

УДК 656.057.87



І. Л. Страшний



Г. М. Маренко



Є. В. Бондар

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ПРИСТОСОВАНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ У СКЛАДІ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

На основі кореляційного аналізу та методу експертних оцінок розроблена методика визначення рівня пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі військових підрозділів. Проведено ранжування вибраних для дослідження автомобілів за рівнем пристосованості.

К л ю ч о в і с л о в а: методика, показник якості, кореляційна функція, пристосованість.

Постановка проблеми. В умовах, коли підрозділи Національної гвардії України ведуть бойові дії, однією з важливих задач, з погляду на досягнення необхідної ефективності бойових дій, є їх логістичне забезпечення. В обставинах, що склалися, значна частина завдань логістичного забезпечення вирішується з використанням автомобільного транспорту, зокрема вантажних автомобілів військового призначення, під якими далі будемо розуміти повнопривідні вантажні автомобілі з відповідним додатковим обладнанням (лебідка, система регулювання тиску повітря в шинах та ін.).

Останні декілька років держава активно працювала над підвищенням своєї обороноздатності. У силових структурах України і Національній гвардії зокрема велась активна робота з комплектування підрозділів новими зразками озброєння та військової техніки, серед них і сучасними вантажними автомобілями військового призначення. Разом з цим у експлуатації все ще знаходиться значна частина вантажних автомобілів більш ранніх років випуску.

Необхідно також ураховувати, що під час ведення бойових дій мають місце втрати військової техніки, серед них і незворотні, що повинні бути компенсовані як з внутрішніх резервів, так і з ресурсів військово-технічної допомоги, яку надають Україні інші держави.

За цих умов доцільно мати певну методику, яка дозволяла б визначати рівень пристосованості того чи іншого вантажного автомобіля військового призначення до виконання завдань саме у складі підрозділів Національної гвардії України. Використовуючи таку методику, можна не тільки вибирати найбільш пристосовані автомобілі для оперативного доукомплектування підрозділів, а й визначати перспективні напрямки модернізації існуючих чи виготовлення або закупівлі нових зразків техніки. Отже, тема статті є достатньо актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У навчальних посібниках [1–4] детально розглянута будова систем, агрегатів і механізмів вантажних автомобілів НГУ, наведена інформація про їх технічні параметри та характеристики, які безпосередньо впливають на ефективність та надійність використання автомобіля за призначенням.

У навчальних посібниках [5, 6] розглянуто комплекс експлуатаційних властивостей автомобіля, які визначають його пристосованість до умов експлуатації та характеризують ефективність і зручність його використання. Також наведено способи аналітичного визначення експлуатаційних властивостей у конкретних умовах експлуатації й оцінено вплив конструкції та умов експлуатації автомобіля на його експлуатаційні властивості.

У праці [7] показано вплив змінних умов експлуатації автомобілів на ефективність транспортного процесу. При цьому основна увага приділяється визначенню механізмів і закономірностей формування елементів ефективності автомобілів на прикладі їх паливної економічності та довговічності основних агрегатів, вузлів і механізмів у зимових умовах експлуатації. Наведені деякі рекомендації з підвищення ефективності автомобілів у змінних умовах експлуатації.

© І. К. Страшний, Г. М. Маренко, Є. В. Бондар, 2022

У праці [8] розглядаються різні аспекти вдосконалювання автомобіля з погляду на ефективне використання його енергетичних можливостей. Досліджуються перспективи підвищення паливної економічності двигунів внутрішнього згоряння. Описується методика синтезу оптимальних законів керування трансмісією, у рамках якої не протиставляються одна одній вимога зниження витрат пального вимозі підвищення продуктивності. Проаналізовано програми руху автомобіля, що забезпечують за заданого рівня продуктивності або найменші витрати енергії на подолання протидії навколишнього середовища, або мінімальну витрату пального.

У монографії [9] викладена методологія застосування багаточинного аналізу під час дослідження режимів руху, створення засобів оцінювання показників ефективності, визначення основних складових виробничого потенціалу автомобілів на основі кількісних вимірників (ідентифікаторів) умов руху та результатів формалізованого математичного чи/або натурального експерименту. Експлуатаційна ефективність і виробничий потенціал автомобіля визначаються через швидкісні й енергетичні властивості власне автомобіля та через експлуатаційні умови, в яких ці властивості мають проявлятися.

У статті [10] розглядається оцінювання ефективності експлуатації вантажних автомобілів, в основному з погляду на собівартість перевезень. Наведені формули для визначення собівартості перевезень вантажів, у структурі якої визначена частина експлуатаційних витрат самого автомобіля й частина витрат, пов'язана з особливостями вантажу й умовами його перевезення.

В цілому аналіз публікацій дає достатню кількість початкових даних з множини технічних характеристик вантажних автомобілів НГУ та можливих методик дослідження. Однак слід зазначити, що методики, які в них наведені, зовсім не враховують специфіки використання вантажних автомобілів у складі військових підрозділів.

Метою статті є формування методики визначення рівня пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі підрозділів Національної гвардії України.

Виклад основного матеріалу. Рівень пристосованості вантажних автомобілів пропонується визначати за показником якості, в якому враховується специфіка виконання завдань підрозділами НГУ.

У загальному розумінні слово «якість» найчастіше вживається у двох сенсах: як відповідність вимогам і як ступінь переваги. З погляду на мету дослідження необхідно визначити саме ступінь переваги конкретного автомобіля над іншими з урахуванням особливостей умов використання за призначенням.

Для подальшого дослідження візьмемо тільки основні вантажні автомобілі військового призначення, якими були оснащені підрозділи НГУ на момент введення в Україні військового стану. Якщо вдасться отримати заявлену у меті статті методику за такої умови, то з її використанням нескладно буде дослідити і якість інших автомобілів, наприклад, перспективних або іноземного виробництва.

У таблиці 1 наведені марки досліджуваних автомобілів та їх основні характеристики.

Таблиця 1 – Технічні характеристики автомобілів

Марка автомобіля	Вантажопідйомність, т	Власна маса, т	Повна маса, т	Потужність двигуна, кВт	Питома потужність, кВт/т	Макс. швидкість, км/год	Витрата пального, л/100 км	Кліренс, мм	Глибина броду, м	Мін. радіус повороту, м	Габаритна висота, м	Тягове зусилля лебідки, т	Маса причепа, т
КрАЗ-6322 з силовим агрегатом ЯМЗ	12,0	12,9	25,2	243	9,64	85	35	400	1,2	13	3,35	12	10
КрАЗ-6322 з силовим агрегатом Weichai	12,0	12,9	25,2	280	11,1	80	35	370	1,5	13,5	3,35	12	10
КрАЗ-5233BE з силовим агрегатом ЯМЗ	6,0	10,7	17,0	243	14,3	85	30	400	1,2	12,5	3,29	12	7,0
КрАЗ-5233BE з силовим агрегатом Weichai	6,0	11,1	17,4	280	16,1	85	33	400	1,5	12,5	3,32	12	10
МАЗ-6317	11,0	14,0	25,19	243	9,65	85	40	350	1,2	11,7	4,0	12	15
ЗИЛ-131	3,5	6,7	11,92	110,3	9,23	80	51	330	1,4	10,0	2,98	5	4,0
ГАЗ-66-11	2,0	3,61	5,94	84,6	14,2	90	20	315	0,8	10,0	2,52	4,5	2,0

Просте порівнювання окремих часткових показників якості (технічних характеристик, наведених у табл. 1) автомобілів навіть одного класу не надає можливості їх ранжування за рівнем якості та пристосованості. Тим більше автомобілів різного класу, наприклад, за вантажопідйомністю. Тому як показник, що визначає рівень якості автомобіля й ураховує умови його використання, візьмемо мультиплікативний середньозважений показник K , який обчислюється за формулою

$$K = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

де q_i – частковий i -й показник якості;

α_i – ваговий коефіцієнт i -го показника якості;

n – кількість показників, вибраних для дослідження;

$i = 1 \dots n$ – порядковий номер показника у вибраному переліку.

Використання показника K для порівнювання двох автомобілів, наприклад досліджуваного й базового, має такі переваги: показник може бути розрахований за певною обмеженою кількістю відомих ознак (характеристик), і при цьому залишається можливість уточнювати його з появою інформації щодо раніше невідомих значень інших ознак; показник має простий і однозначний зміст. Якщо $K \approx 1$, досліджуваний автомобіль можна вважати рівноцінним базовому. Якщо $K < 1$, якість досліджуваного автомобіля нижче якості базового зразка. Якщо $K > 1$, то навпаки, якість досліджуваного автомобіля є більш високою, порівнюючи з базовою моделлю.

Для широкого модельного ряду автомобілів апріорне виділення базового зразка з погляду на його якість і пристосованість до конкретних умов використання є або завданням, яке практично неможливо вирішити, або таким, що може бути здійснене з похибкою, що врешті може призвести до хибних результатів дослідження. Зазначене ускладнює безпосереднє використання виразу (1).

Проведений авторами аналіз та досвід експлуатації вантажних автомобілів, узагальнений у розглянутих публікаціях, свідчать, що практично для будь-якої сукупності вантажних автомобілів можна виявити так званий «базовий» показник, з яким достатньо сильно корелюють усі інші показники. Оскільки основним призначенням автомобілів, що розглядаються, є транспортування вантажів, як такий базовий показник візьмемо вантажопідйомність. Хоча теоретично, враховуючи конкретні умови дослідження й особливості експлуатації, базовою може бути й інша, важлива для мети дослідження, характеристика.

Розрахунок кореляційного зв'язку характеристик вибраної сукупності автомобілів (див. табл. 1) з їх вантажопідйомністю виконувався у середовищі Excel за програмою обчислення «лінії тренда», яка у сенсі дослідження і є кореляційною функцією. Як приклад на рис.1 наведено результати дослідження кореляції маси автомобілів досліджуваної групи з їх вантажопідйомністю.

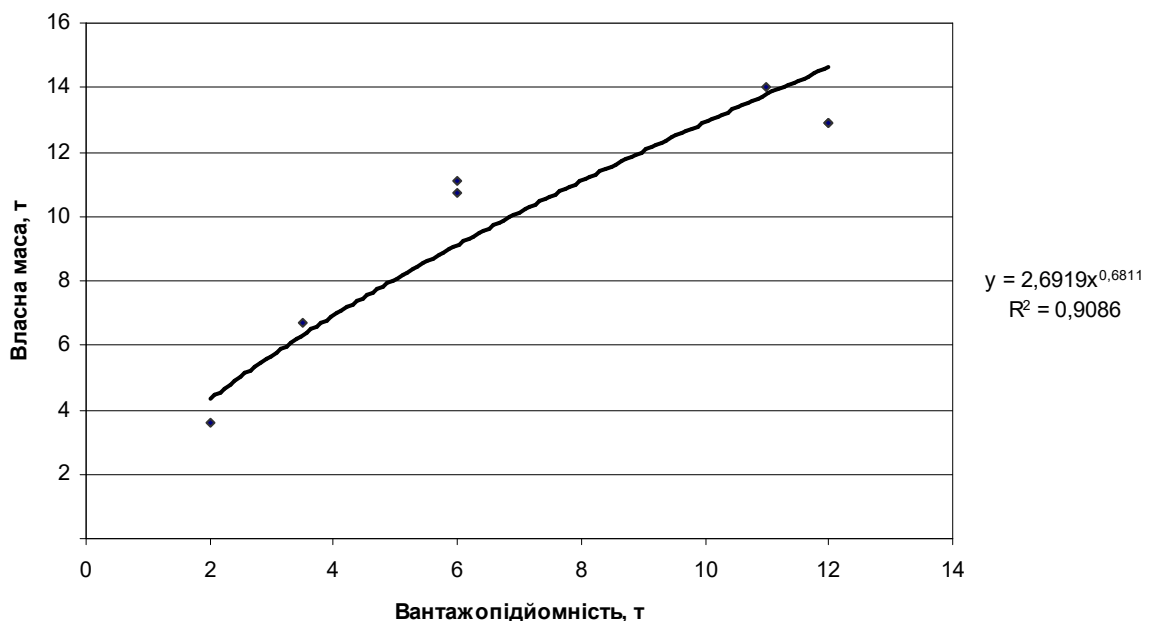


Рисунок 1 – Кореляція маси автомобілів і їх вантажопідйомності

На рисунку також вказані розраховані за програмою кореляційна функція $y = 2,6919 \cdot x^{0,6811}$ та коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,9086$.

Часткові показники якості q_i можна розраховувати за двома формулами:

$$q_i = \frac{x_{vi}}{x_i} \quad (2)$$

або

$$q_i = \frac{x_i}{x_{vi}}, \quad (3)$$

де x_i – абсолютне значення показника (див. табл. 1);

x_{vi} – відносне значення показника, визначене за кореляційною функцією y .

Якщо збільшення абсолютного значення показника x_i призводить до негативного впливу на експлуатаційні властивості автомобіля [5, 6], то у цьому випадку для розрахунку q_i необхідно користуватись формулою (2). Так, збільшення власної маси автомобіля призводить до збільшення непродуктивної витрати пального, габаритів і погіршення характеристик прохідності й маневреності, підвищеного зношування шин та ін. Наприклад, для автомобіля ГАЗ-66-11 власна маса складає $x_1 = 3,61$ т, а її відносне значення дорівнює $x_{v1} = 2,6919 \cdot 3,61^{0,6811} = 6,45$. Тоді за формулою (2)

$$q_1 = \frac{x_{v1}}{x_1} = \frac{6,45}{3,61} = 1,78.$$

Якщо збільшення абсолютного значення показника x_i веде до покращення експлуатаційних властивостей автомобіля (наприклад, збільшення питомої потужності покращує прохідність, забезпечує подолання більш крутих підйомів, буксирування причепів більшої маси та ін.), то у цьому випадку для розрахунку q_i необхідно користуватись формулою (3).

Дослідження кореляційного зв'язку решти параметрів вибраної сукупності автомобілів з їх вантажопідйомністю виконувалось саме за таким алгоритмом. Кожен з них можна було б також проілюструвати окремими графіками й розрахунками, але це призвело б до невиправданого збільшення обсягу статті. Тому до таблиці 2 зведені лише кінцеві результати дослідження.

Таблиця 2 – Значення часткових показників якості автомобілів

Параметр	Кореляційна функція	Частковий показник q_i						
		КрАЗ-6322 (ЯМЗ)	КрАЗ-6322 (Weichai)	КрАЗ-5233BE (ЯМЗ)	КрАЗ-5233BE (Weichai)	МАЗ-6317	ЗИЛ-131	ГАЗ-66
Власна маса	$y = 2,6919 \cdot x^{0,6811}$	1,191	1,191	1,264	1,249	1,16	1,468	1,78
Повна маса	$y = 4,053 \cdot x^{0,7625}$	0,531	0,531	0,484	0,486	0,531	0,444	0,377
Потужність двигуна	$y = 61,65 \cdot x^{0,6276}$	0,126	0,133	0,126	0,133	0,126	0,094	0,085
Питома потужність	$y = 15,03 \cdot x^{-0,133}$	0,867	1,017	1,356	1,551	0,868	0,825	1,345
Макс. швидкість	$y = 88,12 \cdot x^{-0,0245}$	1,076	1,011	1,076	1,076	1,076	1,011	1,14
Витрата пального	$y = 24,185 \cdot x^{0,1803}$	1,312	1,31	1,489	1,377	1,176	0,963	2,075
Кліренс	$y = 306,92 \cdot x^{0,0939}$	0,743	0,692	0,743	0,743	0,658	0,658	0,598
Глибина броду	$y = 0,8846 \cdot x^{0,1806}$	1,313	1,576	1,313	1,576	1,313	1,489	0,942
Радіус повороту	$y = 8,9318 \cdot x^{0,1517}$	1,014	0,982	1,048	1,048	1,109	1,267	1,267
Габаритна висота	$y = 2,3338 \cdot x^{0,1767}$	0,863	0,863	0,876	0,869	0,745	0,95	1,09
Зусилля лебідки	$y = 3,1307x^{0,5853}$	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895	0,623	0,596
Маса причепа	$y = 1,247x^{0,9379}$	0,925	0,925	0,905	0,925	0,949	0,874	0,837

Для завершення дослідження й розрахунку узагальненого показника K за формулою (1) для автомобілів з досліджуваної групи необхідно визначити вагові коефіцієнти α_i для кожного показника q_i . Значення цих коефіцієнтів має з необхідною ймовірністю відображати особливості застосування автомобілів під час виконання завдань у складі підрозділів НГУ.

На даному етапі досліджень вирішення цього завдання здійснювалось методом експертних оцінок. Семи фахівцям була дана анкета із проханням оцінити за стобальною шкалою вплив кожного показника на ефективність використання автомобіля у складі військового підрозділу. За даними анкет було обчислене середнє арифметичне значення оцінки кожного показника q_i . Потім значення α_i були віднормовані діленням на $\sum \alpha_i$. Отримані значення вагових коефіцієнтів α_i подані у таблиці 3.

Таблиця 3 – Вагові коефіцієнти часткових параметрів автомобілів

Параметр	Середньоарифметичне значення експертної оцінки	Нормований ваговий коефіцієнт α_i
Власна маса, т	67	0,079857
Повна маса, т	76	0,090584
Потужність двигуна, кВт	83	0,098927
Питома потужність, кВт/т	95	0,11323
Макс. швидкість, км/год	72	0,085816
Витрата пального, л/100 км	89	0,106079
Кліренс, мм	58	0,06913
Глибина броду, м	55	0,065554
Радіус повороту, м	63	0,075089
Габаритна висота (як демаскуюча ознака), м	69	0,082241
Зусилля лебідки, т	51	0,060787
Маса причепа, т	61	0,072706

Метод експертних оцінок вибраний як найбільш доступний на даному етапі досліджень, хоча він і не позбавлений деяких недоліків, основним з яких є певна суб'єктивність оцінки. Однак цей недолік може бути суттєво подоланий збільшенням числа експертів до рівня достатньої статистики, а також якісним підбором експертів, зокрема із залученням таких, які мають бойовий досвід.

Результати розрахунку узагальненого показника K і ранжування автомобілів за його значенням, отже, за рівнем пристосованості до виконання завдань у складі підрозділів НГУ, наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Ранжування автомобілів за рівнем пристосованості

Автомобіль	КрАЗ-6322 (ЯМЗ)	КрАЗ-6322 (Weichai)	КрАЗ-5233BE (ЯМЗ)	КрАЗ-5233BE (Weichai)	МАЗ-6317	ЗИЛ-131	ГАЗ-66-11
Показник K	0,774	0,792	0,824	0,845	0,755	0,719	0,8
Ранг за пристосованістю	V	IV	II	I	VI	VII	III

Чим ближче значення показника K до одиниці ($K = 1$ ідеальна пристосованість), тим краще вантажний автомобіль військового призначення пристосований до виконання завдань у складі підрозділів НГУ. Найкраще пристосованим із вибраної для дослідження групи автомобілів у цьому сенсі є КрАЗ-5233BE з силовим агрегатом Weichai Power.

Автори не вважають за доцільне в межах даної статті аналізувати результат ранжування досліджуваних автомобілів з позиції якості, оскільки основним завданням було формування методики визначення рівня пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі підрозділів НГУ як послідовності й змісту дій, що ведуть до отримання необхідного кінцевого результату. До того ж для дослідження були взяті достатньо обмежені модельний ряд автомобілів та сукупність часткових показників їх експлуатаційних властивостей. Проте зазначимо, що думка експертів, залучених до дослідження, в цілому співпадає з його результатами, що додатково свідчить на користь коректності й достовірності сформованої методики.

Висновки

1. Методика оцінювання пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі підрозділів НГУ сформована на основі кореляційного аналізу технічних характеристик досліджуваних автомобілів та експертного оцінювання їх впливу на ефективність використання автомобілів за призначенням.

2. Методика, яка пропонується, не тільки дозволяє визначити рівень пристосованості автомобілів, що є на озброєнні, а й забезпечує можливість вибрати найбільш пристосовані автомобілі для оперативного доукомплектування підрозділів, а також шляхом ітераційного аналізу визначити перспективні напрямки модернізації існуючих чи виготовлення нових зразків автомобільної техніки.

3. Ймовірність результатів, отриманих з використанням розробленої методики, може бути підвищена: а) збільшенням модельного ряду автомобілів, що підлягають аналізу; б) збільшенням кількості характеристик автомобіля, що досліджують; в) визначенням кількості експертів, які беруть участь у дослідженні, на рівні достатньої статистики й залученням до їх складу найбільш досвідчених фахівців, які мають бойовий досвід.

Перелік використаних джерел

1. Страшний І. Л., Шабалін О. Ю. Основи конструкції автомобілів. Шасі : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2019. 205 с.
2. Страшний І. Л., Маренко Г. М., Горбунов А. П. Трансмсія вантажних автомобілів : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2020. 180 с.
3. Страшний І. Л., Нікорчук А. І. Автомобільна техніка. Ч. 2. Ходова частина, кузов та додаткове обладнання вантажних автомобілів : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2022. 115 с.
4. Дюндик С. М., Страшний І. Л., Мазанов В. Г. Енергетичні установки автобронетанкової техніки Національної гвардії України : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2020. 382 с.
5. Страшний І. Л., Горбунов А. П. Експлуатаційні властивості автомобілів : навч. посіб. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2014. 94 с.
6. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія : навч. посіб. 2-ге вид., виправлене та допов. Київ : Арістей, 2008. 288 с.
7. Резник Л. Г., Ромалис Г. М., Чарков С. Т. Эффективность использования автомобилей в разных условиях эксплуатации. Москва : Транспорт, 1989. 128 с.
8. Гащук П. Н. Енергетична ефективність автомобіля. Львів : Світ, 1992. 208 с.
9. Гащук П. М., Дубно М. В., Нефьодов О. Ф. Ідентифікація й нормування потенціалу автомобіля : монографія. Львів : ТРИАДА ПЛЮС, 2007. 240 с.
10. Хаврук В. О., Пархоменко О. О. Методика розрахунку ефективності експлуатації вантажних автомобілів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2021. № 2 (17). С.161–172.

Стаття надійшла до редакції 10.06.2022 р.

UDC 656.057.87

I. Strashnyi, G. Marenko, E. Bondar

METHODOLOGY FOR ASSESSING OF THE ACCESSIBILITY OF MILITARY CARGO VEHICLES TO PERFORM OBJECTIVES IN DIVISIONS NATIONAL GUARD OF UKRAINE

In recent years, the state has been actively working to improve its defense capability. The National Guard of Ukraine is actively working to equip units with new models of weapons and military equipment and modern military trucks. Along with this, a significant part of trucks from earlier years of production is still in operation.

It is also necessary to take into account the loss of military equipment during the hostilities, including irretrievable losses, which must be compensated both from internal reserves and taking into account the military-technical assistance provided to Ukraine by other states.

Under these conditions, it is advisable to have a methodology that would allow determining the level of suitability of a particular military truck for solving problems as part of the units of the National Guard of Ukraine. Using this technique, it is possible not only to choose the most suitable vehicles for resupplying units, but also to determine promising areas for upgrading existing ones or manufacturing or purchasing new models of equipment.

In this article, on the basis of correlation analysis and the method of expert assessments, a methodology has been developed for determining the level of fitness of military trucks for performing tasks as part of military units.

An indicator that characterizes the level of the car's adaptability to perform tasks in a military unit is a product of private quality indicators. Partial indicators are calculated according to the correlation function of the connection, chosen to study the technical parameters of the car with its basic parameter. The carrying capacity of the vehicle was chosen as the basic parameter. Each of the partial indicators is included in the product with a degree factor that corresponds to the weight (significance) of the parameter when using the car as part of a military unit. The weight of each parameter is determined by the method of expert evaluation.

Cars selected for the study were ranked according to the level of fitness.

The results of studies of the totality of cars testify in favor of the correctness and reliability of the developed methodology.

K e y w o r d s: methodology, quality indicator, correlation function, fitness.

Страшний Ігор Леонідович – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-7517-3032>

Маренко Геннадій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-7461-9186>

Бондар Євгеній Вікторович – викладач кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України.
<https://orcid.org/0000-0002-3255-0619>