

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ МІЖМІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Крупнов В.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна, sniv@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2111-4678

METHODOLOGY FOR MONITORING THE TRANSPORT ENERGY EFFICIENCY OF VEHICLES FOR INTERCITY CARGO TRANSPORTATION

Krupnov V.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine, sniv@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2111-4678

Постановка задачі. Вантажні перевезення у приміському і міжміському сполученнях складають 68% у загальному об'ємі вантажопотоку. На рисунку 1 показана структура парку рухомого складу за вантажністю автотранспортних засобів, який використовується для цих перевезень в країні. З рисунку видно, що доля двох груп автомобілів вантажністю до 0,5 тон і від 0,5 до 2,0 т – малої вантажопідйомності (АМВ) складає 29%. У зв'язку з цим, на прикладі аналізу АМВ розроблена методика моніторингу і аналізу транспортної енергоефективності автомобілів для приміських і міжміських вантажних перевезень.

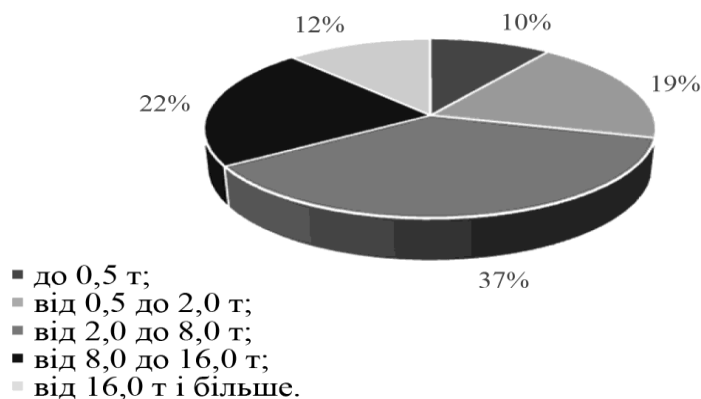


Рисунок 1 – Структура парку рухомого складу, який використовується для приміських і міжміських перевезень в країні [3]

Figure 1 – The structure of the rolling stock used for suburban and long-distance transportation in the country

Кожного року можна спостерігати збільшення різновидів АМВ, які випускаються автобудівельними фірмами. На них є попит як в Україні, так і в усьому світі. З кожним роком зростає доля АМВ в структурі парку рухомого складу України. Особливостями процесів автомобільних перевезень з використанням АМВ є: велика різноманітність модифікацій АМВ та їх технічних параметрів, відносно високі рівні питомих показників енергоємності та ресурсоємності транспортних процесів. У зв'язку з великою кількістю модифікацій АМВ і різноманітністю умов міжміських перевезень у перевізників виникає потреба обґрунтування АТЗ, що відповідають його техніко-технологічним вимогам згідно концепції експлуатаційно-технологічного енергозбереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз придатності техніко експлуатаційних параметрів АМВ до енергозберігаючих автотранспортних технологій є метою транспортно-технологічного моніторингу і обґрунтування енергоефективності АМВ. Існуючі методи організації автомобільних перевезень [1] не дозволяють вирішувати задачі формування енергозберігаючих транспортних технологій з комплексним урахуванням змін важливих факторів транспортного процесу (конструктивних, дорожніх, енергетичних, транспортно-експлуатаційних). Такий недолік є результатом занадто спрощеного підходу, який прийнятий в теорії організації автомобільних перевезень. Використовується теоретична схема віртуального транспортування вантажів, в якій є відсутнім матеріальний продукт автотранспорту. Для аналізу об'єму транспортної роботи визначається кількість віртуально-облікового продукту, який вимірюється у тонно-кілометрах. При цьому автомобіль розглядається як рухомий склад з властивостями віртуально рухомого кузова. Крім

того, не враховуються властивості дороги як поверхні кочення. Математичні моделі показників продуктивності та противитратної ефективності автомобільних перевезень засновані на ґносеологічному принципі незмінності параметрів техніки та технології перевезень та їх неврахованості [1]. У зв'язку з вищевикладеним для вирішення поставленої задачі використовується теорія енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологічна недостатність теорії транспортних процесів [1] обумовлена принципом незмінності і неврахованості параметрів автомобілів і автотранспортної технології. Складний автомобіль розглядається як віртуально-рухомий склад, що характеризується лише вантажопідйомністю. Замість моделі автотранспортної операції формалізована модель транспозиційної операції (фіксуються тільки дві термінальні події «відправлення – прибуття» та факт доставки в кінцевий термінал без врахування процесу адаптивного функціонування автомобіля) Як наслідок, з аналізу випадають фізичні, технологічні, технічні та дорожні фактори реальних перевезень. При транспортно-технологічному підході враховуються: комплекс ресурсно-технічних властивостей автомобіля як засобу виробництва фізичного продукту, машинні процедури і процеси автотранспортної технології [2]. Методика транспортно-технологічного обґрунтування передбачає визначення енергетичних характеристик засобу виробництва в міський, магістральний та еталонний операціях. Краща придатність АМВ до енергозберігаючих технологій визначається шляхом порівняння його енергетичних характеристик з еталонними даними. Також, використовується модель розрахункового маршруту при здійсненні перевезень АМВ, що кількість та клас вантажу, категорію доріг на маршруті та час роботи АМВ в міських та магістральних умовах.

В групу конкуруючих варіантів АМВ було обрано: Renault Master (фургон, який компанія Renault випускає з 1980 року), компактний вантажний фургон Ford Transit Connect, лідер продажу серед фургонів Fiat Ducato, повнорозмірний фургон виробництва концерну General Motors – Chevrolet Express та малотоннажний автомобіль Mercedes-Benz Sprinter.

Основні техніко-експлуатаційні показники обраних АМВ представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики обраних автомобілів

Table 1 – Technical characteristics of selected cars

№ п/п	Марка авто	Renault Master	Ford Transit Connect	Fiat Ducato	Chevrolet Express	Mercedes-Benz Sprinter
1	Вантажопідйомність, т	1,4	0,7	0,9	1,7	1,2
2	Власна маса, т	2,185	1,65	1,925	2,55	2,1
3	Повна маса, т	3,585	2,35	2,825	4,25	3,3
4	Навантаження на задню вісь, т	3,2	2,3	2,4	1,8	3,5
5	Максимальна потужність, кс	125	120	130	160	130
6	Лінійна норма витрати палива, л/100 км	9,26	8,14	11,07	13,67	7,57
7	Коефіцієнт спорядженої маси	1,56	2,36	2,14	1,5	1,75
8	Витрати палива в міському циклі, л/100 км	9,43	8,28	11,27	13,91	7,1
9	Витрати палива в магістральному циклі, л/100 км	8,2	7,2	9,8	12,1	6,7
10	Час розгону – до 40 км/год, с	5,78	4,11	4,49	5,34	5,16
11	до 60 км/год, с	12,38	8,62	9,48	11,39	10,99
12	до 80 км/год, с	21,61	14,94	16,47	19,28	19,15
13	до 100 км/год, с	33,49	23,07	25,45	30,76	29,65

Моделі енергетичних характеристик та критеріїв транспортної енергоефективності АМВ були введені в електронні таблиці програми Excel.

На основі математичних моделей була вирішена задача впливу експлуатаційних показників на показник енергоефективності. Для транспортно-технологічного обґрунтування були використані коефіцієнт швидкості, паливний коефіцієнт пробігу та показник енергоефективності. Логіка вибору виходить з того, що чим вище показник транспортної енергоефективності АМВ, тим вище технологічний рівень перевезень.

Таблиця 2 – Аналіз впливу експлуатаційних факторів на показники транспортної енергетичної ефективності АМВ на розрахунковому маршруті

Table 2 – Analysis of the impact of operational factors on the indicators of transport energy efficiency of light-duty vehicles on the calculation route

	Показник енергетичної ефективності АТЗ на розрахунковому маршруті									
Коефіцієнти	Коефіцієнт використання вантажопідйомності					Коефіцієнт опору дороги				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	0,015	0,025	0,035	0,045	0,055
АМВ										
Renault Master	0,136	0,272	0,407	0,543	0,679	0,398	0,3	0,233	0,184	0,147
Ford Transit Connect	0,119	0,239	0,239	0,478	0,478	0,35	0,264	0,205	0,162	0,13
Fiat Ducato	0,099	0,198	0,198	0,397	0,397	0,291	0,219	0,17	0,135	0,108
Chevrolet Express	0,096	0,192	0,192	0,383	0,383	0,281	0,212	0,165	0,13	0,104
Mercedes-Benz Sprinter	0,195	0,389	0,389	0,779	0,779	0,571	0,43	0,334	0,264	0,211

Для обчислення показника енергетичної ефективності АТЗ на розрахунковому маршруті була використана наступна формула [4,5]:

$$P_e = \frac{k_{vp} \times y_{ct}}{k_{ep} (n_q + y_{ct})}, \quad (1)$$

де: k_{vp} – безрозмірний коефіцієнт середньої швидкості АТЗ на розрахунковому маршруті,
 $k_{vp} = \frac{v_p}{v_{et}},$

де V_p – середня швидкість АТЗ на розрахунковому маршруті, V_{et} – еталонна (постійна) швидкість АТЗ;

k_{ep} – безрозмірний паливний коефіцієнт пробігу АТЗ на розрахунковому маршруті, $k_{ep} = \frac{Q}{Q_{et}},$
де Q – величина витрати палива АТЗ на розрахунковому маршруті, Q_{et} – еталонна витрата палива;
 n_q – коефіцієнт спорядженої маси АТЗ; y_{ct} – коефіцієнт використання вантажності АТЗ.

За допомогою програми Excel були розраховані значення енергоефективності при зміні коефіцієнта використання вантажопідйомності та коефіцієнту опору дороги, які представлені на рисунку 2 та рисунку 3.

Виявлено, що чим більший показник використання вантажопідйомності, тим вища його енергетична ефективність. В результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що найбільше значення коефіцієнту енергоефективності при зміні коефіцієнту вантажопідйомності має Mercedes-Benz Sprinter (0,779). Слід відмітити, що значення енергоефективності на 15% більше ніж у Renault Master.

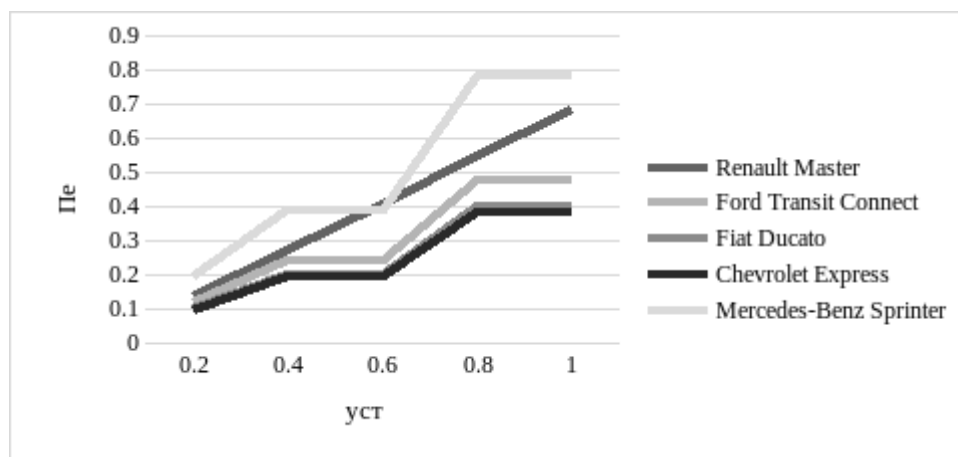


Рисунок 2 – Залежність показника енергетичної ефективності АМВ при зміні значення коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності
 Figure 2 – Dependence of the energy efficiency indicator of light-duty vehicles when the value changes coefficient of static capacity utilization

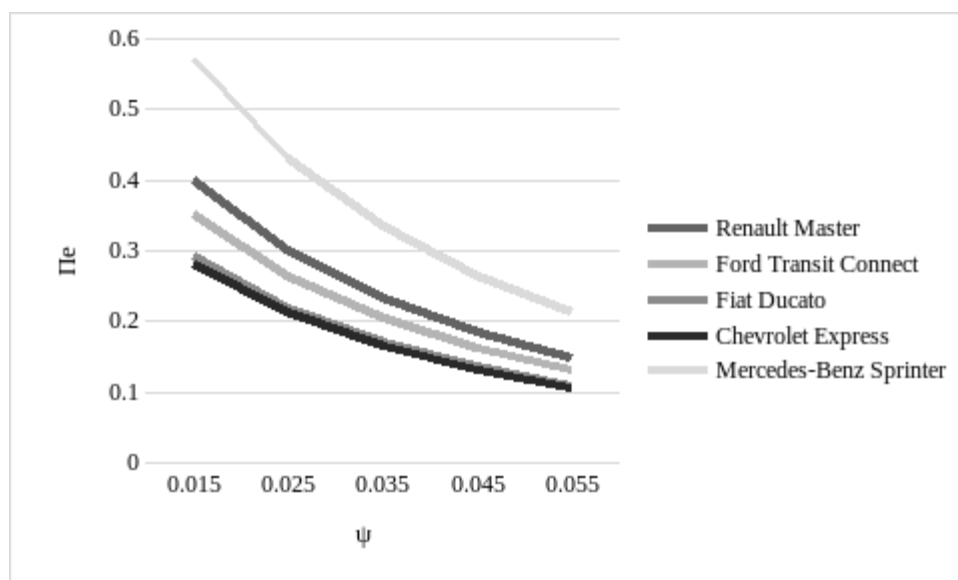


Рисунок 3 – Залежність показника енергетичної ефективності АМВ при зміні значення коефіцієнта опору дороги
 Figure 3 – Dependence of the energy efficiency indicator of light-duty vehicles when changing the value of the coefficient of resistance of the road

Також було виявлено, що зі збільшенням опору дороги, зменшується енергетична ефективність АМВ. Автомобіль Mercedes-Benz Sprinter зі значенням опору дороги 0,015 є на 37% більш ефективним, ніж з показником опору дороги в 0,055.

Висновки.

1. Виявлена актуальність методів моніторингу наданих сегментів ринку автомобілів для концептуально-орієнтованого оновлення рухомого складу для міжміських перевезень.
2. Виявлена транспортно-технологічна і концептуальна недостатність існуючих методик вибору рухомого складу.
3. Визначено закономірності кількісного впливу різних факторів на величини показників транспортної енергоефективності АМВ на розрахункових магістральних маршрутах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки (Основы теории транспортного процесса): Учеб. Пособие для вузов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979, 392 с.
2. Хабутдінов Р. А., Коцюк О.Я. Енергоресурсна ефективність автомобіля: Київ: УТУ – 1997 197 с.
3. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm.
4. Хабутдінов Р.А. Транстехнологічна парадигма і методологія новаційного управління автомобільними перевезеннями / Р.А. Хабутдінов, К.: Вісник НТУ.– вип.24.–2011.–част.2.–С 237-240. (укр)
5. Хабутдінов Р.А Методологія концептуально-новаційного управління технологічним розвитком автотранспорту/ Р.А. Хабутдінов, К.: Вісник НТУ.– вип.29.–2014.– С 409-414. (укр)
6. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Ресурсозберігаючі технології на автомобільному транспорті» за кредитно-модульною системою організації навчального процесу для студентів денної форми навчання напрямку 6.070101 «Транспортні технології (автомобільний транспорт)» фахового спрямування «Організація перевезень і управління на автомобільному транспорті» / Укл.: Р. А. Хабутдінов, І.В. Хмельов. – К.: НТУ, 2012. – 20 с.

REFERENCES

1. Vorkut A.I. Road freight transportation (Fundamentals of the theory of transport process): Proc. Manual for schools. – Kiev High school. Head Publishers, 1979, 392 p. (in Russian)
2. Habutdinov R.A., Kotsyuk O.J. Energy resources efficiency of the car: Kiev: UTA – 1997 – 197 p. (in Ukrainian).
3. State Statistics Service of Ukraine [Electronic resource] – Available at: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm. (in Ukrainian).
4. Khabutdinov, R. A. (2011). Transteknologichna paradigma i metodologiya novacynogo upravlynya avtomobylnymy perevezennyamy [Transport technological paradigm and methodology of novation management of motor-car transportations]. Kyiv: Visnyk NTU.– vol.24.–2011.–part.2.–p. 237-240. [in Ukrainian].
5. Khabutdinov, R. A. (2014). Metodologiya konceptualnogo upravlynya tekhnologichnym rozvytkom avtotransportu [Methodology of conceptual management innovation of technological development of Motor Transport]. Kyiv: Visnyk NTU.– vol.29.– 2014.– P. 409-414. [in Ukrainian].
6. Methodological guidelines for conducting workshops on the subject «Resource-saving technologies in road transport» for the credit system of the educational process for full-time students direction 6.070101 «Transport Technologies (road transport)» professional orientation «Transportation Organization and management of road transport». Khabutdinov R.A., Khmelov I.V. Kyiv, National Transport University, 2012.20 p. (in Ukrainian).

РЕФЕРАТ

Крупнов В.М. Методика моніторингу транспортної енергоефективності автомобілів для міжміських вантажних перевезень / В.М. Крупнов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 1 (51).

В статті запропонована методика моніторингу транспортної енергоефективності автомобілів для міжміських вантажних перевезень, яка розроблена на прикладі аналізу характеристик автомобілів малої вантажопідйомності (АМВ). Вона є актуальною з точки зору забезпечення концептуально-орієнтованого оновлення рухомого складу для міжміських перевезень в умовах ринкової економіки.

Об'єкт дослідження – транспортно-технологічний процес з використанням АМВ в умовах міжміських перевезень.

Мета роботи – формування методики моніторингу і аналізу транспортної енергоефективності автомобілів для оновлення рухомого складу при приміських і міжміських вантажних перевезеннях.

Для досягнення мети використано теорію енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу. Визначено закономірності кількісного впливу різних факторів (показник опору дороги та коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності рухомого складу) на величини показників транспортної енергоефективності АМВ на розрахункових магістральних маршрутах.

Результати статті можуть бути використані в транспортних компаніях, що здійснюють перевезення по Україні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТОДИКА, МОНИТОРИНГ, ТРАНСПОРТНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, ДОРОГА, АВТОМОБІЛЬ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ.

ABSTRACT

Krupnov V.M. Methodology for monitoring the transport energy efficiency of vehicles for intercity cargo transportation. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 1 (51).

The article proposes a method of monitoring the transport energy efficiency of cars for long-distance freight transport, which is developed on the example of the analysis of the characteristics of low-capacity vehicles. It is relevant in terms of providing conceptually-oriented renewal of rolling stock for long-distance transport in a market economy.

The object of study is the transport and technological process with the use of light-duty vehicles in the conditions of long-distance transportation.

The purpose of the work is to form a method of monitoring and analysis of transport energy efficiency of cars for the renewal of rolling stock in suburban and long-distance freight.

To achieve this goal, the theory of energy efficiency of a generalized type of car is used. Regularities of quantitative influence of various factors (road resistance index and coefficient of static capacity utilization capacity of rolling stock) on the values of light-duty transport energy efficiency indicators on the calculated main routes are determined.

The results of the article can be used in transport companies transporting in Ukraine.

KEY WORDS: METHODOLOGY, MONITORING, TRANSPORT ENERGY EFFICIENCY, TECHNICAL AND OPERATING INDICATORS, ROAD, LOW LIFT CAR

АВТОРИ:

Крупнов Владислав Михайлович, аспірант, Національний транспортний університет, Київ, e-mail: sniv@ukr.net, tel.+380982095552, Україна, м. Київ, вул. Героїв Дніпра 3, orcid.org/0000-0002-2111-4678

AUTHOR:

Krupnov Vladyslav Mykhailovych, graduate student, National Transport University, Kyiv, e-mail: sniv@ukr.net, tel. + 380982095552, Ukraine, Kyiv, st. Heroiv Dnipra, 3, orcid.org/0000-0002-2111-4678

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мнацаканов Р.Г., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, кафедра підтримання льотної придатності повітряних суден, e-mail: mnatsakanov@ukr.net, тел. +38-0679714862, Київ, Україна.

Петрашевський О.Л., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, вул. Омеляновича-Павленка,1, e-mail: olp47@ukr.net, тел. +380996092476, Київ, Україна.

REVIEWER:

Mnatcakanov R., Doctor of Technical Sciences Engineering (Dr.), professor, National Aviation University, department of maintaining the airworthiness of aircraft, e-mail: mnatsakanov@ukr.net, тел. +38-0679714862, Kyiv, Ukraine .

Petrashovski O., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, Department of Airports, e-mail: olp47@ukr.net, тел. +380996092476, Kyiv, str. Omelyanovich-Pavlenko, 1, Ukraine.