

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**БАЖИНОВА ТЕТЯНА ОЛЕКСІВНА**

УДК 629.113

**ОЦІНКА АВТОМОБІЛІВ ЗА РАХУНОК  
ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ  
НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація  
та ремонт засобів транспорту

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, доцент  
**Смирнов Олег Петрович**  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри автомобільної електроніки.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Шаша Ігор Константинович**  
Національна академія Національної гвардії,  
м. Харків, професор кафедри експлуатації автомобілів і бойових машин;

кандидат технічних наук, доцент  
**Сергієнко Микола Єгорович,**  
Національний технічний університет НТУ «ХП»,  
м. Харків, професор кафедри автомобіле-  
та тракторобудування.

Захист відбудеться «21» березня 2018 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Автореферат розісланий «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

І.С. Наглюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день вибір легкового автомобіля ускладнено, оскільки проводиться в умовах дефіциту інформації, що пояснюється: незадовільною роботою системи випробувань автомобілів в Україні; закритістю експлуатаційних відмов сервісними підприємствами; обмеженістю і, в значній мірі, рекламним характером інформації, що надається заводами-виготовлювачами; відсутністю централізованого банку, що містить об'єктивну інформацію за фактичними показниками техніко-експлуатаційних властивостей автомобілів; складністю зіставлення інформації, що отримується з різних джерел та ін. При цьому слід враховувати, що легкові автомобілі, що мають певні призначення, мають різні властивості залежно від зовнішніх умов, в яких вони використовуються.

Наявність специфічних властивостей легкових автомобілів дозволяє використовувати їх в умовах, при яких застосування іншої моделі автомобіля є менш доцільним. Визначення техніко-експлуатаційних властивостей та якості автомобілів в цілому дозволяє вибирати той, який найкращим чином відповідає вимогам користувача для даних умов експлуатації, дає можливість розробляти оптимальні методи підтримки в експлуатації властивостей, закладених при проектуванні і виробництві автомобілів. Ця обставина особливо важлива при виборі або придбанні легкового автомобіля для експлуатації в умовах України.

Відсутність якісних легкових автомобілів, вироблених в Україні, є однією з основних причин низької конкурентоспроможності автотранспортних засобів. Якість легкових автомобілів визначається рядом показників характеризують вагові та габаритні параметри, паливну економічність, продуктивність, маневреність, прохідність, надійність, безпека, вартість та інше. Таким чином, проблема оцінки і вибору користувачем легкового автомобіля на етапі експлуатації вирішена не повністю, що визначає актуальність даної теми.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Робота виконана відповідно до «Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період і до 2020 року», затверджений наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 8 січня 2008 року.

Наукові положення, розробки, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, використані для виконання господарсько-договірних та держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України:

– «Модернізація автомобіля ЗАЗ у гібридний варіант» (2015–2016 рр.) № державної реєстрації 0115U003266;

– «Моделювання режимів роботи гібридної силової установки для транспортних засобів» (04.2013–06.2013), № державної реєстрації 0113U007635;

– «Розроблення тягового електропривода для легкових автомобілів» (12.2013–11.2014 рр.), № державної реєстрації 0115U002659.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності оцінки показників якості автомобілів за рахунок кількісної їх оцінки на етапі експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- аналіз аналітичних залежностей визначення показників якості легкових автомобілів на етапі експлуатації;

- теоретичні обґрунтування кількісної оцінки інтегрального показника якості транспортних засобів.

- системний відбір показників виконати на диференційованому і інтегральному рівнях оцінки якості легкових автомобілів на етапі експлуатації.

- встановлення закономірностей зміни показників якості легкових автомобілів, що враховують технічний стан автомобілів, зовнішні умови експлуатації і рівень науково-технічних рішень в їх конструкції.

**Об'єкт дослідження** – процес визначення показників якості автомобілів на етапі експлуатації.

**Предмет дослідження** – методи визначення якості автомобілів на етапі експлуатації.

**Методи дослідження.** Вирішення поставленої задачі забезпечується використанням системного підходу та раціонального поєднання теоретичних і експериментальних досліджень, узагальнення та аналізу відомих наукових результатів, а також використання математичного моделювання, математичної статистики, вперше розроблених спеціальних методик.

Експериментальні дослідження реалізовано з використанням діагностично-вимірювального комплексу, адаптованого для оцінювання технічного стану легкових автомобілів. Для оцінювання параметрів якості легкових автомобілів застосовано методи натурних випробувань.

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

У дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-прикладне завдання, що створює умови для ефективного використання транспортних засобів за рахунок удосконалення методу оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації.

**Наукова новизна** визначається такими положеннями:

*вперше одержано:*

- методи визначення показників якості автомобілів на етапі експлуатації, які на відміну від відомих, оцінюють легкові автомобілі за енергетичними параметрами;

- отримано закономірності оцінки показників якості легкових автомобілів від енергетичних параметрів, які на відміну відомих, формують систему методичних аспектів раціонального вибору автомобілів на етапі експлуатації.

*удосконалено:*

- методику оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації, яка на відміну відомих, враховує середню швидкість руху при раціональному

виборі варіанта придбання та ефективного використання при заданих умовах експлуатації;

*набули подальшого розвитку:*

– експериментальні дослідження оцінки показників якості автомобілів, які на відміну відомих, враховують середню швидкість руху та рівень науково-технічних рішень на етапі експлуатації.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що отримані наукові результати становлять єдиний комплекс досліджень (концепція, принципи, критерії, методи та математичні моделі), запропонована система методичних аспектів використання розроблених методів оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації. Система включає математичні моделі оцінки показників якості легкових автомобілів на етапі експлуатації і дозволяє виконати інтегральну і диференціальну оцінку показників якості автомобілів, яка враховує рівень науково-технічних рішень на етапі експлуатації, а також обґрунтовано вибір раціонального варіанту рухомого складу користувачем. Методологічні основи розрахунку доцільно реалізувати в додатках смартфонів та планшетів. Програма, згідно з технічними характеристиками легкового автомобіля і умов експлуатації, розраховує оцінку показників його якості на етапі експлуатації.

Результати наукових досліджень викладено у методичних і практичних рекомендаціях, що застосовуються у виробничій діяльності ТОВ Науково-виробничого підприємства «КАРСИС», ТОВ «ІНТЕРСТИЛ», ТОВ «РЕАЛ», а також у навчальному процесі підготовки бакалаврів, магістрів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка».

**Особистий внесок здобувача.** Всі наукові положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно та викладено у роботах [1-22]. Роботи [2, 7–8, 10–14, 17–20, 22] опубліковані без співавторів. У колективній монографії [1] автором написані підрозділи 10–12. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: розробка інтегрального критерію оцінки якості гібридних силових установок [4, 17]; оцінка якості технічних рішень електрохімічної системи електромобіля [13]; визначено залежність якості конструктивних параметрів автомобіля на кількість дорожньо-транспортних пригод [6]; залежності для оцінювання параметрів надійності на технічний стан автомобілів [9, 18]; постановка задачі та обробка результатів [15]; залежності для оцінювання якості гібридних автомобілів та електромобілів від умов експлуатації [16]; підходи для оцінювання екологічності легкових автомобілів [21].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи виголошено й ухвалено на конференціях: Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації» (м. Харків, 2014 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Шляхи забезпечення якості підготовки фахівців транспортної галузі» (м. Харків, 2015 р.); I–IV Міжнародні науково-технічні конференції

«Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика» (м. Херсон, 2014–2017 рр.); Міжнародна науково-практична заочна конференція студентів і молодих вчених вищих технічних навчальних закладів «Інтеграційні процеси та інноваційні технології. Досягнення і перспективи технічних наук» (іноземними мовами) (м. Харків, 2015 р.); IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» (м. Харків, 2015 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології і інновації на транспорті» (м. Харків, 2015 р.); III Міжнародна науково-практична конференція «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (м. Харків, 2017 р.).

**Публікації.** Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно і повністю опубліковані в 22 наукових роботах. Серед них 1 монографія, 7 статей, що входять до фахових видань України та до міжнародних наукометричних баз (зокрема в електронних виданнях – 1 стаття), 1 стаття опублікована у закордонному виданні. За матеріалами досліджень опубліковано 13 тез у збірниках доповідей міжнародних наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Дисертація складає 181 сторінку, у тому числі додаток на 18 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 133 сторінки, 45 рисунків, 15 таблиць. Список використаних джерел складає 108 найменування на 12 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи; обґрунтовано актуальність теми; сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження; описано застосовані методи дослідження та зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами; визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів; надано інформацію про апробацію та публікацію результатів дисертаційних досліджень.

У **першому** розділі проведено аналіз літературних джерел, що стосується задачі, дослідженої в дисертаційній роботі. Встановлено, що сучасний стан розвитку ринку і оновлення структури легкових автомобілів на етапі експлуатації зумовлюють необхідність комплексного підходу до оцінки показників якості з метою найкращої альтернативи. Ступінь відповідності легкових автомобілів умовам експлуатації та очікуванням споживача необхідно враховувати великий перелік техніко-експлуатаційних властивостей, що відображаються через сукупність та якісність параметрів. Виконано огляд існуючих досліджень стосовно аналізу методів оцінки якості автомобілів, які не дозволяють в повній мірі комплексно та об'єктивно враховувати всю сукупність показників, що зумовлюють необхідність їх вдосконалення. За результатами першого розділу сформульовано завдання дослідження.

Другий розділ роботи присвячено теоретичним дослідженням методів оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації. Для оцінки якості автомобілів розроблені експлуатаційні показники. Важливими критеріями оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації є функціональна стабільність, екологія, комфорт, технічні рішення, безпека руху.

Якість автомобіля з урахуванням його рівня функціональної стабільності та енергоємності на етапі експлуатації оцінюється з позиції періодичності виконання технічних впливів, енерговитрат і вартості робіт по технічному обслуговуванню та ремонту. Критерій, який оцінює функціональну стабільність показників якості складає для:

– базового автомобіля

$$K_H = \frac{0,079N_{\max} \cdot g_{e\min} \cdot C_T \cdot L_{\Gamma AP}}{C_{\text{авт}} \cdot \rho_T \cdot V_a} = \frac{A}{V_a}, \quad (1)$$

$$A = \frac{0,079N_{\max} \cdot g_{e\min} \cdot C_T \cdot L_{\Gamma AP}}{C_{\text{авт}} \cdot \rho_T}; \quad (2)$$

– гібридного автомобіля

$$K_H = \frac{20N_{\max} \cdot g_{e\min} \cdot C_T \cdot L_{\Gamma AP}}{C_{\text{авт}} \cdot \rho_T \cdot V_{\max} \cdot V_a} = \frac{C}{V_a}, \quad (3)$$

$$C = \frac{20N_{\max} \cdot g_{e\min} \cdot C_T \cdot L_{\Gamma AP}}{C_{\text{авт}} \cdot \rho_T \cdot V_{\max}}; \quad (4)$$

– електромобіля

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

$$F = \left[ \left( \frac{1,8S_T}{S_{T\min} n_3} \right) + \frac{0,036H_{\text{лmin}} \cdot t_p \cdot \rho_T \cdot V_{\max}}{G_a} \right] \quad (6)$$

де  $N_{\max}$  – максимальна потужність двигуна, кВт;

$g_{e\min}$  – мінімальне значення питомої витрати палива, г/кВт·год.

$C_T$  – вартість одного літра палива, грн;

$L_{\Gamma AP}$  – гарантійний пробіг автомобіля, км;

$C_{\text{авт}}$  – вартість нового автомобіля, грн;

$\rho_T$  – питома вага палива, кг/л;

$V_a$  – швидкість, км/год;

$E_{\text{АКБ}}$  – ємність батареї, кВт·год;

$C_e$  – вартість одного кВт·год, грн;

$L_3$  – запас ходу на електротязі, км;

$V_{\max}$  – максимальна швидкість, км/год;

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

У період динамічного зростання високо конкурентного автомобільного ринку постійно підвищується рівень комфорту як водія, так і пасажирів. Це досягається за рахунок поліпшення конструкції автомобіля, тобто розмірів салону, багажника, колії коліс та колісної бази, а також рівня шуму та температури в салоні. Отже, кількісно критерій показників якості комфорту можна визначити з рівняння

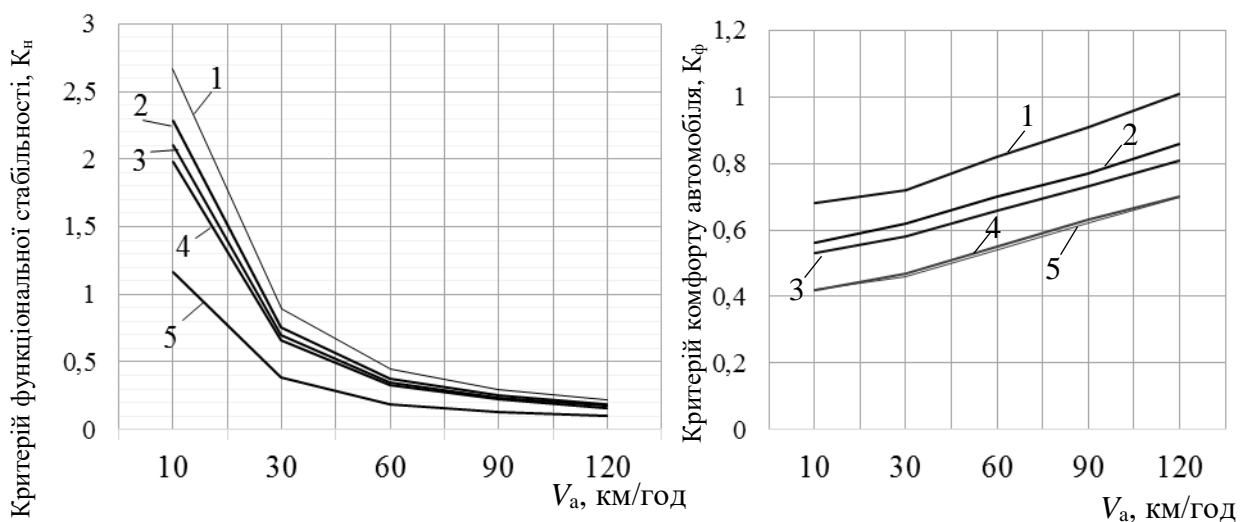
$$K_{\Phi} = \frac{L_{\sigma} \cdot K_{\kappa} \cdot U_{\text{ш}}}{128L_{\kappa}}, \quad (7)$$

де  $L_{\sigma}$ ,  $L_{\kappa}$  – відповідно база і колія коліс автомобіля, м;

$K_{\kappa}$  – коефіцієнт що враховує наявність кондиціонера  $K_{\kappa} = 0,9$ , а клімат-контроля  $K_{\kappa} = 0,8$ ;

$U_{\text{ш}}$  – рівень шуму в салоні при русі автомобіля,  $U_{\text{ш}} = z + \zeta \cdot V_a$  для автомобілів з ДВЗ  $z = 40$  дБ, а для електромобілів і гібридних  $z = 30$  дБ, коефіцієнт постійний  $\zeta = 0,2$  дБ·год/км.

На рис. 1 показано зміну критеріїв показників оцінки якості функціональної стабільності і комфорту базового автомобіля, гібридного та електромобіля в залежності від середньої швидкості руху.



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

Рисунок 1 – Зміна критеріїв функціональної стабільності ( $K_n$ ) та комфорту базових автомобілів ( $K_{\Phi}$ ), гібридного та електромобіля в залежності від швидкості руху

Екологічну безпеку автомобілів можна оцінити шляхом комплексного аналізу ряду техніко-екологічних проблем, включаючи закономірності утворення токсичних і канцерогенних речовин, техногенне забруднення атмосфери, дослідження паливно-екологічних показників двигунів та інші. Критерій сумарної токсичності є багатовимірним вектором, який важко висловити одним числом. Отже оцінити якість екологічної безпеки автомобіля можна істотно спростити, якщо за базову норму стандарту (Євро-6) прийняти оксид азоту ( $\text{NO}_x$ ) рівній 0,06 г/км для бензинових і 0,08 г/км для дизельних двигунів, а витрату палива прийняти за мінімальну. Тоді розрахункові вирази визначення якості екологічної безпеки можна записати як для автомобілів з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) (8), так для гібридних автомобілів (9)

$$K_e = \frac{0,0033 H_{\text{л. min}} \cdot V_{\text{max}}}{K_{\text{NO}_x} \cdot V_a}, \quad (8)$$

де  $K_{\text{NO}_x}$  – допустима норма оксиду азоту за стандартом (Євро-6), г/км;

$H_{\text{л. min}}$  – мінімальна витрата палива автомобілем, л/100 км;

$$K_e^{\Gamma} = \frac{0,0275 H_{\text{л. min}} \cdot N_e \cdot V_a}{K_{\text{NO}_x} \cdot V_{\text{max}} \cdot N_{\text{max}}} \quad (9)$$

де  $N_e$  – потужність електродвигуна, кВт;

$N_{\text{max}}$  – потужність ДВЗ, кВт.

Безпека автомобіля характеризується гальмівними якостями, габаритами і наявністю додаткових опцій, що забезпечують безпечні умови роботи водія. Узагальнюючим показником активної безпеки прийнято гальмівний коефіцієнт, а пасивної безпеки прийнято кількість зірок отриманих в рейтингу безпеки EuroNCAP Європейської програми перевірки пасивної безпеки серійних легкових автомобілів. Таким чином, критерій оцінки показників якості безпеки руху визначено за наступним рівнянням

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

де  $n_3$  – кількість зірок отриманих в оціночному рейтингу краш-тестів;

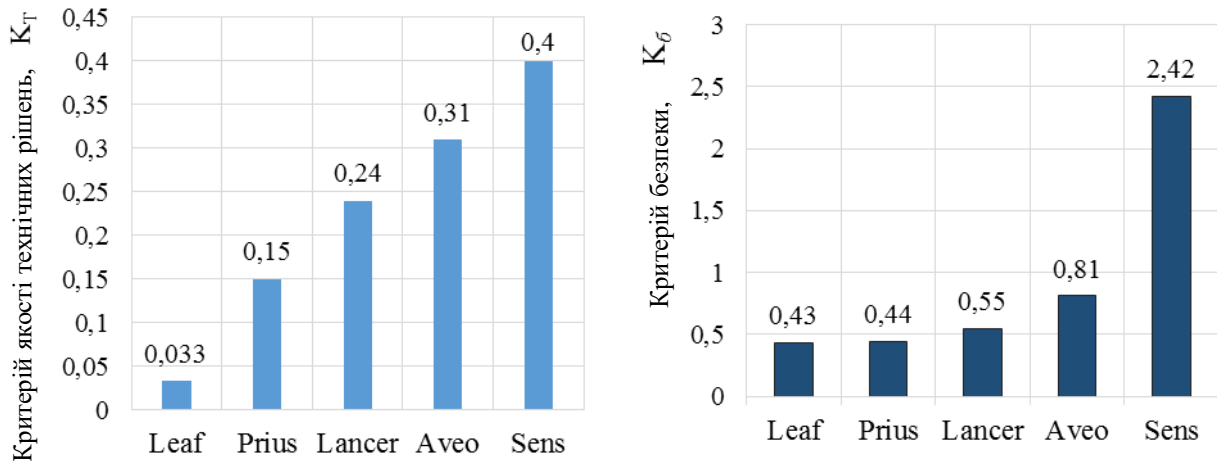
$S_T$  – гальмівний шлях при швидкості 100 км/год, м;

$S_{T \text{ min}}$  – найменший гальмівний шлях серед усіх учасників експерименту автомобілів, м.

Критерій якості технічних рішень визначається на підставі аналізу значень показників аналогів, які відображають найкращі світові тенденції їх

розвитку. До значень показників оцінки якості технічних рішень автомобіля відносяться витрата палива, маса автомобіля, час розгону до 100 км/год, максимальна швидкість.

Зміна критерію оцінки показників якості екологічної безпеки та критерію безпеки від середньої швидкості руху автомобілів та наведено на рис. 2.



1 – Mitsubishi Lancer; 2 – Chevrolet Aveo; 3 – Toyota Prius

Рисунок 2 – Зміна критерію безпеки руху автомобілів та критерію якості технічних рішень по маркам автомобілів

Критерій оцінки показників якості технічних рішень для базових автомобілів і гібридних визначається так

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

а для електромобілів

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

де  $G_a$  – маса автомобіля, кг;

$t_p$  – час розгону від 0 до 100 км/год;

Проблему перетворення багатокритеріальної задачі оцінки якості в одно-критеріальну можна вирішити способом формування інтегрального показника.

З рівняння виходить, що чим менше інтегральний критерій, тим вище якість легкового автомобіля. Отже математична модель інтегрального критерія оцінки якості автомобілів з урахуванням середньої швидкості руху складе:

– для базових автомобілів

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

де

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

$$Z = \frac{L_6 \cdot K_K}{128K_K}, \quad (15)$$

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

$$D = \frac{0,0033H_{л \min} \cdot V_{\max}}{K_{NO_x}}; \quad (17)$$

– для гібридних автомобілів

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

$$D_r = \frac{0,0275H_{л \min} \cdot N_e}{K_{NO_x} \cdot V_{\max} \cdot N_{\max}}; \quad (19)$$

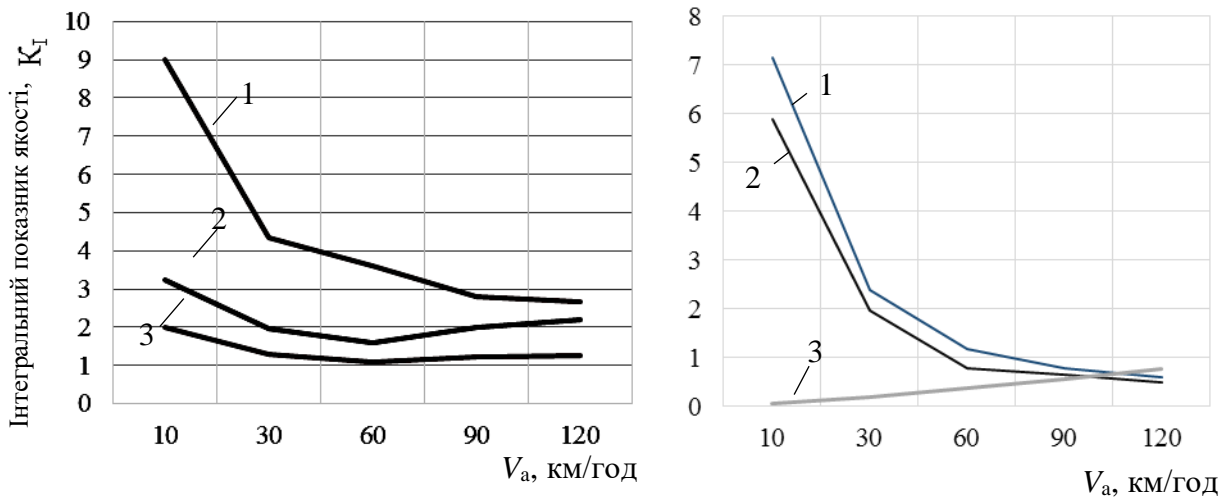
– для електромобілів

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

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

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

На рис. 3. показано зміну інтегрального показника якості від середньої швидкості руху та критерій оцінки показників якості технічних рішень по моделям автомобілів.



1 – Chevrolet Aveo; 2 – Toyota Prius; 3 – Nissan Leaf

Рисунок 3 – Зміна інтегрального показника якості та критерію безпеки від середньої швидкості руху автомобілів

**Третій розділ** присвячено експериментальним дослідженням для перевірки і реалізації розроблених теоретичних положень по оцінці показників якості автомобілів. В результаті отримані необхідні дані, що дозволяють оцінити придатність побудованої математичної моделі оцінки показників якості автомобілів за інтегральним критерієм.

Оцінка показників якості безпеки проводилася на автомобілях Mitsubishi Lancer, Chevrolet Aveo, Toyota Prius і Сенс. Випробування гальмових систем і підвіски проводилися на лабораторному устаткуванні кафедри автомобільної електроніки ХНАДУ.

Збір інформації про оцінку показників якості безпеки автомобілів і її обробка, аналіз здійснювалися за допомогою стенду Bosch (рис. 4).



Рисунок 4 – Стенд Bosch по оцінці технічного стану гальма і підвіски автомобілів

Для вимірювання шуму автомобілів використовувалися наступні прилади: шумомір; спідометр для вимірювання швидкості; тахометр для частоти вимірювання обертання частоти колінчастого валу ДВЗ; термометр для вимірювання температури навколишнього повітря і прилад для вимірювання атмосферного тиску. Перед проведенням випробувань автомобілі були технічно справними і укомплектовані відповідно до нормативно-технічної документацією на автомобілі Mitsubishi Lancer, Chevrolet Aveo, Toyota Prius і Nissan Leaf. При проведенні випробувань двигуни та інші агрегати були прогріті до робочої температури, а також вікна і отвори для вентиляції були закриті. Випробування проводилися на прямій, сухій, гладкій і чистій ділянці дороги з покриттям з асфальту в хорошому технічному стані.

Вимірювання шуму проводилися у сидіння водія. Ось максимальної чутливості мікрофона перебувала в напрямку руху автомобіля. Вимірювання шуму проводилися на нерухомому автомобілі з працюючому двигуном і на максимальній швидкості руху автомобіля. При вимірюванні шуму реєструвалися максимальні показання шумоміра. Вимірювання шуму на нерухомому автомобілі проводилися при максимальній частоті обертання колінчастого валу двигуна. Вимірювання шуму під час руху з постійними швидкостями проводилися не менше ніж при п'яти значеннях постійних швидкостей з округленням до 5 км/год.

В дисертаційній роботі проводились однофакторні пасивні експерименти. Вхідним параметром являлось прискорення автомобіля, вихідним – швидкість і інші параметри визначувані непрямим методом вимірювання. Для вимірювання вхідних і вихідних параметрів було використано вимірювальну систему.

Інформація про параметри руху автомобіля у цій площині одержувалась шляхом математичної обробки сигналів з акселерометрів. Інформація про швидкість руху автомобіля одержувалась шляхом математичної обробки без застосування інтегрування сигналів акселерометрів. Для візуалізації результатів вимірювання використовувався дисплей. Живлення обчислювального блоку забезпечувалось від бортової електромережі базового автомобіля або від автономних елементів живлення за допомогою блоку живлення.

Напівпровідникові акселерометри Frescale містять ємкісно-чутливий елемент і інтегрований на кристалі вимірювальний ланцюг, виконаний по CMOS-технології (рис. 5)

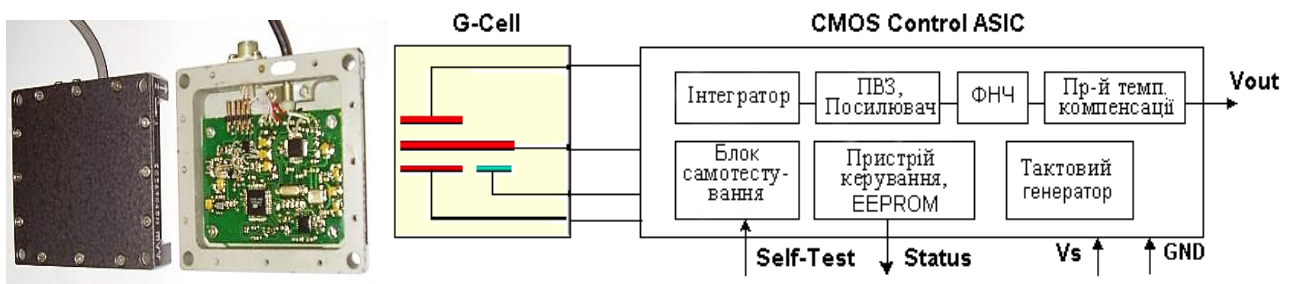


Рисунок 5 – Схема вимірюваної системи

В ході обробки результатів експериментальних досліджень змін технічного стану підвіски, гальма, поздовжніх лінійних прискорень, шляху та лінійної швидкості, часу розгону легкових автомобілів визначено зміну інтегрального критерія оцінки показників якості від швидкості руху на етапі експлуатації.

Таблиця 1 – Результати випробування гальм і підвіски автомобілів

Автомобілі	Параметри	Виміряно	Обмеження
Toyota Prius	<b>Випробування гальмівної системи</b>		
	Повна ефективність гальмівної системи: робочий	72 %	50 $\geq$ %
	Повна ефективність гальмівної системи: гальмо стоянки	25 %	
	<b>Випробування підвіски</b>		
	Різниця дорожнього зчеплення передньої осі	4 %	30 $\leq$ %
	Різниця дорожнього зчеплення задньої осі	8 %	
Mitsubishi Lancer	<b>Випробування гальмівної системи</b>		
	Повна ефективність гальмівної системи: робочий	65 %	50 $\geq$ %
	Повна ефективність гальмівної системи: гальмо стоянки	24 %	
	<b>Випробування підвіски</b>		
	Різниця дорожнього зчеплення передньої осі	12 %	30 $\leq$ %
	Різниця дорожнього зчеплення задньої осі	9 %	
Chevrolet Aveo	<b>Випробування гальмівної системи</b>		
	Повна ефективність гальмівної системи: робочий	58 %	50 $\geq$ %
	Повна ефективність гальмівної системи: гальмо стоянки	10 %	
	<b>Випробування підвіски</b>		
	Різниця дорожнього зчеплення передньої осі	13 %	30 $\leq$ %
	Різниця дорожнього зчеплення задньої осі	2 %	
Daewoo Lanos	<b>Випробування гальмівної системи</b>		
	Повна ефективність гальмівної системи: робочий	66 %	50 $\geq$ %
	Повна ефективність гальмівної системи: гальмо стоянки	23 %	
	<b>Випробування підвіски</b>		
	Різниця дорожнього зчеплення передньої осі	3 %	30 $\leq$ %
	Різниця дорожнього зчеплення задньої осі	7 %	

Результати випробувань гальма та підвіски показують, що повна ефективність змінюється від 72 % до 58 %, а решта між правими та лівими колесами змінюється від 9 % до 17 %.

Урахування показників компетентності експертів при рейтингу автомобілів на основі експертного підходу є важливим процесом з точки зору отримання адекватних кількісних показників рейтингів автомобілів, при цьому якісні результати залишаються незмінними.

Проведене дослідження дає змогу визначити рейтинг автомобілів з точки зору обробки експертних оцінок та технічних показників якості автомобілів, а

також здійснити порівняльний аналіз рейтингів автомобілів на базі відомих і запропонованих підходів по обробці детермінованої статистичної інформації та їх вплив на адекватність якісних показників рейтингів:

– різні запропоновані підходи (6 моделей) до обробки детермінованої статистичної інформації зберігають якість рейтингів, при різних кількісних показниках, та можуть бути рекомендовані до використання;

– урахування показників компетентності експертів при рейтингу автомобілів на основі експертного підходу є важливим процесом з точки зору отримання адекватних кількісних показників рейтингів автомобілів, при цьому слід зауважити, що якісні результати залишаються незмінними.

**В четвертому розділі** розглянуто нові можливості підвищення ефективності використання легкових автомобілів на основі результатів дослідження методів оцінки показників якості на етапі експлуатації. Методологія практичної реалізації проведених досліджень заснована на оцінці показників якості легкових автомобілів на етапі експлуатації від середньої швидкості руху за критеріями безпеки руху, технічних рішень, екологічності, комфорту та функціональної стабільності, а також сформульовано основні методологічні принципи.

Інтегральний критерій оцінки показників якості автомобілів суттєво залежить від умов експлуатації. В табл. 2 наведено коефіцієнти корегування інтегрального критерія для базового, гібридного і електромобіля в залежності від умов експлуатації.

Таблиця 2 – Коефіцієнти корегування інтегрального критерія оцінки показників якості від умов експлуатації

Група умов експлуатації	Середня швидкість автомобіля	Інтегральний показник якості автомобілів		
		базовий	гібридний	електромобіль
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

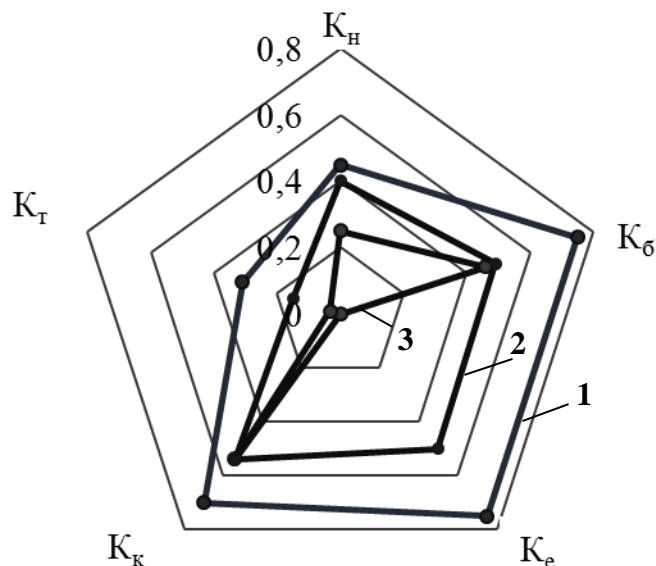
Швидкість руху має найбільший вплив на інтегральний критерій оцінки показників якості автомобілів. При збільшенні швидкості руху від 20 до 100 км/год інтегральний критерій оцінки показників якості автомобілів знижується більше ніж в 2 рази, гібридних і електромобілів в 1,5–1,6 рази. Отже проблемі збільшення швидкостей руху для автомобілів необхідно приділяти особливу увагу. Швидкість – це резерв, який може значно підвищити показники оцінки якості автомобілів.

Таблиця 3 – Результати інтегральної оцінки показників якості

№	Найменування критеріїв	Позначення	Модель автомобіля		
			Aveo	Liaf	Prius
1	Функціональна стабільність	$K_H$	0,45	0,25	0,4
2	Безпека руху	$K_6$	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 проводилася на основі підходів і математичних моделей, викладених в теоретичній частині цієї роботи. Найкращій альтернативі (легковому автомобілю) має відповідати мінімальне значення інтегрального критерію якості. Остаточні результати моделювання та розрахунків, дозволили оцінити показники якості розглянутих базових, гібридних та електромобілів по виділенім критерієм, а також отримати загальну інтегральну оцінку якості автомобілів, представлені в табл. 3 і на рис. 3.

На рис. 4. чітко видно, за якими сукупностями показників електромобілі і гібридні перевершують базові автомобілі.



1 – Chevrolet Aveo; 4 – Toyota Prius; 5 – Nissan Leaf

Рисунок 4 – Зміна інтегрального показника якості від середньої швидкості руху по моделям автомобілів

Практична реалізація результатів, отриманих в процесі проведення справжніх досліджень забезпечує наступні основні можливості та умови для:

1) Автовиробників та їх дилерів: оперативне отримання інформації про особливості експлуатації автомобілів та розробки заходів щодо вдосконалення конструкцій автомобілів; підняття іміджу марки автомобілів; збільшення обсягу продаж.

2) Споживачів автотранспортних засобів: можливість проведення порівняльної узагальненої оцінки; придбання більш якісного автомобіля; формування та пред'явлення вимог до виробників автомобілів по вдосконаленню конструкції та комплектуючих.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі виконано узагальнення і розвиток наукових основ актуальної і важливої науково-технічної задачі з розроблення науково-методичного апарату оцінки якості легкових автомобілів, що складає основу концепції визначення взаємозв'язків, розробки математичних моделей і методів оцінювання та забезпечення якості на етапі експлуатації.

Основні наукові і прикладні результати досліджень:

1. На основі проведеного аналізу відомих досліджень виконано оцінювання експертних методів якості автомобілів в залежності від умов експлуатації. Встановлено, що експертні методи оцінки якості легкових автомобілів залежать від компетентності експертів і не в повній мірі відповідають сучасним вимогам та потребують покращення.

2. Розроблена та обґрунтована комплексна система структури показників якості легкових автомобілів від енергетичних параметрів та технічних рішень в їх конструкції. Вона дозволяє оцінювати та прогнозувати зміну якості автомобілів в залежності від умов експлуатації. Критерії оцінки якості комфорту, функціональної стабільності та екологічної безпеки залежать від середньої швидкості руху автомобіля, а технічних рішень і безпеки від конструкції автомобіля.

3. Розроблено метод визначення якості транспортних засобів на етапі експлуатації на підставі інтегрального критерію. Зі збільшенням середньої швидкості руху інтегральний показник якості базових автомобілів зменшується, а гібридних і електромобілів має мінімум при середній швидкості 50–70 км/год

4. Зі збільшенням середньої швидкості руху автомобіля спостерігається збільшення критерію комфорту для всіх типів автомобілів в 1,6–2 рази, критерій оцінки екологічної безпеки базових автомобілів зменшується в 9–11 раз, а гібридних автомобілів збільшується в 8–10 раз. При максимальній середній швидкості руху критерії оцінки екологічної безпеки базових та гібридних автомобілів рівні. Критерій оцінки функціональної стабільності базових, гібридних та електромобілів зі збільшенням середньої швидкості руху зменшується в 10–11 раз. Але слід зазначити, що критерій оцінки якості

функціональної стабільності базових автомобілів в 1,3–1,5 рази більше, ніж гібридних автомобілів та в 1,8–2,0 рази більше ніж електромобілів.

5. Обґрунтовано та розроблено принципи і методики: системного відбору і показників якості, їх зіставлення та вимірювання на диференційованому рівні; формування інтегрального критерію оцінки якості та конкурентоспроможності автомобіля.

6. Виконані дослідження і запропоновані методи оцінки показників якості автомобілів дозволяють забезпечити отримання оперативної інформації про особливості експлуатації в умовах України, на основі якої, для виробників автомобільної техніки створюються необхідні умови і можливості, які спрямовані на вдосконалення конструкції автомобілів, підняття іміджу марки автомобілів та збільшення обсягу продаж.

7. За результатами досліджень запропоновано алгоритм та процедуру раціонального поетапного вибору варіанту придбання автотранспортних засобів на етапі експлуатації. Розроблені методики впроваджені в ТОВ «Реал», ТОВ «ІНТЕРСТИЛ», ТОВ «КАРСИС», а також використовуються в навчальному процесі ХНАДУ.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Борисенко А.О., Бажинова Т.О. Експлуатаційні властивості гібридних автомобілів: монографія. Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. – 104 с.
2. Бажинова Т.О. Оценка качества технических решений в конструкции легковых автомобилей. *Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр.* 2012. Вып. 55. С. 49–51.
3. Бажинова Т.О., Нечитайло Ю.А. Оцінка режимів роботи гібридних силових установок. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. Серія: Автомобіле- та тракторобудування.* 2013. №29(1002). С. 32–36.
4. Бажинова Т.А., Кучерявая М.А. Выбор электрохимической системы для тягового привода электромобиля. *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* 2013. Вып. 33. С. 36–39.
5. Vazhinova T.O., Nechytailo J.A., Vesela M.A. The energy estimation of transportation vehicles. *Науковий вісник «Національного гірничого університету».* 2016. №6(156). С. 84–88.
6. Бажинов А.В., Бажинова Т.О. Методика расчета числа дорожно-транспортных происшествий в регионе. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.* 2014. № 4. С. 15-18.
7. Бажинова Т.О. Розробка системи якості легкових автомобілів. *Науковий журнал «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології».* 2016. № 9. С. 50–53. URL: [http://khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_SIS/AE16\\_1/2.4.pdf](http://khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE16_1/2.4.pdf)
8. Бажинова Т.О. Теоретичне обґрунтування оцінки якості легкових автомобілів. *Автомобільний транспорт: сб. науч. тр.* 2016. Вып. 39. С. 95–100.

9. Smirnov O.P., Bazhinova T.O., Veselaya M.A. Substantiation of Rational Technical & Economic Parameters of Hybrid Car. *Automation, Software Development & Engineering. Vol. 1* URL: <http://asdej.xyz/substantiation-of-rational-technical-economic-parameters-of-hybrid-car/> 2017.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

10. Бажинова Т.А. Концепция оценки технических решений создания синергетического автомобиля. *Сборник докладов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс»*. Губкин: ООО «Айкью», 2013. №61. С. 15–17.

11. Бажинова Т.О. Оцінка синергетичного ефекту екологічно чистих автомобілів. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика»* 18–19 вересня 2014 р. м. Херсон. – С. 196–199.

12. Bashinowa T.O. Die Qualitätsbewerbung der technischen Lösungen in der Fahrzeugkonstruktion. *Збірник матеріалів: Міжнародна науково-практична заочна конференція студентів і молодих вчених вищих технічних навчальних закладів «Інтеграційні процеси та інноваційні технології. Досягнення і перспективи технічних наук» (іноземними мовами)*, 14 квітня 2014 р. – С. 30–33.

13. Бажинова Т.А. Выбор критериев оценки качества легковых автомобилей. *Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика»* 17–18 вересня, 2015 р., м. Херсон. С. 255–256.

14. Бажинова Т.А. Оценка качества легковых автомобилей эксплуатируемых в Украине. *Матеріали МНТК «Шляхи забезпечення якості підготовки фахівців транспортної галузі»* 14-15 вересня, 2015 р., м. Харків. С. 35–38.

15. Бажинова Т.А., Двадненко В.Я, Смирнов О.П. Пути снижения стоимости гибридного транспортного средства. *Материалы МНПК «Информационные технологии и инновации на транспорте»*. – Орел: Россия, 2015. – С. 185–188.

16. Бажинова Т.А., Нечитайло Ю.А., Веселая М.А. К вопросу оценки технического состояния транспортных средств. *Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми та перспективи розвитку технічних засобів транспорту та систем автоматизації»* 1–3 жовтня 2014 р., м. Харків. С. 13–14.

17. Bashinowa T.O. Berechnung und Wahl von Stromversorgung für synergistische Fahrzeug. *Інтеграційні процеси та інноваційні технології. Досягнення та перспектива технічних наук (іноземними мовами)*. м. Харків, 2015. Вип. 5. С. 157–159.

18. Бажинова Т.О. Прогнозування економії палива та зменшення викидів від впровадження гібридного. *Матеріали III міжнародної науково-практичної*

конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика» 13–15 вересня, 2016 р., м. Херсон. С. 52–55.

19. Бажинова Т.А. Оценка экологической безопасности автомобилей. *IV Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика»* 14–16 вересня 2017 року, м. Херсон. – С. 315–317.

20. Бажинова Т.А. Экологическая оценка качества легковых автомобилей. *III Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки»* 24 жовтня 2017 року. С. 33–35.

21. Бажинова Т.А., Двадненко В.Я., Мультин В.С. Исследование экологической безопасности гибридных автомобилей. *Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція «Ресурсозбереження і хіміко-екологічні проблеми технологічних процесів»* 10–12 листопада 2014 р. – С. 68–69.

22. Бажинова Т.А. Оценка надежности легковых автомобилей. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»* 23-25 жовтня 2017 року, Вінниця. – С. 81–83.

## АНОТАЦІЯ

Бажинова Т.О. Оцінка автомобілів за рахунок визначення показників якості на етапі експлуатації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового створення кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України, Харків, 2018.

Дисертаційну роботу присвячено підвищенню ефективності оцінки показників якості автомобілів за рахунок кількісної їх оцінки на етапі експлуатації. Одержано методи визначення показників оцінки якості автомобілів за енергетичними параметрами, які враховують експлуатаційні умови роботи, що створюють необхідні умови і можливості, які спрямовані на вдосконалення конструкції, підняття іміджу марки та збільшення обсягу продаж автомобілів. Запропонована система методичних аспектів використання розроблених методів оцінки показників якості автомобілів на етапі експлуатації. Розроблено методіку оцінки показників якості автомобілів, яка визначає раціональний вибір його на етапі експлуатації.

Запропоновано алгоритм та процедуру раціонального поетапного вибору варіанту придбання легкового автомобіля на етапі експлуатації.

**Ключові слова:** автомобіль, електромобіль, гібридний автомобіль, метод, умови експлуатації, методика, якість.

## АННОТАЦИЯ

Бажинова Т.А. Оценка автомобилей за счет определения показателей качества на этапе эксплуатации. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет МОН Украины, Харьков, 2018.

Диссертационная работа посвящена вопросам определения показателей качества автомобилей в зависимости от условий эксплуатации с учетом энергетических параметров и технических решений в их конструкции.

Из анализа публикаций следует, что качество легковых автомобилей определяется рядом показателей, которые характеризуют весовые и габаритные параметры, топливную экономичность, производительность, маневренность, проходимость, надежность, безопасность, стоимость и др. Таким образом, проблема оценки и выбора пользователем легкового автомобиля решена не полностью, что определяет актуальность данной работы.

Разработана и обоснована комплексная система структуры показателей качества легковых автомобилей от энергетических параметров и технических решений в их конструкции. Она позволяет оценивать и прогнозировать изменение показателей качества автомобилей на этапе эксплуатации. Критерии оценки показателей качества комфорта, экологической безопасности, функциональной стабильности зависят от средней скорости движения автомобиля, а технических решений и безопасности от конструкции автомобиля. Следует отметить, чем меньше значение критериев, тем лучше показатели качества автомобиля.

Разработаны методы определения показателей качества автомобилей на этапе эксплуатации на основе интегрального критерия. При увеличении средней скорости движения интегральный критерий качества базовых автомобилей уменьшается, а гибридных и электромобилей имеет минимум при средней скорости движения 50–70 км/ч.

С увеличением средней скорости движения автомобилей наблюдается увеличение критерия оценки комфорта для всех типов автомобилей в 1,6–2,0 раза, критерий оценки качества экологической безопасности базовых автомобилей уменьшается в 9–11 раз, а гибридных автомобилей увеличивается в 8–10 раз. При максимальной средней скорости движения критерии оценки качества экологической безопасности базовых и гибридных автомобилей равны. Критерии оценки показателей качества функциональной стабильности базовых, гибридных и электромобилей с увеличением средней скорости движения уменьшается в 10–11 раз. Но следует заметить, что критерий оценки показателей качества функциональной стабильности базовых автомобилей больше в 1,3–1,5 раза гибридных и в 1,8–2,0 раза электромобилей.

В результате выполненного исследования предложены алгоритм и процедура рационального выбора варианта приобретения автомобиля на

этапе эксплуатации. Разработанные методики внедрены в ООО «РЕАЛ», ООО «ИНТЕРСТИЛ», ООО «КАРСИС».

**Ключевые слова:** автомобиль, электромобиль, гибридный автомобиль, метод, условия эксплуатации, методика, качество.

## ABSTRACT

Bazhynova T. Evaluation of vehicles through the definition of quality indicators at the operational stage. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining the degree of candidate of technical sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 05.22.20 –operation and repair of transport means. – Kharkiv National Automobile and Highway University, Ministry Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The dissertation is dedicated to increase of efficiency of an estimation of indexes of quality of vehicles due to their quantitative estimation at a stage of exploitation.

The methods of determination of indicators of car quality estimation according to energy parameters are obtained, which take into account operating conditions that create the necessary conditions and opportunities that are aimed at improving the design, raising the image of the brand and increasing the sales of vehicles. The proposed system of methodological aspects of the use of developed methods to assess quality indicators vehicles during operation. The method of evaluation of performance quality of cars that determines rational choice during its operation.

The algorithm and procedure of a rational stage-by-stage choice of a variant of acquisition of a car at the stage of operation is offered.

**Key words:** vehicles, hybrid vehicle, electric vehicle, method, operating conditions, methodology, quality.