомобілів та гібриду визначено:

$$K_T = \frac{0,036H_{\min} \cdot t_p \cdot \rho_T \cdot V_{\max}}{G_a}, \quad (11)$$

– для електромобілів:

$$K_T^e = \frac{0,324E_{\text{АКБ}} \cdot t_p \cdot \rho_T \cdot V_{\max}}{L_3 \cdot G_a}, \quad (12)$$

де  $G_a$  – маса автомобіля, кг;  $t_p$  – час розгону з 0 до 100 км/год.

Проблему перетворення багатокритеріальної задачі оцінки якості на однокритеріальну можна вирішити методом формування інтегрального показника [5; 6].

З рівняння випливає, що чим менший інтегральний критерій, тим вища якість автомобіля. Отже, математична модель інтегрального критерію оцінки якості автомобілів з урахуванням середньої швидкості руху матиме такий вигляд:

– для базових автомобілів:

$$K_I = F + Z(40 + 0,2 \cdot V_a) + (A + D) / V_a \quad (13)$$

де

$$F = \left[ \left( \frac{1,8S_T}{S_{T\min} \cdot n_3} \right) + \frac{0,036H_{\min} \cdot t_p \cdot \rho_T \cdot V_{\max}}{G_a} \right] \quad (14)$$

$$Z = \frac{L_6 \cdot K_k}{128L_k} \quad (15)$$

$$A = \frac{0,079N_{\max} \cdot g_{\min} \cdot C_T \cdot L_{\text{ГАР}}}{C_{\text{авт}} \cdot \rho_T} \quad (16)$$

$$D = \frac{0,0033H_{\text{л min}} \cdot V_{\max}}{K_{\text{NO}_x}}; \quad (17)$$

– для гібридних автомобілів:

$$K_I^r = F + Z(30 + 0,2V_a) + \frac{C}{V_a} + D_r \cdot V_a \quad (18)$$

$$D_r = \frac{0,0275H_{\text{л min}} \cdot N_e}{K_{\text{NO}_x} \cdot V_{\max} \cdot N_{\max}}; \quad (19)$$

– для електромобілів:

$$K_I^e = F_e + Z(30 + 0,2V_a) + \frac{B}{V_a}, \quad (20)$$

$$B = \frac{2,7E_{\text{АКБ}} \cdot C_e \cdot L_{\text{ГАР}} \cdot V_{\max}}{C_{\text{авт}} \cdot L_3} \quad (21)$$

$$F_e = \left[ \frac{1,8S_T}{S_{T\min} \cdot n_3} + \frac{0,324E_{\text{АКБ}} \cdot t_p \cdot V_{\max}}{G_a \cdot G_3} \right]. \quad (22)$$

На рисунку 3 наведено зміну інтегрального показника якості від середньої швидкості та критерію оцінки показників якості технічних рішень моделей автомобілів.

У роботі розглянуто нові можливості підвищення ефективності використання автомобілів за результатами дослідження методів оцінення якісних показників на етапі експлуатації. Методологія практичного виконання дослідження базується на оцінці якісних показників автомобілів на етапі експлуатації середньої швидкості за критеріями безпеки руху, технічних рішень, екологічності, комфорту та функціональної стійкості, а також на тому як сформульовано основні методичні принципи [7–9].

Інтегральний критерій оцінки якісних показників автомобіля суттєво залежить від умов експлуатації. У таблиці 1 наведено поправкові коефіцієнти інтегрального критерію для базових, гібридних та електромобілів залежно від умов експлуатації.

Таблиця 1

**Коефіцієнти поправки на інтегральний критерій оцінки показників якості від умов експлуатації**

Група умов експлуатації	Середня швидкість автомобіля	Інтегральний показник якості автомобіля		
		база	гібрид	електрокар
I	100	1,00	1,00	1,00
II	80	1,10	0,95	1,00
III	60	1,40	0,90	0,95
IV	30	1,50	1,00	1,05
V	20	2,25	1,40	1,60

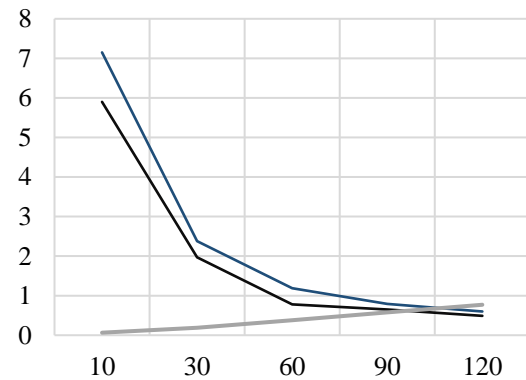
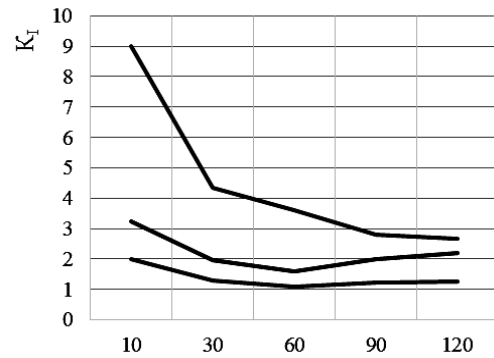
На інтегральний критерій оцінки показників якості автомобіля найбільше впливає швидкість руху. Зі збільшенням швидкості від 20 до 100 км/год. інтегральний критерій оцінки якісних показників автомобілів знижується більш ніж удвічі, гібридних та електромобілів – у 1,5–1,6 раза. Тому проблемі підвищення швидкості для автомобілів необхідно приділити особливу увагу. Швидкість – це резерв, який може істотно підвищити продуктивність автомобілів.

Таблиця 2

**Результати комплексної оцінки показників якості**

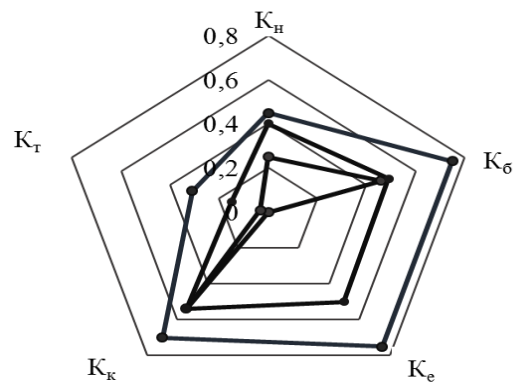
№	Найменування критеріїв	Позначення	Модель автомобіля		
			Chevrolet Aveo	Nissan Liac	Toyota Prius
1	Функціональна стабільність	$K_n$	0,45	0,25	0,4
2	Безпека руху	$K_b$	0,75	0,46	0,49
3	Екологічність	$K_e$	0,75	-	0,5
4	Комфорт	$K_k$	0,7	0,54	0,54
5	Технічні рішення	$K_t$	0,31	0,033	0,15
6	Інтегральний критерій	$K_i$	2,96	1,28	2,08

Інтегральна оцінка показників якості та конкурентоспроможності отримана на основі підходів та математичних моделей, описаних у [10; 11]. Найкраща альтернатива (легковий автомобіль) повинна відповідати мінімальному значенню інтегрального критерію якості. Кінцеві результати моделювання та розрахунків дозволили оцінити показники якості розглянутих базових, гібридних та електромобілів за обраними критеріями, а також отримати загальну інтегральну оцінку якості автомобілів, представлених у таблиці 2 і на рисунку 3.



1 – Chevrolet Aveo; 2 – Toyota Prius; 3 – Nissan Leaf; 4 – Mitsubishi Lancer

Рис. 3. Зміна інтегрального показника якості та критерію екологічної безпеки від середньої швидкості автомобіля



1 – Chevrolet Aveo; 2 – Toyota Prius; 3 – Nissan Leaf  
Рис. 4. Зміна інтегрального показника якості від середньої швидкості для моделей транспортних засобів

На рисунку 4 добре видно, за якими наборами показників електричні та гібридні автомобілі перевершують базові автомобілі.

Практичне впровадження результатів, отриманих у процесі цього дослідження, забезпечує такі основні можливості та умови:

1) для автовиробників та їх дилерів: оперативне отримання інформації про особливості експлуатації автомобілів і

розроблення заходів щодо вдосконалення конструкцій автомобілів; підвищення іміджу марки автомобіля; збільшення продажів;

2) для споживачів транспортних засобів: можливість порівняльної узагальненої оцінки; придбання якісного автомобіля; формування та пред'явлення вимог до виробників автомобілів щодо вдосконалення конструкції та комплектуючих.

### Висновки

1. Здійснено узагальнення та розвиток наукових основ актуального та важливого науково-технічного завдання щодо розроблення науково-методичного апарату оцінки якості автомобілів, що стало основою концепції визначення взаємозв'язків, розроблено математичні моделі і методи оцінювання та забезпечення якості на етапі експлуатації.

2. Зі збільшенням середньої швидкості автомобіля відбувається підвищення критерію комфортності для всіх типів автомобілів у 1,6–2 рази, критерій оцінки екологічної безпеки базових автомобілів знижується у 9–11 разів, а гібридних автомобілів збільшується у 8–10 разів.

За максимальної середньої швидкості критерії оцінки екологічної безпеки базових і гібридних автомобілів рівні. Критерій оцінки функціональної стійкості базових, гібридних та електромобілів зі збільшенням середньої швидкості знижується в 10–11 разів. Але слід зазначити, що критерій оцінки якості функціональної стійкості базових автомобілів в 1,3–1,5 раза вищий, ніж гібридних автомобілів, і в 1,8–2,0 рази більший, ніж електромобілів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Суріков С. А., Двадненко В. Я., Бажинов О. В., Смирнов О. П., Суріков С. А., Двадненко В. Я. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика. За ред. Бажинова О. В. Харків : ХНАДУ, 2011. 236 с.
2. Бажинов А. В., Двадненко В. Я., Серіков С. А. Підвищення ефективності та екологічної безпеки транспортних засобів з гібридними силовими установками. Наукові нотатки ЛНТУ : міжвуз. зб. наук. пр. 2010. Вип. 28. С. 40–45.
3. Заятров А., Козловський А. Програмний комплекс для вимірювання експлуатаційної надійності електрообладнання автомобілів. Науковий пошук у сучасному світі: теоретичні засади та інноваційний підхід. Флорида, США, L&L Publishing, 2012. С. 101–103.
4. Строганов В. І., Козловський В. Н. Концепція забезпечення якості та надійності електромобілів і транспортних засобів з гібридною силовою установкою. *Електроніка та електрообладнання транспорту*. 2012. № 5. С. 49–55.
5. Бажинов А. В., Бажинова Т. А., Кравцов М. Н. Основи ефективного використання екологічно чистих автомобілів : монографія. Харків : ФОП Панов А. М., 2018. 200 с.
6. Побережний В. Н., Ременцов А. Н., Зенченко В. А. Методичний підхід до комплексної оцінки техніко-експлуатаційних властивостей імпортованих вантажних автомобілів, що працюють в умовах Крайньої Півночі. *Проблеми технічної експлуатації та автосервісу рухомого складу автомобільного транспорту*. 2005. С. 16–20.
7. Островцев А. Н., Кузнецов Е. С., Румянцев С. І. Критерії оцінки та управління якістю транспортних засобів на стадіях проектування, виробництва та експлуатації. Москва : МАДІ, 1981. 95 с.
8. Борисенко А. О., Бажинова Т. О. Експлуатація потужності гібридних автомобілів : монографія. Харків : ФОП Бровін О. В., 2016. 104 с.
9. Бажинова Т. О., Нечитайло Ю. А., Весела М. А. Енергетична оцінка транспортних засобів. *Науковий вісник Національного університету*. 2016. № 6 (156). С. 84–88.
10. Смирнов О. П., Бажинова Т. О., Весела М. А. Обґрунтування раціональних техніко-економічних параметрів гібридного автомобіля. *Автоматизація, програмне забезпечення та інженерія*. №. 1 URL : <http://asdej.xyz/substantiation-of-rational-technical-economic-parameters-of-hybrid-car/> 2017.
11. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А. та ін. Гібридні автомобілі : монографія. За заг. ред. Бажинова О. В., Смирнова О. П. Харків : ХНАДУ, 2008. 327 с.
12. Kia очолила рейтинг якості електроенергії J.D. на тлі потрясінь. AutoNews. J.D. Power and Associates. URL: <http://www.autonews.com/article/20170621/OEM01/170629948/2017-j-d-power-iqs-kia>.

## REFERENCES

1. Bazhynov O.V., Smirnov O.P., Surikov S.A., Dvadenko V.Y., Bazhynov O.V., Smirnov O.P., Surikov S.A. and Dvadenko V.Ya. *Synerhetychnyy avtomobil'. Teoriya i praktyka* [Synergetic car. Theory and Practice]. Edited by O.V. Bazhynov. Kharkiv: KHNADU, 2011, 236 p. (in Ukrainian).
2. Bazhynov A.V., Dvadenko V.Ya. and Serikov S.A. *Pidvyshchennya efektyvnosti ta ekolohichnoyi bezpeky transportnykh zasobiv z hibrydnymy sylovymy ustanovkamy* [Increasing the efficiency and environmental safety of vehicles with hybrid power plants]. *Naukovi notatky LNTU : mizhvuz. zb. nauk. pr.* [Scientific notes of LNTU : interuniversity collection of scientific papers]. 2010, iss. 28, pp. 40–45. (in Ukrainian).
3. Zayatrov A. and Kozlovsky A. *Prohramnyy kompleks dlya vymiryuvannya ekspluatatsiyoi nadiynosti elektroobladnannya avtomobiliv. Naukovyy poshuk u suchasnomu sviti: teoretychni zasady ta innovatsiynyy pidkhid* [Software complex for measuring the operational reliability of electrical equipment of cars. Scientific research in the modern world: theoretical foundations and innovative approach]. Florida, USA, L&L Publishing, 2012, pp. 101–103. (in Ukrainian).
4. Stroganov V.I. and Kozlovskiy V.N. *Kontseptsiya zabezpechennya yakosti ta nadiynosti elektromobiliv i transportnykh zasobiv z hibrydnoyu sylovoyu ustanovkoyu. Elektronika ta elektroobladnannya transportu* [The concept of ensuring the quality and reliability of electric vehicles and vehicles with a hybrid power plant. Electronics and electrical equipment of transport]. 2012, no. 5, pp. 49–55. (in Ukrainian).
5. Bazhynov A.V., Bazhynova T.A. and Kravtsov M.N. *Osnovy efektyvnoho vykorystannya ekolohichno chystykh avtomobiliv : monohrafiya* [Fundamentals of effective use of environmentally friendly cars : monograph]. Kharkiv : Panov A.M., Kharkiv, 2018, 200 p. (in Ukrainian).
6. Poberezhnyi V.N., Rementsov A.N. and Zenchenko V.A. *Metodychnyy pidkhid do kompleksnoyi otsinky tekhniko-ekspluatatsiynyykh vlastyvostey importnykh vantazhnykh avtomobiliv, shcho pratsyuyut' v umovakh Krayn'oyi Pivnochi* [Methodical approach to a comprehensive assessment of the technical and operational properties of imported trucks operating in the Far North]. *Problemy tekhnichnoyi ekspluatatsiyi ta avtoservisu rukhomoho skladu avtomobil'noho transportu* [Problems of technical operation and car service of rolling stock of road transport : Collection of scientific works]. 2005, pp. 16–20. (in Ukrainian).
7. Ostrovtshev A.N., Kuznetsov E.S. and Rummyantsev S.I. *Kryteriyy otsinky ta upravlinnya yakisty transportnykh zasobiv na stadiyakh proektuvannya, vyrobnytstva ta ekspluatatsiyi* [Criteria for assessing and managing the quality of vehicles at the stages of design, production and operation]. Moscow : MADI, 1981, 95 p. (in Ukrainian).
8. Borysenko A.O. and Bazhynova T.O. *Ekspluatatsiya potuzhnosti hibrydnykh avtomobiliv : monohrafiya* [Operation of the power of hybrid cars : monograph]. Kharkiv : FOP Brovin O.V., 2016, 104 p. (in Ukrainian).
9. Bazhynova T.O., Nechytailo Y.A. and Vesela M.A. *Enerhetychna otsinka transportnykh zasobiv* [Energy assessment of vehicles]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu* [Scientific Bulletin of the National University]. 2016, no. 6 (156), pp. 84–88.
10. Smirnov O.P., Bazhinova T.O. and Vesela M.A. *Obgruntuvannya ratsional'nykh tekhniko-ekonomichnykh parametriv hibrydnoho avtomobilya* [Substantiation of rational technical and economic parameters of a hybrid car]. *Avtomatyzatsiya, prohramne zabezpechennya ta inzheneriya* [Automation, Software and Engineering]. Vol. 1. URL: <http://asdej.xyz/substantiation-of-rational-technical-economic-parameters-of-hybrid-car/2017>.
11. Bazhynov O.V., Smirnov O.P., Serikov S.A. et al. *Hibrydni avtomobili: monohrafiya* [Hybrid cars : a monograph]. Kharkiv : KhNADU, 2008, 327 p. (in Ukrainian).
12. *Kia ocholyla reytnykh yakosti elektroenerhiyi J.D. na tli potryasin'. AutoNews. J.D. Power and Associates* [Kia topped J.D. Power Quality Rating amid turmoil. AutoNews. J.D. Power and Associates]. URL: <http://www.autonews.com/article/20170621/OEM01/170629948/2017-j-d-power-iqs-kia>.

Надійшла до редакції: 03.09.2023.