

М.А. ПОДРИГАЛО, Р.О. КАЙДАЛОВ, М.М. АЛЮКСА, В.І. ОМЕЛЬЧЕНКО

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОВІСНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА БАГАТОЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ

В статті показана необхідність підвищення енергетичної ефективності багатовісних автомобілів та автопоїздів шляхом вдосконалення методів проектування за рахунок застосування нових показників та критеріїв. Визначено взаємозв'язок між показником енергетичної ефективності та параметрами аеродинамічного опору автомобіля; проведення оцінки впливу причіпних ланок на енергетичну ефективність автопоїзда. Доведено вплив аеродинамічних параметрів на показник енергетичної ефективності автомобіля. Доведено, що зі зростанням максимальної швидкості автомобіля показник енергетичної ефективності росте при $n > 1$ та падає при $n < 1$. При $n = 1$ максимальна швидкість автомобіля не впливає на показник енергетичної ефективності. Також визначено вплив причіпних ланок на енергетичну ефективність автомобільного поїзда. Зі збільшенням числа причіпних ланок відбувається збільшення маси вантажа, що перевозиться та зменшення ККД колісного рушія автопоїзда.

Ключові слова: енергетична ефективність, багатовісний автомобіль, багатоланковий автопоїзд, аеродинамічність, колісний рушій, коефіцієнт корисної дії.

M. PODRYHALO, R. KAI DALOV, M. ALOKSA, V. OMELCHENKO

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY INDICATORS OF MULTY-AXLE AUTOMOBILES AND MULTY-LINK ROAD TRAINS

The article shows the need to increase the energy efficiency of multi-axle automobiles and road trains by improving design methods through the use of new indicators and criteria. The relationship between the energy efficiency indicator and the aerodynamic resistance parameters of the automobile was determined; carrying out an assessment of the impact of towing links on the energy efficiency of the road train. The influence of aerodynamic parameters on the automobile's energy efficiency indicator has been proven. It is proven that with the increase in the maximum speed of the car, the energy efficiency index increases when $n > 1$ and decreases when $n < 1$. When $n = 1$, the maximum speed of the automobile does not affect the energy efficiency indicator. The influence of towing links on the energy efficiency of the automobile train is also determined. With an increase in the number of towing links, there is an increase in the weight of the transported cargo and a decrease in the efficiency of the wheel drive of the road train.

Key words: energy efficiency, multi-axle automobile, multi-link road train, aerodynamics, wheel drive, efficiency.

Вступ. Ефективність будь-якого автомобіля визначається його тягово-швидкісними якостями та паливною економічністю. Енергетична ефективність автомобіля визначається ступенем його аеродинамічності, який є предметом основної уваги при проектуванні форми його кузова.

Сила аеродинамічного опору та частина потужності двигуна, що витрачається на її подолання, залежить від коефіцієнта лобового опору та площі лобового перерізу (міделя) автомобіля. Довжина кузова автомобіля в цьому випадку в розрахунок не враховується, це дозволяє підвищити продуктивність та знизити собівартість перевезень за рахунок застосування довгобазних та багатовісних автомобілів, а також автомобільних поїздів.

В цій статті проведений аналіз різноманіття критеріїв енергетичної ефективності автомобілів та показана перевага багатовісних автомобілів та автопоїздів.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. В якості показника тягових якостей автомобіля використовується [1] питома потужність автомобіля, яка представляє собою співвідношення максимальної ефективності потужності двигуна $N_{e \max}$ до маси автомобіля m_a :

$$N_{\text{пит}} = \frac{N_{e \max}}{m_a} \quad (1)$$

Вказаний показник залежить від виду та класа транспортних засобів, а також від умов експлуатації. Знаходиться в межах $N_{\text{пит}} = 15 - 50$ кВт (за даними М.О.Бухаріна, В.С. Прозорова, М.М. Щукіна).

В роботі [1] запропонований показник – співвідношення спорядженої маси транспортного засобу до потужності двигуна. Чим менше відношення маси до потужності, тим більше величина прискорення (при розгоні автомобіля).

Важливим показником, що визначають тягові властивості автомобіля, є питома сила тяги (динамічний фактор) ДІ питома потужність $N_{\text{пит}}$. Як вважає професор, Бухарін М.О., автомобіль з високою питомою тягою при достатньому зчепленні коліс з дорогою буде успішно долати складні ділянки шляху. Однак, якщо питома потужність мала, не може бути досягнута необхідна швидкість руху. Висока питома швидкість автомобіля забезпечує значні прискорення при розгоні та високу швидкість руху як одиничного автомобіля, так і автопоїзда на дорогах з високим коефіцієнтом сумарного дорожнього опору.

Менше значення питомої потужності відповідає мікролітражним автомобілям з помірними максимальними швидкостями. У легкових автомобілів високих класів виробництва США та гоночних автомобілів питома потужність $N_{\text{пит}}$ досягає величин 150–200 кВт/т та більше.

Як видно з наведених даних, величина $N_{\text{пит}}$ залежить від виду, класу транспортного засобу, а також від умов експлуатації та тому не дає конкретної інформації про тягово-швидкісні якостях автомобіля.

В роботі [2] введено поняття коефіцієнта використання граничної потужності двигуна, встановленого на автомобілі, до граничної потужності, яку можна реалізувати на автомобілі, що розглядається:

$$H = N_{e_{\text{max}}} / N_{\text{гран}} \quad (2)$$

Гранична потужність, яку можна реалізувати на автомобілі, що розглядається може бути визначена як [2]:

$$N_{\text{гран}} = \frac{x \cdot (1 - S_x + K_{\text{зч1}} \varphi)}{\eta_{\text{тр}} (1 - S_x)^2} \sqrt{\frac{K_{\text{зч1}} \cdot \varphi \cdot m_a^3 \cdot g^3}{k_v \cdot F}} \quad (3)$$

де S_x – повздовжнє відносне буксування ведучих коліс; $K_{\text{зч1}}$ – коефіцієнт використання зчпної ваги автомобіля обумовлений наявністю неведучих коліс; для повнопривідного автомобіля $K_{\text{зч1}}=1,0$; $\eta_{\text{тр}}$ – ККД трансмісії; F – площа лобового перерізу (міделя) автомобіля; k_v – коефіцієнт аеродинамічного опору; φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

Коефіцієнт використання граничної потужності [2]:

$$H = \frac{N_{e_{\text{max}}} \cdot \eta_{\text{тр}} (1 - S_x)^2}{x (1 - S_x) + \varphi} \sqrt{\frac{k_v \cdot F}{\varphi \cdot m_a^3 \cdot g^3}} \quad (4)$$

В таблиці 1 представлені результати розрахунку параметра H , виконаного в роботі [2] для ряду моделей легкових автомобілів. Аналіз значень H , наведений в таблиці, показав, що вони змінюються у відносно широких межах.

Таблиця 1 – Визначення параметра H для ряду моделей легкових автомобілів [2]

Модель автомобіля	Повна маса, кг	Максимальна потужність двигуна, кВт	Параметр $k_v \cdot F$, $H \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$	$\eta_{\text{тр}}$	$N_{\text{гран}}$, кВт	H
ЗА3-968	1080	32	0,491	0,88	827,5	0,039
ВА3-2101	1345	44	0,443	0,90	1185	0,037
М-408	1330	36,75	0,436	0,90	1173,7	0,031
М-412	1340	55	0,436	0,90	1187,5	0,046
ГАЗ-21	1875	55	0,409	0,92	1985	0,028
ГАЗ-24	1825	72	0,445	0,92	1828,7	0,039
ГАЗ-13	2625	143	0,581	0,92	2760	0,052
ЗІЛ-111Г	3130	147	0,604	0,92	3525	0,042
ЗІЛ-114	3610	220	1,047	0,92	3315	0,066
ВА3-2112	1050	66,7	0,419	0,90	1133,7	0,059
HondaS200	1535	177	0,519	0,90	1686	0,105
VolvoV70Г	2100	132	0,504	0,90	2352,5	0,056

В роботах [3,4] запропонований показник енергетичної ефективності автомобіля:

$$E_w = \frac{m_{\text{повн}} \cdot V_{\text{max}}^2}{2N_{e\text{max}}} \quad (5)$$

де $m_{\text{повн}}$ – повна маса автомобіля; V_{max} – максимальна швидкість автомобіля;

Показник E_w дозволяє в комплексі оцінювати вплив параметрів $m_{\text{повн}}$, V_{max} та $N_{e\text{max}}$ на енергетичну ефективність автомобіля. Він показує яка частина кінетичної енергії поступального руху автомобіля при повній масі та максимальній швидкості випадає на одиницю ефективної потужності двигуна. В таблиці 2 наведені отримані в роботі [2] значення E_w для легкових автомобілів різноманітних класів, випущених в різні роки. Аналогічні результати, отримані в роботі [4] представлені в таблиці 3. Аналіз вказаних результатів розрахунків показує, що показники енергетичної ефективності 9-ти розглянутих моделей знаходиться в межах від $16,287 \frac{\text{кДж}}{\text{кВт}}$ до $29,383 \frac{\text{кДж}}{\text{кВт}}$.

Слід відмітити, що сучасні автомобілі провідних зарубіжних фірм мають найбільш високі показники енергетичної ефективності ($E_w=22\text{--}29 \text{ кДж/кВт}$). Наведені для порівняння в таблиці 2 показники питомої потужності $N_{\text{пит}}$ для розглянутих моделей автомобілів змінюються в більш широких межах ($N_{\text{пит}} = 27,63\text{--}115,37 \frac{\text{кВт}}{\text{т}}$). Таким чином запропонований в роботах [3,4] показник енергетичної ефективності більш точно зв'язує між собою повну масу m , максимальну швидкість руху V_{max} та максимальну енергетичну потужність двигуна $N_{e\text{max}}$.

Однак у відомих дослідженнях при оцінці енергетичної ефективності не враховано вплив аеродинамічних показників автомобілів, що особливо важливо знати при проектуванні та експлуатації багатовісних автомобілів та автопоїздів.

Таблиця 2 – Вплив рівня енергетичної навантаженості 6-ти моделей легкових автомобілів [3]

№ п.п	Модель автомобіля	Рік випуску	Максимальна швидкість, м/с	Максимальна потужність двигуна, кВт	Повна маса, кг	Максимальна кінетична енергія автомобіля ($W_{\text{кін}}\text{max}$, кДж)	$\eta_{\text{тр}}$	E_w , кДж/кВт	$N_{\text{пит}}$, кВт/т
1	М-408	1964	33,33	36,75	1330	738,89	0,90	20,00	27,63
2	ВАЗ-2112	2004	47,22	66,7	1500	1672,30	0,92	25,00	44,77
3	ГАЗ-24	1968	40,28	72	1825	1480,51	0,92	20,41	39,45
4	ЗІЛ-114	1967	52,77	220	3610	5026,33	0,90	22,73	60,94
5	Honda S2000	1999	66,67	177	1535	3411,45	0,90	19,23	115,37
6	Volvo VT0T5	2004	58,33	132	2100	3572,51	0,90	27,03	62,86

Таблиця 3 – Показники енергетичної ефективності E_w 9-ти випробуваних моделей легкових автомобілів [4]

№ з/п	Модель автомобіля	$N'_{e \max}$, кВт	$V'_{a \max}$, км/год	m_n , кг	$W_{\text{кін}}$, кДж	E'_w , кДж/кВт
1	Daewoo Lanos	63,000	172	1595	1814,864	28,807
2	Toyota Corolla E 110	80,882	195	1625	2376,562	29,383
3	BA3-2110	69,118	185	1525	2007,4279	29,043
4	BA3-2115	58,823	165	1450	1518,3173	25,812
5	BA3-2121	53,700	132	1550	1038,738	19,343
6	ZA3-1103	43,000	147	1190	989,027	23,000
7	BA3-2111	66,176	175	1530	1802,163	27,233
8	BA3-2170	72,059	183	1578	2032,525	28,206
9	BA3-2107	71,000	145	1430	1156,375	16,287

Мета та постановка задачі дослідження.

Метою цієї роботи є підвищення енергетичної ефективності багатовісних автомобілів та автопоїздів шляхом вдосконалення методів проектування за рахунок застосування нових показників та критеріїв.

Для досягнення поставленої мети вирішувались завдання визначення взаємозв'язку між показником енергетичної ефективності та параметрами аеродинамічного опору автомобіля; проведення оцінки впливу причіпних ланок на енергетичну ефективність автопоїзда

Основний матеріал та результати дослідження.

Максимальна швидкість руху автомобіля V_{\max} залежить від максимальної ефективної потужності двигуна $N_{e \max}$ та сили аеродинамічного опору. Якщо прийняти, що втрати на опір коченню ведучих коліс є внутрішніми втратами потужності в механізмі ходової частини [5], а ККД колісного рушія є компонентом миттєвого ККД трансмісії, то з рівності:

$$N_{e \max} \cdot \eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} \cdot \eta_{\text{руш}}^{\text{мит}} = P_w \cdot V_{\max} \quad (6)$$

де $\eta_{\text{тр}}^{\text{мит}}$ – миттєвий ККД трансмісії автомобіля; $\eta_{\text{руш}}^{\text{мит}}$ – миттєвий ККД колісного рушія; V_{\max} – сила аеродинамічного опору.

В роботі [6] запропонована нова формула для розрахунку сили аеродинамічного опору руху автомобіля:

$$P_w = \frac{A_w}{2} S \cdot F \cdot V_a^{2-n} \quad (7)$$

де A_w – коефіцієнт, чисельно рівний коефіцієнту аеродинамічного опору C_x при швидкості автомобіля $V_a = 1$ м/с; n – показник ступеня в залежності $C_x(V_a)$ [4, 6],

$$C_x = \frac{A_w}{V_a^n}; \quad (8)$$

S – щільність повітря.

В роботі [4] визначено, що величина A_w може знаходитися в межах від $1,8 \left(\frac{M}{c}\right)^n$ до $11,41 \left(\frac{M}{c}\right)^n$ в залежності від виду, класу та форми кузова автомобіля. Показник ступеня n може змінюватися від величини 0,8 до величини 1,3 також в залежності від виду, класу та форми кузова автомобіля.

Максимальна сила аеродинамічного опору виникає при максимальній швидкості. У цьому випадку:

$$P_{w \max} = \frac{A_w}{2} S \cdot F \cdot V_{\max}^{2-n}; \quad (9)$$

Після підстановки (9) в (6) знаходимо максимальну швидкість автомобіля:

$$V_{\max} = \sqrt[3-n]{\frac{2 \cdot N_{e\max} \cdot \eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}} \cdot \eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}}}{A_w \cdot S \cdot F}} \quad (10)$$

Формула (10) справедлива при відсутності обмеження частоти обертання колінчастого валу і відповідних значеннях передатного числа трансмісії.

Коефіцієнт корисної дії колісного рушія [7] визначається наступної залежністю:

$$\eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}} = \left[1 - \frac{M_{\kappa 2}}{C_{\text{круг}}} \left(1 - \frac{R_{z2} \cdot f \cdot R_d}{M_{\kappa 2}} \right) \right] \times \left[n_2 \left(1 - \frac{R_{z2} \cdot f \cdot R_d}{M_{\kappa 2}} \right) \right] - \quad (11)$$

$$- n_1 \frac{R_{z1} \cdot f \cdot R_d \cdot \omega_{\kappa 2}}{\eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}} N_e} \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{C_{\text{круг}}}{f \cdot R_{z1} \cdot R_d}} \right)$$

де $M_{\kappa 2}$; $\omega_{\kappa 2}$ – сумарний крутний момент та кутова швидкість автомобіля; R_{z2} – сумарна нормальна реакція дороги на ведучі колеса однієї осі; R_{z1} – сумарна нормальна реакція дороги на ведені колеса однієї осі; f – коефіцієнт опору коченню; R_d – динамічний радіус коліс; $C_{\text{круг}}$ – сумарна кругова жорсткість однієї пари коліс;

n_1 ; n_2 – сумарна кількість осей з веденими та ведучими колесами, відповідно.

Рівняння (5) з урахуванням співвідношень (6) та (9) прийме вигляд:

$$E_w = \frac{m_{\text{п}}}{A_w \cdot S \cdot F} \eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}} \cdot \eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}} \cdot V_{\max}^{n-1} \quad (12)$$

Аналіз отриманого рівняння (12) показує, що збільшення параметрів A_w та F призводить до зменшення показника енергетичної ефективності автомобіля. Збільшення повної маси $m_{\text{п}}$, ККД трансмісії $\eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}}$ та колісного рушія $\eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}}$ веде до підвищення енергетичної ефективності автомобіля. Цікавий вплив швидкості автомобіля. При аеродинамічному параметрі $n > 1$ зі зростанням максимальної швидкості автомобіля V_{\max} відбувається підвищення показника E_w , а при $n < 1$, навпаки – зниження. При $n = 1$ максимальна швидкість автомобіля V_{\max} не впливає на t .

Потрібно відмітити, що габаритна довжина автомобіля не враховується у виразах (9), (12). Це означає, що збільшуючи довжину автомобіля, можна збільшити кількість вантажу, що перевозиться (його масу $m_{\text{ван}}$). Станеться тільки зниження ККД колісного рушія $\eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}}$ за рахунок збільшення сили опору коченню коліс. В роботі [8] показано, що на аеродинамічний опір руху автомобіля може впливати не тільки маса вантажу, що перевозиться, але і його розташування. Таким чином, вираз (12) дозволяє отримати однакові значення E_w , для автомобілів з однаковими параметрами A_w , n , F , $\eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}}$, V_{\max} , $N_{e\max}$, але маючи різну повздовжню базу L . Однак слід не забувати, що збільшуючи базу L автомобіля та підвищуючи показник E_w , ми знижуємо показники маневреності, що залежать від L .

Якщо використовувати багатовісний автомобіль, то при тих же параметрах $N_{e\max}$, A_w , n , F , $\eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}}$ ККД колісного рушія $\eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}}$ буде менше та показник E_w , буде нижче, чим у двовісного автомобіля.

Для автомобільного поїзда вираз (12) прийме вигляд:

$$E_{\text{вп}} = \frac{m_{\text{п}} + \sum_{i=1}^{\kappa} m_{\text{прі}}}{Q \cdot A_w \cdot S \cdot F} \eta_{\text{тр}}^{\text{МІТ}} \cdot \eta_{\text{руш}}^{\text{МІТ}} \cdot V_{\max}^{n-1} \quad (13)$$

де κ – число причіпних ланок; $m_{\text{прі}}$ – маса i -ої причіпної ланки; Q – коефіцієнт збільшення лобового аеродинамічного опору автомобіля по відношенню до одиночного автомобіля.

В роботі Закіна Я. Х. показано, що приріст коефіцієнта лобового аеродинамічного опору C_x від кожного причепа складає від 31,5 до 23%. Для практичних розрахунків зазначений автор рекомендує використовувати значення 25-26% тобто $Q=1,25-1,26$.

Робота Фаробіна Я.Є., Овчарова В.О. Кравцовой В.О. [12] відрізняється тим, що наявність причепа, незалежно бортового чи фургона, коефіцієнт опору повітря k_v збільшується приблизно на 30%. У сідельного автопоїзда коефіцієнт опору повітря k_v приблизно на 10% вище, чим в одиничного автомобіля. Таким чином, коефіцієнт Q можна представити у вигляді:

$$Q = 1,25k, \quad (14)$$

та вираз (13) прийме вигляд:

$$E_{\text{вп}} = \frac{m_{\text{п}} + \sum_{i=1} m_{\text{при}}}{1,25k \cdot A_w \cdot S \cdot F} \eta_{\text{тр}}^{\text{мит}} \cdot \eta_{\text{рушп}}^{\text{мит}} \cdot V_{\text{max}}^{n-1} \quad (15)$$

Отриманий вираз (15) дозволяє провести оцінку енергетичної ефективності автомобільного поїзда.

Висновки.

В результаті проведеного дослідження визначено вплив аеродинамічних параметрів на показник енергетичної ефективності автомобіля. Визначено, що зі зростанням максимальної швидкості автомобіля показник енергетичної ефективності росте при $n>1$ та падає при $n<1$. При $n=1$ максимальна швидкість автомобіля не впливає на показник енергетичної ефективності.

Визначено вплив причіпних ланок на енергетичну ефективність автомобільного поїзда. Зі збільшенням числа причіпних ланок відбувається збільшення маси вантажа, що перевозиться та зменшення ККД колісного рушія автопоїзда.

Список літератури:

1. BOSCH.4th Edition. Automotive Handbook. Germany,1996. 8p.
2. Динамика автомобиля / М. А. Подригало, В. П. Волков, А. А. Бобошко и др. – Харьков: Из- во ХНАДУ, 2008. – 424 с.
3. Підвищення енергоефективності автомобілів при маневруванні зниженням непродуктивних витрат енергії: автореф. дис.на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец: 05.22.20 / Мазін О. С. – Харків, 2020. – 20 с.
4. Тарасов Ю.В. Наукові основи забезпечення технічного рівня автотранспортних засобів при проектуванні та модернізації : автореф. дис. на здобуття наук. ступення докт. техн. наук: спец. 05.22.02 – автомобілі та трактори / Ю.В. Тарасов. – Харків, 2021. – 40 с.
5. Aziz Abdulgaziz and Mikhail Podrigalo. A new approach to assessment of vehicle traction dynamics / A. Abdulgaziz, M. Podrigalo // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering.– 2020. 7 pp.DOI:101088/1757 – 899x/971/5/052100.
6. Метод рациональных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М. А. Подригало и др. – Харьков: Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.
7. Подригало М. А., Кайдалов Р.О, Омельченко В.І. Оцінка коефіцієнта корисної дії колісного рушія автомобіля // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. Електронне наукове спеціалізоване видання. – Вип. 21: Харків, 2022. – с.31-39. DOI:10.30977/АТ/2019 – 8342.2022.21.08.
8. Гашук П. Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П. Н. Гашук. – Львов: СВІТ, 1992. – 208 с.
9. Закиян Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда / Я. Х. Закиян. – М. : Транспорт, 1967. – 255 с.
10. Фаробин Я. Е. Теория движения специализированного подвижного состава. Учебное пособие / Я. Е. Фаробин, В. А. Овчаров, В. А. Кравцова. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1981. – 160 с.

References (transliterated):

1. BOSCH.4th Edition. Automotive Handbook. Germany,1996. 891p.
2. Dynamika avtomobilia / M.A. Podrigalo, V.P. Volkov, A.A. Boboshko i dr. – Kharkov: Iz-vo KHNADU, 2008. – 424 s.
3. Pidvyshchennia energoefektyvnosti avtomobiliv pry manevruvanni znyzhenniam neproduktyvnyh vytrat energii: avrotef.dys.na zdobuttia nauk. Stupennia kand.tech. nauk: spets: 05.22.20 / Mazin O.S. – Kharkiv, 2020. 20 s.
4. Tarasov Yu.V. Naukovi osnovy zabespechennia tehnicnohogo rivni avtotransportnyh zasobiv pry proektuvanni ta modernizatsii: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. Stupennia dokt. tehn. nauk: spets. 05.22.02 – avtomobili ta traktory/ YU. V. Tarasov. – Kharkiv, 2021. – 40с.

5. Aziz Abdulgaziz and Mikhail Podrigalo. A new approach to assessment of vehicle traction dynamics / A. Abdulgaziz, M. Podrigalo // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering.– 2020. 7 pp.DOI:101088/1757 – 899x/971/5/052100.
6. Metod ratsyonalnyh uskorenii i ego prilozheniya v dinamike mobilnyh mashyn / N.P. Artemov, A.T. Lebedev, M. A Podrigalo i dr. – Kharkov: Iz-vo «Miskdruk», 2012. – 220 s.
7. Podrygalo M.A., Kaidalov R.O., Omelchenko V.I. Otsinka koefitsienta korysnoi dii kolisnogo rushiya avtomobilia // Avtomobil i elektronika. Suchasni tehnologii. Elektronne naukovе spetsializovane vydannia. – Vyp.21: Kharkiv, 2022. – s.31-39. . DOI:10.30977/AT/2019 – 8342.2022.21.08.
8. Hashchuk P. N. Energeticheskaia effektivnost avtomobilya / P. N. Hashchuk. – Lvov: SVIT, 1992. – 208 s.
9. Zakiyan Ya. Kh. Prikladnaia teoriya dvizheniya avtopoezda / Ya. Kh. Zakyian. – M. : Transport, 1967. – 255 s
10. Farobin Ya. E. Teoriya dvizheniya spetsyalizirovannogo podvyzhnogo sostava. Uchednoe posobie / Ya. E. Farobin, V. A. Ovcharov, V. A. Kravtsova. – Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo universiteta, 1981. – 160 s.

Надійшла (received) 24.05.2023 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Подригало Михайло Абович (Podryhalo Mykhailo) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>; e-mail: pmikhab@gmail.com

Кайдалов Руслан Олегович (Kaidalov Ruslan) – доктор технічних наук, професор, заступник начальника Національної академії Національної гвардії з наукової роботи, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5131-6246>; e-mail: kaidalov.76@ukr.net

Альокса Микола Миколайович (Aloksa Mykola) – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0568-4419>; e-mail: avtomob@khadi.kharkov.ua

Омельченко Василь Іванович (Omelchenko VasyI) – начальник відділу міжнародних зв'язків, інформації та комунікації Національної академії Національної гвардії України, аспірант Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6713-7026>; e-mail: omel85@ukr.net