

ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Бажинов А. В.¹, докт. техн. наук, проф.,

Кравцов М. Н.¹, канд. техн. наук, доц.,

Бажинова Т. А.², канд. техн. наук, доц.,

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков, Украина, e-mail: *super-mikvich@ukr.net*,

²Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина

SAFETY AND QUALITY INDICATORS OF ROAD TRANSPORT

A. Bazhinov¹, Doctor of Engineering Science, Professor,

M. Kravtsov¹, Ph.D. in Engineering, Associate professor

T. Bazhinova², Ph.D. in Engineering, Associate professor

¹Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkov, Ukraine, e-mail: *super-mikvich@ukr.net*,

²Kharkovsky National Technical University named after P. Vasilenko,
Kharkov, Ukraine

Отсутствие качественных и экологически безопасных легковых автомобилей, произведенных в Украине, является одной из основных причин низкой конкурентоспособности автотранспортных средств. Качество легковых автомобилей определяется рядом показателей, характеризующих весовые и габаритные параметры, топливную экономичность, производительность, маневренность, проходимость, надежность, безопасность, стоимость и прочее. Таким образом, проблема оценки и выбора пользователем легкового автомобиля на этапе эксплуатации решена не полностью, что определяет актуальность данной темы.

Целью работы является повышение эффективности оценки показателей качества автомобилей за счет количественной их оценки на этапе эксплуатации.

Решение поставленной задачи было исполнено с использованием системного подхода и рационального сочетания теоретических и экспериментальных исследований, обобщения и анализа известных научных результатов, а также использование математического моделирования, математической статистики, впервые разработанных специальных методик.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что полученные научные результаты составляют единый комплекс исследований (концепция, принципы, критерии, методы и математические модели), предложенная система методических аспектов использования разработанных методов оценки показателей качества автомобилей на этапе эксплуатации. Система включает математические модели оценки показателей качества легковых автомобилей на этапе эксплуатации и позволяет выполнить интегральную и дифференциальную оценку показателей качества автомобилей, которая учитывает уровень научно-технических решений на этапе эксплуатации, а также обоснован выбор рационального варианта подвижного состава пользователем. Методологические основы расчета целесообразно реализовать в приложениях смартфонов и планшетов. Программа, согласно техническим характеристикам легкового автомобиля и условий эксплуатации, рассчитывает оценку показателей его качества на этапе эксплуатации.

Научная новизна заключается в методе определения показателей качества автомобилей на этапе эксплуатации, которые в отличие от известных, оценивают легковые автомобили по энергетическим параметрам.

Ключевые слова: автомобиль, электромобиль, гибридный автомобиль, экологический, безопасный, качество.

The lack of quality cars produced in Ukraine is one of the main reasons for the low competitiveness of motor vehicles. The quality of passenger cars is determined by a number of indicators characterizing the weight and overall parameters, fuel economy, performance, maneuverability, throughput, reliability, safety, cost, and more. Thus, the problem of assessment and selection by the user of a passenger car during the operation phase has not been completely resolved, which determines the relevance of this topic. The aim of the work is to increase the efficiency of assessing the quality indicators of cars by quantifying them at the operation stage. The solution of the task was

performed using a systematic approach and a rational combination of theoretical and experimental research, generalization and analysis of known scientific results, as well as the use of mathematical modeling, mathematical statistics, and the first developed special techniques. The practical significance of the obtained results lies in the fact that the obtained scientific results constitute a single complex of research (concept, principles, criteria, methods and mathematical models), the proposed system of methodological aspects of using the developed methods for assessing the quality indicators of cars during the operation phase. The system includes mathematical models for assessing the quality indicators of passenger cars at the operational stage and allows you to perform an integral and differential assessment of automobile quality indicators, which takes into account the level of scientific and technical solutions at the operational stage, and justifies the choice of a rational rolling stock option by the user. The methodological basis of the calculation should be implemented in applications of smartphones and tablets. The program, according to the technical characteristics of the car and operating conditions, calculates an assessment of its quality indicators at the operation stage. The scientific novelty lies in the method of determining the quality indicators of cars at the operation stage, which, unlike the known ones, evaluate cars by energy parameters.

Keywords: vehicle, electricvehicle, hybridvehicle, method, quality.

Введение

На сегодняшний день выбор легкового автомобиля усложнено тем, что проводится в условиях дефицита информации закрытостью эксплуатационных отказов сервисными предприятиями; ограниченностью и, в значительной степени, рекламным характером предоставляемой заводами-изготовителями; отсутствием централизованного банка, содержащий объективную информацию по фактическим показателям технико-эксплуатационных свойств автомобилей; сложностью сопоставления информации, получаемой из различных источников и др. При этом следует учитывать, что легковые автомобили определенного назначения, имеют различные свойства в зависимости от внешних условий, в которых они используются.

Наличие специфических свойств легковых автомобилей позволяет использовать их в условиях, при которых применение иной модели автомобиля менее целесообразным. Определение технико-эксплуатационных свойств и качества автомобилей в целом позволяет выбирать тот, который наилучшим образом соответствует требованиям пользователя для данных условий эксплуатации, дает возможность разрабатывать оптимальные методы поддержки в эксплуатации свойств, заложенных при проектировании и производстве автомобилей. Это обстоятельство особенно важно при выборе или приобретенные легкового автомобиля для эксплуатации в условиях Украины.

Из анализа литературных источников установлено, что современное состояние рынка и обновления структуры легковых автомобилей на этапе эксплуатации обуславливают необходимость комплексного подхода к оценке показателей качества с целью лучшей альтернативы [1–4]. Степень соответствия легковых автомобилей условиям эксплуатации и ожиданиям потребителя необходимо учитывать большой перечень технико-эксплуатационных свойств, отображаемых по совокупности и качественность параметров. Выполнен обзор существующих исследований по анализу методов оценки качества автомобилей, которые не позволяют в полной мере комплексно и объективно учитывать всю совокупность показателей, обуславливающих необходимость их совершенствования.

Результаты исследования индекса качества

Для оценки индекса качества автомобилей разработаны эксплуатационные показатели. Важными критериями оценки показателей качества автомобилей на этапе эксплуатации является функциональная стабильность, экология, комфорт, технические решения, безопасность движения. Качество автомобиля с учетом его уровня функциональной стабильности и энергоемкости на этапе эксплуатации оценивается с позиции периодичности выполнения технических воздействий, энергозатрат и стоимости работ по техническому обслуживанию и ремонту. Критерий, который оценивает функциональную стабильность показателей качества составляет для:

– базового автомобиля

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

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

– гибридного автомобиля

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

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

– электромобиля

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

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

где N_{max} – максимальная мощность двигателя, кВт; g_{emin} – минимальное значение удельного расхода топлива, г/кВт·ч; C_T – стоимость одного литра топлива, грн.; $L_{ГАР}$ – гарантийный пробег автомобиля, км; $C_{авт}$ – стоимость нового автомобиля, грн.; ρ_T – удельный вес топлива, кг/л; V_a – скорость, км/ч; $E_{АКБ}$ – емкость батареи, кВт·ч; C_e – стоимость одного кВт·ч, грн.; L_3 – запас хода на электротяге, км; V_{max} – максимальная скорость, км/ч.

Из приведенных уравнений следует, что для конкретного автомобиля критерий функциональной стабильности оценки показателей качества не будет величиной постоянной.

В период динамичного роста высоко конкурентного автомобильного рынка постоянно повышается уровень комфорта как водителя, так

и пассажиров. Это достигается за счет улучшения конструкции автомобиля, то есть размеров салона, багажника, пути колес и колесной базы, а также уровня шума и температуры в салоне. Итак, критерий показателей качества комфорта можно определить из уравнения

$$K_{\Phi} = \frac{L_{\text{б}} \cdot K_{\text{к}} \cdot Y_{\text{ш}}}{128 \cdot L_{\text{к}}}, \quad (7)$$

где $L_{\text{б}}$, $L_{\text{к}}$ – соответственно база и колея колес автомобиля, м; $K_{\text{к}}$ – коэффициент что учитывает наличие кондиционера $K_{\text{к}} = 0,9$, а климат-контроля $K_{\text{к}} = 0,8$; $Y_{\text{ш}}$ – уровень шума в салоне при движении автомобиля, $Y_{\text{ш}} = z + \zeta \cdot V_{\text{а}}$ для автомобилей с ДВС $z = 40$ дБ, а для электромобилей и гибридных $z = 30$ дБ, коэффициент постоянный $\zeta = 0,2$ дБ·год/км.

На рисунке 1 показано изменение критериев показателей оценки качества функциональной стабильности и комфорта базового автомобиля, гибридного и электромобиля в зависимости от средней скорости движения.

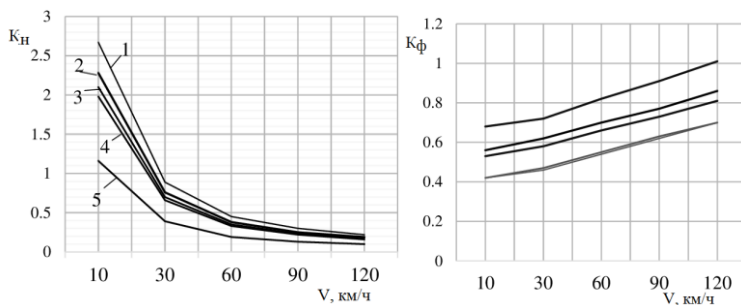


Рисунок 1 – Изменение критериев функциональной стабильности ($K_{\text{н}}$) и комфорта базовых автомобилей ($K_{\text{ф}}$), гибридного и электромобиля в зависимости от скорости движения
1 – Lanos Sens; 2 – Mitsubishi Lancer; 3 – Chevrolet Aveo;
4 – Toyota Prius; 5 – Nissan Leaf

Экологическую безопасность автомобилей можно оценить путем комплексного анализа ряда технико-экономических проблем, включая закономерности образования токсичных и канцерогенных веществ, техногенное загрязнение атмосферы, исследования

топливно-экологических показателей двигателей и другие. Критерий суммарной токсичности является многомерным вектором, который трудно выразить одним числом. Итак, оценить качество экологической безопасности автомобиля можно существенно упростить, если за базовую норму стандарта (Евро 6) принять оксид азота (NO_x) равной 0,06 г / км для бензиновых и 0.08 г / км для дизельных двигателей, а расход топлива принять за минимальной. Расчетные выражения качества экологической безопасности можно записать как для автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) (7), так и для гибридных автомобилей (8):

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

где K_{NO_x} – допустимая норма оксида азота по стандарту (Евро-6), г/км; $H_{л.min}$ – минимальный расход топлива автомобилем, л/100 км.

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

где N_e – мощность электродвигателя, кВт; N_{max} – мощность ДВС, кВт.

Безопасность автомобиля характеризуется тормозными качествами, габаритами и наличием дополнительных опций, обеспечивающих безопасные условия работы водителя. Обобщающим показателем активной безопасности принято тормозной коэффициент, а пассивной безопасности принято количество звезд, полученных в рейтинге безопасности EuroNCAP Европейской программы проверки пассивной безопасности серийных легковых автомобилей. Таким образом, критерий оценки показателей качества безопасности движения определены по следующим уравнением

$$K_{\sigma} = \frac{1,8 \cdot S_{\Gamma}}{n_3 \cdot S_{\Gamma min}}, \quad (10)$$

где n_3 – количество звезд, полученных в оценочном рейтинге краш-тестов; S_T – тормозной путь при скорости 100 км/ч, м; S_{Tmin} – наименьший тормозной путь среди всех испытуемых автомобилей, м.

Критерий качества технических решений определяется на основании анализа значений показателей аналогов, которые отражают лучшие мировые тенденции их развития. До значений показателей оценки качества технических решений автомобиля относятся расход топлива, масса автомобиля, время разгона до 100 км/ч, максимальная скорость.

Изменение критерия оценки показателей качества технических решений и критерия безопасности движения автомобилей и приведены на рисунке 2.

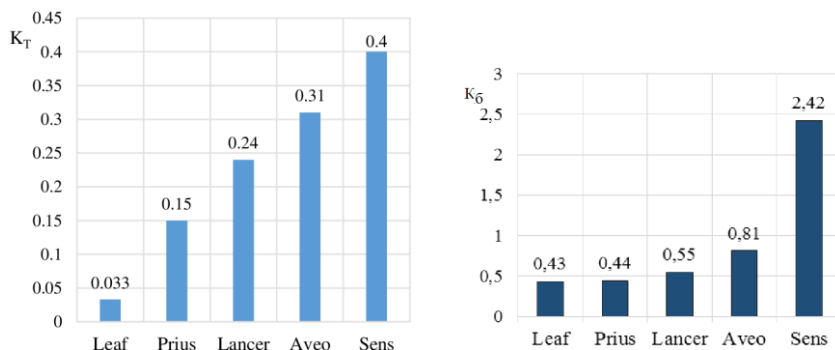


Рисунок 2 – Изменение критерия безопасности движения автомобилей и критерия качества технических решений по маркам автомобилей

Критерий оценки показателей качества технических решений для базовых автомобилей и гибридных определяется так

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

для электромобилей

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

где G_a – масса автомобиля, кг; t_p – время разгона от 0 до 100 км/ч.

Проблему превращения многокритериальной задачи оценки качества в однокритериальной можно решить способом формирования интегрального показателя [5, 6].

Из уравнения следует, что чем меньше интегральный критерий, тем выше качество легкового автомобиля. И так математическая модель интегрального критерия оценки качества автомобилей с учетом средней скорости движения составит:

– для базовых автомобилей

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

где

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

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

$$A = \frac{0,079 \cdot N_{max} \cdot g_{emin} \cdot C_T \cdot L_{ГAP}}{C_{авт} \cdot \rho_T}; \quad (16)$$

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

– для гибридных автомобилей

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

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

– для электромобилей

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

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

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

На рисунке 3 показано изменение интегрального показателя качества от средней скорости движения и критерий оценки показателей качества технических решений по моделям автомобилей.

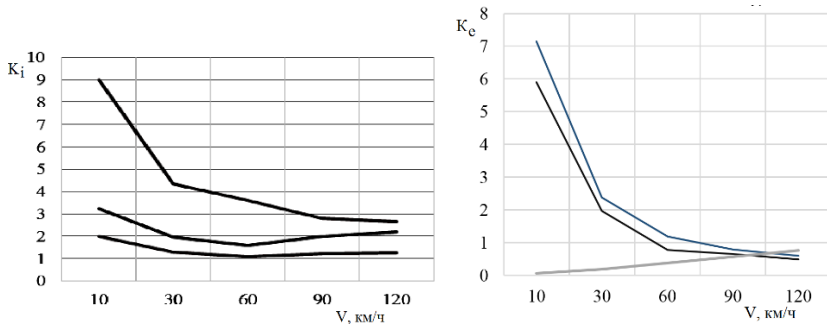


Рисунок 3 – Изменение интегрального показателя качества и критерия экологической безопасности от средней скорости движения автомобилей 1 – Chevrolet Aveo; 2 – Toyota Prius; 3 – Nissan Leaf; 4 – Mitsubishi Lancer

В работе рассмотрены новые возможности повышения эффективности использования легковых автомобилей на основе результатов исследования методов оценки показателей качества на этапе эксплуатации. Методология практической реализации проведенных исследований основана на оценке показателей качества легковых автомобилей на этапе эксплуатации средней скорости движения по критериям безопасности движения, технических решений, экологичности, комфорта и функциональной стабильности, а также сформулированы основные методологические принципы [7, 8, 9].

Интегральный критерий оценки показателей качества автомобилей существенно зависит от условий эксплуатации. Выполненные исследования и предложенный индекс качества автомобилей позволяют получить оперативную информацию об особенностях условий эксплуатации, что создает для автопроизводителей необходимые

условия и возможности по усовершенствованию конструкции автомобилей, поднятия имиджа марки автомобилей и увеличения объема продаж. В таблице 2 приведены коэффициенты корректировки интегрального критерия для базового, гибридного и электромобиля в зависимости от условий эксплуатации.

Таблица 2 – Коэффициенты корректировки интегрального критерия оценки показателей качества от условий эксплуатации

Группа условий эксплуатации	Средняя скорость автомобиля, км/ч	Интегральный показатель качества автомобилей		
		базовый	гибридный	электромобиль
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

Скорость движения имеет наибольшее влияние на интегральный критерий оценки показателей качества автомобилей. При увеличении скорости движения от 20 до 100 км/ч интегральный критерий оценки показателей качества автомобилей снижается больше чем в 2 раза, гибридных и электромобилей в 1,5–1,6 раза. Итак, проблеме увеличения скоростей движения для автомобилей необходимо уделять особое внимание. Скорость – это резерв, который может значительно повысить показатели оценки качества автомобилей.

Таблица 3 – Результаты интегральной оценки показателей качества

№	Наименование критериев	Обозначение	Модель автомобиля		
			Chevrolet Aveo	Nissan Liac	Toyota Prius
1	Функциональная стабильность	K_n	0,45	0,25	0,4
2	Безопасность движения	$K_б$	0,75	0,46	0,49
3	Экологичность	K_e	0,75	–	0,5
4	Комфорт	K_k	0,7	0,54	0,54
5	Технических решений	K_T	0,31	0,033	0,15
6	Интегральный критерий	K_I	2,96	1,28	2,08

Интегральная оценка показателей качества и конкурентоспособности проводилась на основе подходов и математических моделей, изложенных в [10, 11]. Лучший альтернативе (легковому автомобилю) должен соответствовать минимальное значение интегрального критерия качества. Окончательные результаты моделирования и расчетов, позволили оценить показатели качества рассмотренных базовых, гибридных и электромобилей по выделенным критерием, а также получить общую интегральную оценку качества автомобилей, представленные в таблице 3 и на рисунке 3.

На рисунке 4 четко видно, по каким совокупностям показателей электромобили и гибридные превосходят базовые автомобили.

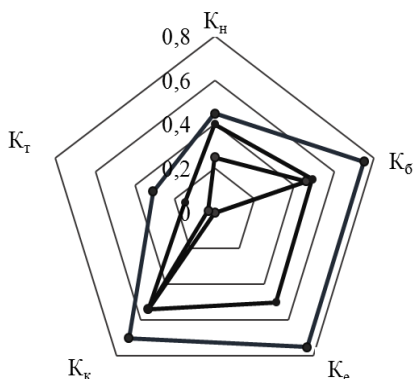


Рисунок 4 – Изменение интегрального показателя качества от средней скорости движения по моделям автомобилей

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

Практическая реализация результатов, полученных в процессе проведения настоящих исследований обеспечивает следующие основные возможности и условия для:

1) автопроизводителей и их дилеров: оперативное получение информации об особенностях эксплуатации автомобилей и разработки мероприятий по совершенствованию конструкций автомобилей; поднятие имиджа марки автомобилей; увеличение объема продаж;

2) потребителей автотранспортных средств: возможность проведения сравнительной обобщенной оценки; приобретение качествен-

ного автомобиля; формирования и предъявления требований к производителям автомобилей по совершенствованию конструкции и комплектующих.

Выводы

Выполнено обобщение и развитие научных основ актуальной и важной научно-технической задачи по разработке научно-методического аппарата оценки качества легковых автомобилей, что составляет основу концепции определения взаимосвязей, разработки математических моделей и методов оценки и обеспечения качества на этапе эксплуатации;

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

Литература

1. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика / Бажинов О. В., Смирнов О. П., Сериков С. А., Двадненко В. Я. – Харків : ХНАДУ. 2011. – 236 с.
2. Бажинов, А. В., Двадненко, В. Я., Сериков, С. А. Повышение экономичности и экологической безопасности транспортных средств с гибридными силовыми установками. Наукові нотатки ЛНТУ : міжвуз. зб.наук. пр. 2010. – Вип. 28. – С. 40–45.
3. Zayatrov, A., Kozlovskiy, A. Software complex for measuring operational reliability of electrical equipment of cars. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. FL, USA, L&L Publishing, 2012. – P. 101–103.

4. Строганов, В. И., Козловский В. Н. Концепция обеспечения качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой. Электроника и электрооборудование транспорта. 2012. – № 5. – С.49–55.

5. Побережный, В. Н., Ременцов, А. Н., Зенченко, В. А. Методический подход к интегральной оценке технико-эксплуатационных свойств грузовых автомобилей импортного производства, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера. Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. труд., 2005. – С. 16–20

6. Островцев, А. Н., Кузнецов, Е. С., Румянцев, С. И. Критерии оценки и управления качеством автотранспортных средств на стадии проектирования, производства и эксплуатации. – М. : МАДИ, 1981. – 95 с.

7. Борисенко, А. О., Бажинова, Т. О. Експлуатаційні властивості гібридних автомобілів: монографія. / Х. : ФОП Бровін О.В., 2016. – 104 с.

8. Bazhinova, 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.

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.

10. Гібридні автомобілі : монографія / Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А. та ін. Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с.

11. Kia tops J. D. Power quality rankings amid shake-up. AutoNews. J. D. Power and Associates. URL : <http://www.autonews.com/article/20170621/OEM01/170629948/2017-j-d-power-iqs-kia>.

Статья поступила 15.11.2021