

УДК 629.331



Р. О. Кайдалов



І. Л. Страшний



О. В. Калатинець

МЕТОДИ ПОРІВНЯЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА ТЯГОВОЮ ДИНАМІЧНІСТЮ

З використанням графоаналітичного та аналітико-стохастичного методів розрахунку середньої швидкості руху виконано порівняльне оцінювання військових автомобілів за тяговою динамічністю.

К л ю ч о в і с л о в а: автомобіль, дорога, тягова динамічність, динамічний фактор, середня швидкість.

Постановка проблеми. У ході відсічі збройної агресії військові формування, що входять до складу Сил оборони України, постійно вдосконалюють свої спроможності щодо виконання завдань із захисту держави. Важливою умовою ефективного бойового застосування підрозділів та частин Сил оборони України є висока динаміка бойових дій, яка досягається завдяки мобільності військ і їх швидкому переміщенню. За таких умов ефективність бойових дій суттєво залежить від рівня організації та якості виконання заходів логістичного забезпечення. Значна частина завдань логістичного забезпечення вирішується з використанням автомобільного транспорту, зокрема військових вантажних автомобілів, під якими далі будемо розуміти повнопривідні вантажні автомобілі підвищеної прохідності з відповідним додатковим обладнанням.

Багаторічний досвід війн і збройних конфліктів свідчить, що автомобільний транспорт має низку переваг перед іншими видами транспорту: він може пересуватись разом з військами і перебувати у їх бойових порядках, забезпечувати транспортування матеріальних засобів безпосередньо до місць виконання бойових завдань, виконувати евакуаційні перевезення. Завдяки своїй маневреності й високій прохідності автомобільний транспорт є важливим засобом, що забезпечує тісний взаємозв'язок усіх інших видів транспорту під час їх комплексного використання для вирішення завдань всебічного забезпечення військ.

В останні роки в усіх структурах Сил оборони України ведеться активна робота з комплектування підрозділів новими зразками озброєння і військової техніки та сучасними військовими вантажними автомобілями. Однак вирішення цих завдань ускладнюється певними об'єктивними чинниками, основними з яких можна вважати ресурсні обмеження, пов'язані з руйнуваннями частини технічної інфраструктури держави, а також втрати військової техніки під час бойових дій, серед них і безповоротні, які вимушено компенсуються з внутрішніх резервів та військово-технічною допомогою, яка надається Україні державами-партнерами. Умови, що склалися у результаті дії цих чинників, дещо ускладнюють вирішення завдань логістичного забезпечення з використанням військових вантажних автомобілів. Основними причинами цього можна вважати: різнотипність парку військових вантажних автомобілів; суттєву відмінність тактико-технічних та експлуатаційних характеристик військових автомобілів у межах одного типорозміру; відсутність базового автомобіля у кожному типорозмірному ряді; неоднорідні маршеві можливості техніки; певну невідповідність технічних характеристик частини автомобілів конкретним умовам їх застосування (недостатні прохідність та маневреність, недостатня пристосованість до монтажу озброєння й ін.); невизначеність взаємозв'язку між типажем військової автомобільної техніки та ефективністю її застосування.

Відмова від несистемного та певною мірою хаотичного комплектування підрозділів вантажними автомобілями й визначення типажу та уніфікованого модельного ряду військових вантажних автомобілів, використання яких забезпечить необхідний рівень ефективності виконання логістичних завдань, є, на думку авторів, одним з найбільш доцільних шляхів усунення зазначених причин, що

призводять до негативних наслідків. Це завдання потребує комплексного наукового обґрунтування й вочевидь не може бути вирішене у межах однієї наукової статті. Однак одним з початкових етапів може бути формування методів порівняльного оцінювання військових вантажних автомобілів за їх експлуатаційними властивостями. Використовуючи такі методи, можна не тільки обґрунтовано обмежити перелік автомобілів, відібраних для подальшого дослідження, а й вибирати для оперативного доукомплектування підрозділів найбільш пристосовані автомобілі з усіх доступних, визначати можливі напрями модернізації існуючих, виготовляти або закуповувати нові зразки автомобільної техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У навчальних посібниках [1–5] розглянуті будова систем, агрегатів і механізмів військових вантажних автомобілів, наведена інформація про їх технічні характеристики та параметри, які впливають на ефективність використання автомобіля за призначенням.

У навчальних посібниках [6–8] розглядається комплекс експлуатаційних властивостей автомобіля, які визначають його пристосованість до умов експлуатації та характеризують ефективність і зручність використання. Також наводяться методи аналітичного визначення показників експлуатаційних властивостей у конкретних умовах експлуатації й оцінюється вплив конструкції та умов експлуатації автомобіля на його експлуатаційні властивості.

У статті [9] проведено дослідження конструктивних особливостей спеціальних броньованих машин, що виробляються машинобудівними підприємствами України для потреб військових формувань. Обрані показники та виконаний порівняльний аналіз експлуатаційних властивостей і технічних характеристик машин, отриманих за результатами натурних випробувань в реальних умовах експлуатації.

У статті [10] розроблена методика визначення рівня пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі військових підрозділів. Запропонована методика ґрунтується на використанні мультиплікативного середньозваженого показника пристосованості, який урахує специфіку виконання завдань підрозділами Національної гвардії України. Формування показника пристосованості базується на використанні кореляційного аналізу та методу експертних оцінок. Слід зазначити, що під час формування цього показника динамічні властивості автомобілів ураховувались не безпосередньо через їх показники, а опосередковано, через певні технічні характеристики автомобілів, зокрема через максимальну швидкість руху та питому потужність автомобіля.

У статті [11] для аналізу продуктивності автопоїзда запропоновано використовувати середню швидкість руху як оціночний показник, який разом з вантажопідйомністю надає найбільш повне уявлення про тягово-швидкісні властивості транспортного засобу і за яким доцільно проводити порівняльний аналіз автопоїздів.

Загалом аналіз досліджень і публікацій дає достатню кількість інформації, необхідної для вибору доцільних методів дослідження та визначення початкових даних стосовно тактико-технічних характеристик і експлуатаційних властивостей військових вантажних автомобілів.

Метою статті є формування методів порівняльного оцінювання військових вантажних автомобілів за тяговою динамічністю.

Виклад основного матеріалу. Тягово-швидкісні властивості автомобіля – це властивості, що визначають діапазони зміни швидкостей руху, максимальних прискорень розгону і граничних кутів підйому в різних дорожніх умовах під час роботи у тяговому режимі, за якого від двигуна до ведучих коліс через трансмісію підводяться потужність і крутний момент, необхідні для руху.

Одним з основних показників тягово-швидкісних властивостей є динамічність автомобіля, яка визначає його здатність виконувати транспортну роботу з максимально можливою середньою швидкістю. Тому як показник для порівняльного оцінювання динамічності військових вантажних автомобілів доцільно обрати середню швидкість руху [11].

Середня швидкість визначається умовами руху та тяговими можливостями автомобіля на кожній із передач у коробці передач [8]. Отже, визначення середньої швидкості автомобіля може бути здійснено шляхом порівняння тягової сили, яку розвиває автомобіль на ведучих колесах, з силами опору, що виникають під час руху. Тягова сила визначається за формулою

$$P_{ki} = \frac{M_e \cdot u_{\text{тpi}} \cdot \eta_{\text{тп}}}{r_k}, \quad (1)$$

де M_e – ефективний крутний момент двигуна, Нм;

$u_{\text{тп}}$ – передаточне число трансмісії;

$\eta_{\text{тп}}$ – ККД трансмісії;

r_k – радіус колеса, м; i – номер передачі у коробці передач.

Співставлення тягової сили (1) з силами опору рухові дає наочну уяву про баланс сил, що діють на автомобіль, і дозволяє вирішувати низку експлуатаційних задач. Однак для порівняльного оцінювання динамічності різних автомобілів такий підхід неприйнятний, оскільки за однієї і тієї ж величини тягової сили тягові властивості автомобілів з різною вагою будуть різними. У цьому разі доцільно використовувати динамічний фактор D автомобіля, який є безрозмірною величиною і визначається як відношення вільної сили тяги $P_k - P_w$ (P_w – сила опору повітря) до повної ваги G_a автомобіля. Отже, у загальному випадку

$$D_i = \frac{\frac{M_e \cdot u_{\text{тpi}} \cdot \eta_{\text{тп}}}{0,5d + k_{\text{ш}} \cdot \Delta \cdot b} - 0,5c_{\chi} \rho \cdot F \cdot V_{ai}^2}{m_a \cdot g}, \quad (2)$$

де c_{χ} – коефіцієнт обтічності автомобіля;

ρ – густина повітря на рівні поверхні землі за температури 15 °С і тиску 101325 Па;

F – лобова площа (площа парусності) автомобіля, м²;

$V_{ai} = (\omega_e \cdot r_k) / u_{\text{тpi}}$ – швидкість автомобіля, м/с;

ω_e – кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с;

d – внутрішній (посадковий) діаметр шини, м;

$k_{\text{ш}}$ – коефіцієнт вертикальної деформації шини;

Δ – індекс профільності шини;

b – ширина протектора шини;

m_a – повна маса автомобіля, кг;

g – прискорення вільного падіння.

З урахуванням рівняння тягового балансу [6], вільна сила тяги під час руху витрачається на подолання сили опору дороги P_{ψ} і сили опору розгону P_j , тобто $P_k - P_w = P_{\psi} + P_j$. Виконавши відповідні підстановки і перетворення, отримуємо

$$D_i = \psi + \frac{\delta_i}{g} j_i, \quad (3)$$

де $\psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$ – коефіцієнт сумарного опору дороги;

f – коефіцієнт опору коченню;

α – кут ухилу дороги;

$\delta_i = 1 + (0,03 + 0,05u_{\text{кпи}}^2)$ – коефіцієнт урахування інерції обертових мас автомобіля;

$u_{\text{кпи}}$ – передаточне число коробки передач;

j – прискорення автомобіля, м/с².

За умови сталого руху автомобіля, коли прискорення дорівнює нулю, $D = \psi$.

Дослідження середньої швидкості руху виконаємо для військових вантажних автомобілів категорії

N₃G. Необхідні технічні характеристики автомобілів, відібраних для порівняльного дослідження, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики автомобілів

Автомобіль	Колісна формула	Повна маса, т	Двигун, $N_{\max}(\text{кВт})/\omega_N(\text{рад/с})$	Коробка передач, кількість передач, передавальні числа	Передавальні числа роздавальної коробки, Н/Л	Передавальне число головної пе- редачі	Колеса
MAN TGM 13.320	4×4	14	235/240	12, 12,33; 9,59; 7,44; 5,78; 4,57; 3,55; 2,7; 2,1; 1,63; 1,27; 1,0; 0,78	0,983/1,607	4,83	395/85R20
КрАЗ-5233BE	4×4	17	279/230	9, 12,57; 7,47; 5,28; 3,82; 1,95; 1,38; 1,0; 0,73	0,95/1,36	8,173	530/70R21
MAN TGS 33.400	6×6	31	294/200	12, 12,33; 9,59; 7,44; 5,78; 4,57; 3,55; 2,7; 2,1; 1,63; 1,27; 1,0; 0,78	1,007/1,652	4,83	14,00R20
КрАЗ-6322-02	6×6	25	279/230	9, 12,57; 7,47; 5,28; 3,82; 1,95; 1,38; 1,0; 0,73	0,95/1,36	8,173	530/70R21
Богдан(МАЗ)-6317	6×6	25	279/230	9, 11,02; 6,55; 4,64; 3,36; 1,95; 1,38; 1,0; 0,73	1,107/–	6,59	525/70R21

Для розрахунку середньої швидкості руху прийемо такі допущення:

– на відрізку маршруту із заданим значенням ψ автомобіль рухається на i -й передачі у коробці передач, за якої виконується умова $D_i \geq \psi \geq D_{i+1}$, де D_{i+1} – динамічний фактор автомобіля на вищій $(i+1)$ -й передачі;

– перемикання з i -ї передачі на вищу або нижчу обумовлюється тільки значенням коефіцієнта сумарного опору дороги ψ ;

– перемикання з i -ї на вищу $(i+1)$ -шу передачу здійснюється у точці маршруту, для якої $D_{i+1} = \psi$, причому далі на маршруті виконується умова $D_{i+1} > \psi$; перемикання на нижчу $(i-1)$ -шу передачу здійснюється за умови $D_i = \psi$ і далі на маршруті виконується умова $D_{i-1} > \psi$;

– час на перемикання передач не враховується; для автомобілів MAN з автоматичним перемиканням передач таке допущення не впливає та точність розрахунків; для решти досліджуваних автомобілів це може призвести до деякого завищення результатів;

– на всіх відрізках маршруту забезпечується умова $D_i \leq D_\phi$ (D_ϕ – динамічний фактор зчеплення ведучих коліс з дорогою), за якої автомобіль рухається без буксування ведучих коліс;

– пружні властивості підвіски не накладають обмеження на максимально можливу швидкість руху за заданого значення коефіцієнта сумарного опору дороги, тобто підвіска на відрізках маршруту працює без пробойів.

Зазначені допущення забезпечують можливість співставлення тягової сили з силами опору рухові, дещо спрощують необхідні розрахунки і з огляду на мету дослідження не суттєво впливають на достовірність його результатів.

Для визначення середньої швидкості руху автомобіля використовують графоаналітичний та аналітико-стохастичний методи.

Графоаналітичний метод надає можливість безпосереднього порівняння тягової сили з силами опору рухові й забезпечує достатню наочність процесу отримання результатів, однак, його можна використовувати лише у разі, якщо маршрут автомобіля і дорожні умови на ньому заздалегідь відомі. Виконаємо розрахунки за цим методом для відносно типового маршруту військового вантажного автомобіля під час виконання завдання з логістичного забезпечення підрозділів у зоні бойових дій. У цьому разі доцільно припустити, що автомобіль від пункту завантаження починає рух по дорозі з задовільним станом дорожнього покриття й відносно низьким значенням дорожнього опору, а далі, у міру того як він наближується до місця розвантаження, дорожні умови прогресивно погіршуються, що характеризується зростанням коефіцієнта сумарного опору дороги ψ .

Для виконання розрахунків необхідно побудувати динамічну характеристику та гістограму розподілу коефіцієнтів дорожнього опору для відрізків маршруту. Відповідні графіки для автомобіля MAN 13.320 наведені на рисунку 1.

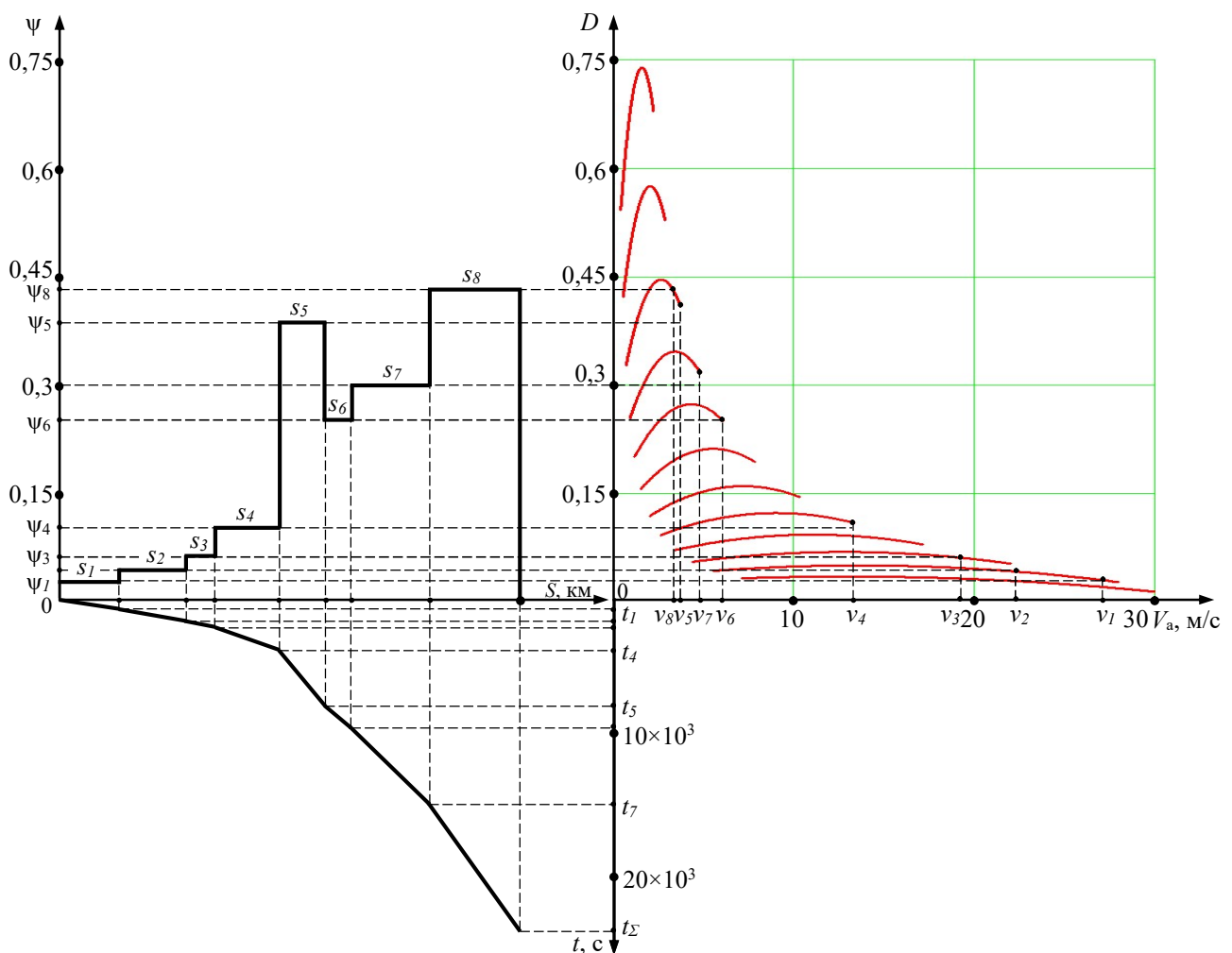


Рисунок 1 – Графіки для визначення середньої швидкості руху MAN 13.320

Загальна протяжність маршруту $S = 150$ км. Маршрут поділений на відрізки, довжиною $s_j, j = \overline{1..8}$, із заданим значенням коефіцієнта ψ_j на кожному відрізку.

Для визначення швидкості v_j завантаженого автомобіля на кожному відрізку виконується співставлення значення коефіцієнта ψ_j з відповідним значенням динамічного фактора D на динамічній характеристиці автомобіля. Точка перетину лінії ψ_j з відповідною кривою динамічної характеристики і визначає максимальну швидкість руху v_j на відрізку s_j .

Час руху автомобіля на заданому відрізку визначається за формулою $t_j = s_j / v_j$. Середня швидкість руху автомобіля на всьому заданому маршруті визначається за формулою $V_{cp} = S / t_{\Sigma}$, де $t_{\Sigma} = \sum t_j$ – сумарний час руху по маршруту.

Результати розрахунків для автомобіля MAN 13.320 зведені до таблиці 2. Середня швидкість руху автомобіля на заданому маршруті складає 6,4 м/с (23 км/год).

Таблиця 2 – До розрахунку середньої швидкості автомобіля MAN 13.320

Параметр	Відрізки маршруту							
	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
Довжина відрізка s_j , м	19 000	21 000	10 000	20 000	15 000	9 000	26 000	30 000
Опір дороги, ψ_j	0,03	0,04	0,06	0,1	0,4	0,25	0,3	0,43
Швидкість v_j , м/с	26,9	22,9	19,4	13,3	3,7	6,1	4,8	3,4
Час руху t_j , с	706,3	917	515,5	1503,7	4054	1475,4	5416,7	8823,5
Час руху по маршруту t_{Σ} , с	23412							
Середня швидкість V_{cp}	6,4 м/с (23 км/год)							

Визначення середньої швидкості на заданому маршруті для решти відібраних для дослідження автомобілів виконувалось за таким самим алгоритмом. Для кожного з них розрахунки можна було б також проілюструвати відповідними графіками й таблицями, однак це призвело б до невиправданого збільшення обсягу статті. Тому до таблиці 3 зведені лише кінцеві результати дослідження.

Таблиця 3 – Середня швидкість автомобілів на заданому маршруті

Автомобіль	MAN 13.320	КрАЗ-5233BE	MAN 33.400	КрАЗ-6322-02	Богдан (МАЗ)-6317
Середня швидкість, м/с	6,4	5,43	3,7	3,47	4,35
Середня швидкість, км/год	23	19,55	13,3	12,5	15,7

Результати дослідження свідчать, що більшу середню швидкість у складних умовах руху мають автомобілі з більшою кількістю передач, що визначає їх кращу пристосованість до різноманітних умов руху, і з меншою вантажопідйомністю. Однак остаточний висновок щодо впливу середньої швидкості як показника тягової динамічності на рівень пристосованості вантажних автомобілів категорії N₃G до виконання завдань логістичного забезпечення військових підрозділів доцільно формулювати за результатами аналізу кореляції тягової динамічності з рештою значущих параметрів військового вантажного автомобіля. Варіант методики такого аналізу наведений у статті [9].

Аналітико-стохастичний метод розрахунку середньої швидкості руху автомобіля застосовується, якщо точні значення параметрів маршруту не визначені. У такому разі зміну величини опору рухові доцільно описувати нормальним законом розподілу значень коефіцієнта опору дороги по довжині маршруту [11], тобто

$$f(\psi) = \frac{1}{\sigma_{\psi} \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(\psi - m_{\psi})^2}{2\sigma_{\psi}^2} \right], \quad (4)$$

де $f(\psi)$, m_{ψ} та σ_{ψ} – відповідно щільність розподілу, математичне сподівання й середньоквадратичне відхилення значень коефіцієнта опору дороги.

Довжина s_i відрізка маршруту, умови на якому забезпечують можливість руху на i -й передачі,

визначається ймовірністю потрапляння значення ψ у необхідний для руху на i -й передачі діапазон значень динамічного фактора, тобто

$$s_i = S \cdot P(D_i \geq \psi > D_{i+1}). \quad (5)$$

Позначимо через q_i відносний шлях, який проходить автомобіль на i -й передачі,

$$q_i = s_i / S. \quad (6)$$

Тоді з виразу (5) слідує, що значення q_i чисельно дорівнює ймовірності $P(D_i \geq \psi > D_{i+1})$, з чого, враховуючи вираз (4), можна записати

$$q_i = \int_{D_{i+1}}^{D_i} f(\psi) d\psi \quad (7)$$

За формулами (5), (6), (7) можна визначити довжину s_i відрізка маршруту. Однак швидкість руху автомобіля на цьому відрізку також є випадковою величиною, тому її середнє значення на i -й передачі визначається за формулою

$$v_{\text{ср}i} = \int_{v_{i-1}}^{v_i} f_i(v) dv, \quad (8)$$

де $f_i(v)$ – закон розподілу швидкості на i -й передачі;

v_i та v_{i-1} – максимальні швидкості руху на i -й і $(i-1)$ -й передачах відповідно.

За нормального закону розподілу швидкості з певним наближенням можна записати

$$v_{\text{ср}i} = 0,5(1 + v_{i-1} / v_i)v_i = \tau_i v_i, \quad (9)$$

де $\tau_i = 0,5(v_{i-1} / v_i)$.

Середня швидкість автомобіля на маршруті, враховуючи вираз (9),

$$V_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \tau_i v_i \frac{t_i}{t_{\Sigma}}, \quad (10)$$

де n – кількість передач, що використовуються під час руху;

t_i – час руху на i -й передачі.

Максимальну швидкість на i -й передачі можна визначити за динамічною характеристикою автомобіля або розрахувати за формулою

$$v_i = \eta_{\text{тр}} N_{\text{еmax}} / p_i G_a, \quad (11)$$

де $N_{\text{еmax}}$ – максимальна потужність двигуна;

p_i – питома тягова сила на i -й передачі.

З формул (6) і (9)

$$t_i = s_i / v_{срi} = \frac{q_i S}{\tau_i v_i}; \quad t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i = S \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\tau_i v_i}. \quad (12)$$

Підставивши вирази (11) і (12) у формулу (10), отримаємо кінцеву формулу для розрахунку середньої швидкості

$$V_{ср} = \frac{N_{еmax} \cdot \eta_{тр}}{G_a} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{p_i \cdot V_i \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{\tau_i \cdot V_i}}. \quad (13)$$

Визначимо середню швидкість руху досліджуваних автомобілів під час виконання ними магістральних перевезень. У такому разі $m_{\psi} = 0,022$, $\sigma_{\psi} = 0,012$, а максимальне значення коефіцієнта сумарного опору дороги $\psi_{max} = m_{\psi} + 3\sigma_{\psi} = 0,058$. За таких умов, як слідує з аналізу динамічних характеристик автомобілів, їх рух здійснюватиметься переважно на останніх трьох передачах у коробці передач ($n = 3$). Результати розрахунку середньої швидкості для заданих умов руху зведені до таблиці 4.

Таблиця 4 – Середня швидкість автомобілів під час виконання магістральних перевезень

Автомобіль	MAN 13.320	КрАЗ-5233ВЕ	MAN 33.400	КрАЗ-6322-02	Богдан (МАЗ)-6317
Середня швидкість, м/с	24,78	22,38	20,5	19,48	23,1
Середня швидкість, км/год	89,2	80,5	73,8	70,1	76,6

Аналіз отриманих результатів свідчить, що середня швидкість автомобілів за заданих умов руху мало відрізняється між собою, за виключенням автомобіля MAN 13.320, у якого електронна система обмеження максимальних обертів двигуна забезпечує рух з максимальною швидкістю 100 км/год на відміну від решти автомобілів, у яких максимальна швидкість знаходиться у діапазоні від 85 км/год до 90 км/год. Слід також зазначити, що під час дослідження не враховувались транспортні умови, які, наприклад, у разі руху автомобіля у щільному транспортному потоці, можуть накладати суттєві обмеження на середню швидкість руху.

Висновки

1. Середню швидкість руху доцільно використовувати як показник для порівнювального оцінювання тягової динамічності автомобілів.

2. Графоаналітичний метод визначення середньої швидкості забезпечує достатню достовірність результатів у разі руху автомобіля по маршруту, дорожні умови на якому заздалегідь відомі. Для її підвищення доцільно, якщо буде потреба, поєднувати теоретичні дослідження з експериментальними.

3. Застосування аналітико-стохастичного методу розрахунку середньої швидкості передбачає попереднє визначення закону розподілу випадкових величин дорожніх умов та його параметрів, що ускладнює застосування даного методу у складних дорожніх умовах і потребує додаткових досліджень.

4. Висновки щодо впливу середньої швидкості як показника тягової динамічності на рівень пристосованості військових вантажних автомобілів до виконання завдань логістичного забезпечення доцільно формулювати за результатами додаткових досліджень, зокрема за результатами визначення кореляції тягової динамічності з рештою значущих параметрів військового вантажного автомобіля.

Перелік джерел посилання

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. Страшний І. Л., Нікорчук А. І., Маренко Г. М. Автомобільна техніка. Ч. 3. Системи керування вантажних автомобілів : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2023. 251 с.
5. Дюндик С. М., Страшний І. Л., Мазанов В. Г. Енергетичні установки автобронетанкової техніки Національної гвардії України : навч. посіб. Харків : НА НГУ, 2020. 382 с.
6. Страшний І. Л., Горбунов А. П. Експлуатаційні властивості автомобілів : навч. посіб. Харків : Акад. ВВ МВС України, 2014. 94 с.
7. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія : навч. посіб. 2-ге вид., виправлене та допов. Київ : Арістей, 2008. 288 с.
8. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. / Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Київ : КВІЦ, 2004. 174 с.
9. Порівняльний аналіз конструктивних і техніко-експлуатаційних показників українських броньованих машин / Р. О. Кайдалов та ін. *Наукові нотатки*. Луцьк, 2020. № 69. С. 45–54.
10. Страшний І. Л., Маренко Г. М., Бондар Є. В. Методика оцінювання пристосованості вантажних автомобілів військового призначення до виконання завдань у складі підрозділів Національної гвардії України : *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2022. Вип. 1 (39). С. 63–69.
11. Жаров К. С. Дослідження середньої швидкості руху та продуктивності автопоїздів. *Вісник Національного транспортного університету*. 2008. Ч. 1. № 17. С. 126–133.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2024 р.

UDC 629.331

R. Kaidalov, I. Strashnyi, O. Kalatynets

**METHODS OF COMPARATIVE EVALUATION OF MILITARY TRUCKS
BY TRACTION DYNAMICS**

Solving the tasks of equipping military units with new models of weapons and equipment and modern military trucks is complicated by certain objective factors, the main of which can be considered resource limitations associated with the destruction of part of the state's technical infrastructure, as well as losses of military equipment during hostilities. Refusal of chaotic staffing of units with trucks and determination of the type and unified model range of military trucks, the use of which will ensure the necessary level of efficiency in the performance of logistical tasks, is one of the most appropriate ways to eliminate the causes that lead to negative consequences. One of the initial stages of this process may be the formation of methods for comparative evaluation of military trucks according to their operational properties.

The aim of the article is to develop methods for comparative assessment of military trucks in terms of traction dynamics. The average speed of movement is chosen as an indicator for the traction dynamics of military trucks. The average speed of a vehicle is determined by comparing the traction force developed by the vehicle on the drive wheels with the resistance forces that arise during movement.

The graph-analytical method of calculating the average speed can be used only if the vehicle route and road conditions are known in advance. The article performs calculations using this method for a typical route of a military truck during the task of logistical support of units in a combat zone.

The analytical-stochastic method of calculating the average speed of a vehicle is used if the exact values of the route parameters are not determined. In this case, it is advisable to describe the change in the value of

the resistance to movement by the normal law of distribution of the road resistance coefficient values along the length of the route. Using this method, the article determines the average speed of vehicles while traveling on public roads. Analysis of the results shows that the average speed of vehicles in this case differs little from each other, which requires taking into account additional factors for evaluation.

К e y w o r d s : truck, road, traction dynamics, dynamic factor, average speed.

Кайдалов Руслан Олегович – доктор технічних наук, професор, заступник начальника Національної академії Національної гвардії України з наукової роботи.

<https://orcid.org/0000-0002-5131-6246>

Страшний Ігор Леонідович – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-7517-3032>

Калатинець Олександр Володимирович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0009-0001-6080-5383>