

## МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ УМОВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Хмельов І. В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Гусев О. В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Піцик М. Г., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## THE METHOD OF VEHICLES' ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS CONSIDERING THE TRAFFIC CONDITIONS

Khmelov I. V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Gusev O. V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Pitsyk M. H., National Transport University, Kyiv, Ukraine

## МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЁТОМ УСЛОВИЙ ПЕРЕВОЗОК

Хмельов И. В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Гусев А. В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Пицык М. Г., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Забезпечення збереження енергії та ресурсів при створенні та експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) є основною ідеєю управління розвитком рухомого складу (РС) в автотранспортній системі [1]. Різноманітність умов експлуатації обумовила широку спеціалізацію автомобілів, які відрізняються специфічними властивостями, що забезпечують їх використання в конкретних умовах з найбільшою ефективністю [2]. Особливо це стосується міжнародних автомобільних перевезень, оскільки вони мають наступні специфічні ознаки:

- 1) велика відстань перевезень і, як наслідок, висока енергоємність перевезень;
- 2) широкий діапазон транспортних і дорожніх умов перевезень;
- 3) суттєві відмінності конструктивних параметрів автопоїздів від інших видів рухомого складу (великі габарити, підвищені осьові навантаження, багатоосність, низьке енергозабезпечення, низький коефіцієнт зчипної маси);
- 4) тривалі термінальні простої;
- 5) жорстка конкуренція як з боку вітчизняних, так і закордонних перевізників;
- 6) високі вимоги екологічних стандартів до рухомого складу (Євро-4, Євро-5).

Крім того, перехід економіки на шлях ринкового розвитку обумовив підвищення вимог споживачів до якості товарів і послуг. Як на світовий, так і на український ринок все більше впливає конкуренція якості, а не цін [3]. Це безпосередньо стосується і послуг з перевезень вантажів автомобільним транспортом. Протягом 2010 – 2012 років обсяги цих послуг зростали [4]. Така ж тенденція очікується і у найближчій перспективі. Але на сьогодні автомобільний транспорт України не готовий до забезпечення перевезень у таких обсягах на високому якісному рівні. Це можна пояснити недостатнім платоспроможним попитом вітчизняних автоперевізників, а також гіршим станом дорожнього покриття України у порівнянні з країнами Євросоюзу [5]. В цих умовах виникає потреба у дослідженні впливу умов перевезень на ефективність транспортних послуг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Вплив різних факторів на експлуатаційні показники роботи автомобільного транспорту розглядається в теорії транспортних процесів і систем [6]. Для аналізу ефективності перевезень використовуються показники годинної продуктивності та собівартості, в моделях яких не враховуються умови перевезень і характеристики дороги. В теорії експлуатаційних властивостей автомобіля [7] розглядається вплив характеристик поверхні кочення на технічні показники тягово-швидкісних якостей АТЗ. Між тим, вплив цих характеристик на показники ефективності роботи РС у перевізному процесі

залишається поза аналізом. Таким чином, існуючі методи організації та управління вантажних перевезень не ставлять повною мірою перед собою задачу підвищення експлуатаційної енергоефективності рухомого складу. Тому для досягнення позитивного результату необхідні нові рішення та підходи. При виборі РС необхідно враховувати еволюцію конструктивних параметрів АТЗ, а також різноманітність умов перевезень. Крім того, цей вибір повинен відповідати концепції комплексного збереження енергії та ресурсів, яка є пріоритетним напрямком розвитку автотранспортної системи України в умовах очікуваного дефіциту енергетичних (паливо) та подорожчання технічних (АТЗ) носіїв ресурсів транспорту [8].

Виклад основного матеріалу дослідження.

В умовах дорожнього руху енергоємність перевезень обумовлюється конструктивними параметрами АТЗ, режимами переривчасто-нерівномірного руху і характеристиками поверхні кочення [8]. Останні впливають на рівень безпеки перевезень і швидкість руху, яка, в свою чергу, забезпечує додержання термінів доставки вантажу. Це в значній мірі визначає конкурентоспроможність українських автоперевізників. В зв'язку з цим, у Національному транспортному університеті розроблено методику аналізу впливу умов перевезень і дорожніх характеристик на енергетичну ефективність АТЗ.

Для розробки даної методики використано теорію енергоресурсної ефективності автомобіля [8]. В даній роботі дослідження проведено для магістрального автопоїзда (АП). Умови перевезень задаються картою тестової операції руху [9], елементи якої складають множину режиму руху {P}. Більша частина роботи АП при здійсненні міжнародних перевезень припадає на магістральний режим руху. Але на практиці часто виникає необхідність доставити збірні вантажі (тобто для декількох вантажоодержувачів), місця розвантаження яких знаходяться у різних точках одного (або декількох) міст. У цьому випадку час роботи АП у міському циклі зростає. У зв'язку з цим, виникає необхідність дослідження впливу частки руху в міському режимі  $\alpha_2$  на показники енергетичної ефективності АП.

Шляхом співставлення величин енергетичних показників АП та його еталонного прототипу визначаються енергетичні коефіцієнти пробігу  $K_e$  та швидкості  $K_v$ . Вони підставляються у модель показника енергетичної ефективності АТЗ. Цей показник є відношенням транспортної енерговіддачі даного АП у тестовій операції  $\rho$  до транспортної енерговіддачі еталонного АП у еталонній операції  $\rho_{em}$ :

$$P_{ep} = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_{vc} \gamma_{cm}}{K_{ec} (\eta_q + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $K_{vc}$  – коефіцієнт швидкості (відношення середньої швидкості АП в тестовому циклі до швидкості еталонного АП),  $K_{vc} = f(\alpha_2)$ ;

$\gamma_{cm}$  – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності;  $K_{ec}$  – енергетичний коефіцієнт пробігу (відношення витрати палива даного АП в циклі до витрати палива еталонного АП, який рухається з постійною еталонною швидкістю),  $K_{ec} = f(\alpha_2)$ ;

$\eta_q$  – коефіцієнт спорядженої маси АП.

На практиці, частка руху визначається за величинами пробігів АТЗ у різних режимах (умовах) руху. Значення  $\alpha_2$  також можна визначити наступним чином:

$$\alpha_2 = \frac{t_m}{t_i}, \quad (2)$$

де  $t_m$  – час руху АП у міському режимі, с;

$t_i$  – загальний час руху, с.

Розглянемо випадки роботи АП у міському ( $\alpha_2 = 1$ ), магістральному ( $\alpha_2 = 0$ ) та змішаному ( $\alpha_2 = 0,1 \dots 0,9$ ) циклах. За отриманими результатами побудовано графік (рис. 1), аналіз якого показує, що при збільшенні частки роботи АП у міському режимі показник енергетичної ефективності  $P_{ep}$  та коефіцієнт швидкості  $K_{vc}$  зменшуються, а енергетичний коефіцієнт пробігу  $K_{ec}$  збільшується. Отже, міський режим перевезень є більш енергоємний у порівнянні з магістральним. Тому при організації перевезень доцільно проектувати маршрути, які проходять по автомобільним магістралям та об'їзним дорогам, уникаючи, по можливості, міські дороги. Крім того, для міського режиму характерна більша інтенсивність дорожнього руху, що призводить до численних перетинань з траєкторією інших його учасників. Це спричиняє зменшення технічної швидкості і, як наслідок, збільшення часу доставки вантажу.

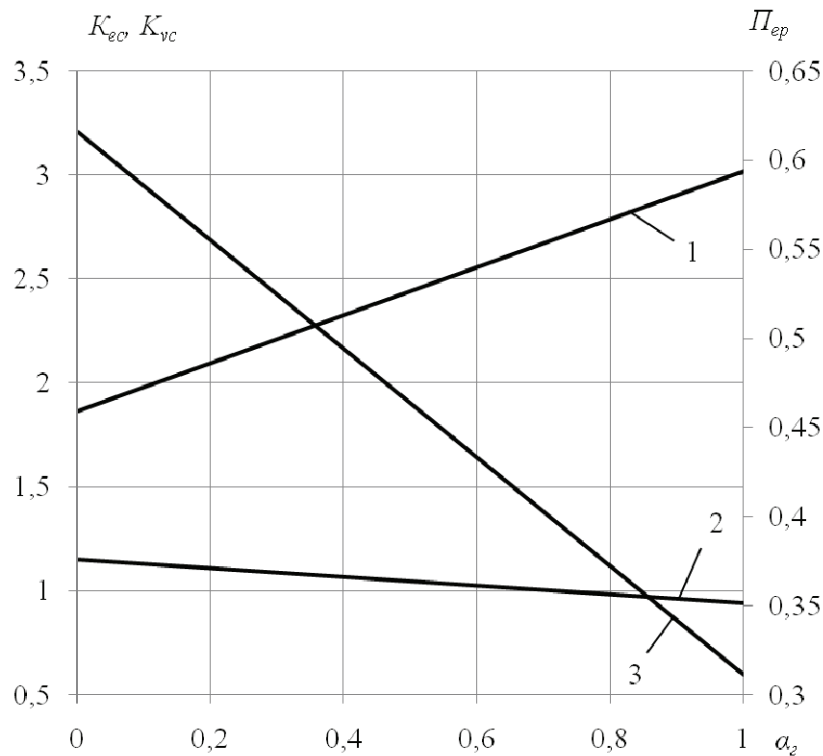


Рисунок 1 – Графік залежності показників енергетичної ефективності автопоїзду VOLVO FH-12 + FRUEHAUF DSND-32 від частки роботи у міських умовах  $\alpha_2$ : 1 –  $K_{ec}$ , 2 –  $K_{vc}$ , 3 –  $\Pi_{ep}$ .

За допомогою методів регресійного аналізу встановлено функціональні залежності показника енергетичної ефективності  $\Pi_{ep}$  від частки роботи у міському режимі  $\alpha_2$  для заданих умов наступного виду:

$$\Pi_{ep} = -0,305\varphi + 0,616. \quad (3)$$

Для залежності (3) коефіцієнт кореляції  $R^2 = 0,99$  ( $R^2 > 0,7$ ), що дає можливість застосування цієї лінійної залежності для спрощених розрахунків, а також для прогнозування зміни показника енергетичної ефективності автотранспортних засобів при зміні умов перевезень.

Висновки.

1. Встановлено, що для реалізації концепції збереження енергії та ресурсів в автотранспортній системі необхідно враховувати усе різноманіття умов експлуатації, зокрема, частку роботи у міських умовах. 2. Розроблено методику, яка дозволяє аналізувати вплив частки роботи у міських умовах на енергетичну ефективність автопоїздів. 3. Визначено функціональні залежності, які можуть бути використані для прогнозування зміни показника енергетичної ефективності автотранспортних засобів при зміні умов перевезень.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хмельов І. В. Методика аналізу транспортно-технологічної якості автопоїздів за енергетичним критерієм / І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 24. – Ч.2. – С. 243–246.
2. Вахламов В. К. Подвижной состав автомобильного транспорта / В. К. Вахламов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.
3. Герзель В. М. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху / В. М. Герзель, М. М. Марчук, М. А. Фабрицький. – Рівне : НУВГП, 2008. – 200 с.
4. Транспорт і зв'язок України : статистичний збірник / [відп. за випуск І. В. Калачова]. – К. : ТОВ «Август Трейд», 2013. – 268 с.
5. Транспортні технології в системах логістики / [М. Ф. Дмитриченко, П. Р. Левковець, А. М. Ткаченко та ін.]. – К. : Інформавтодор, 2007. – 676 с.

6. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки / А. Э. Горев. – М. : Академия, 2004. – 288 с.
7. Волков В. П. Основы теории эксплуатационных vlastivostey автомобіля / В. П. Волков, О. П. Кравченко. – Луганськ : Вид-во СЛУ ім. В. Даля, 2009. – 248 с.
8. Хабутдінов Р. А. Энергоресурсна ефективність автомобіля / Р. А. Хабутдінов, О. Я. Коцюк. – К. : УТУ, 1997.– 137 с.
9. Хмельов І. В. Методика моніторингу енергетичної ефективності міських автобусів / І. В. Хмельов, М. Г. Піцик // Проблеми транспорту. – 2011. – № 8. – С. 83–87.

#### REFERENCES

1. Khmelov I. V. The method of trailers' transport-technological quality analysis for energy criteria. Visnyk Natsionalnoho Transportnoho Universytetu. 2011. No. 24. Vol.2. P. 243–246. (Ukr)
2. Vakhlamov V. K. Road transport's rolling-stock. Moskva: Izdatelskiy tsentr «Akademiya». 2003. 480 p. (Rus)
3. Herzel V. M., Marchuk M. M., Fabrytskyi M. A. The road transportation's organization, road conditions and traffic safety. Rivne: NUVHP. 2008. 200 p. (Ukr)
4. Kalachova I. V. Transport and communication of Ukraine. Kyiv: TOV «Avhust Treid». 2013. 268 p. (Ukr)
5. Dmytrychenko M. F., Levkovets P. R., Tkachenko A. M., Ihnatenko O. S., Zaionchyk L. H., Statnyk I. M. Transport technologies in logistics systems. Kyiv: Informavtodor. 2007. 676 p. (Ukr)
6. Gorev A. E. Freight road transportation. Moskva: Akademiya. 2004. 288 p. (Rus)
7. Volkov V. P., Kravchenko O. P. Basic theory of car's operational characteristics. Luhansk: Vyd-vo SNU im. Dalia. 2009. 248 p. (Ukr)
8. Khabutdinov R. A., Kotsiuk O. Ya. The car's energy-resources efficiency. Kyiv: UTU. 1997. 137 p. (Ukr)
9. Khmelov I. V., Pitsyk M. H. The monitoring method of the city buses' energy efficiency. Problemy transportu. 2011. No. 8. P. 83–87. (Ukr)

#### РЕФЕРАТ

Хмельов І. В. Методика аналізу енергетичної ефективності транспортних засобів з урахуванням умов перевезень / І. В. Хмельов, О. В. Гусєв, М. Г. Піцик // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті запропоновано методику аналізу впливу умов перевезень на енергетичну ефективність автотранспортних засобів.

Об'єкт дослідження – процес перевезення, в якому проявляється комплекс властивостей автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту.

Мета роботи – виявлення закономірностей впливу зміни умов перевезень на транспортно-технологічну якість автотранспортних засобів.

Методи дослідження – енергетичне вимірювання транспортної роботи та порівняння енергетичних характеристик автомобіля з його еталонним прототипом, методи теорії множин, а також методи теорії енергоресурсної ефективності автотранспортних засобів.

Основним недоліком існуючих методів обґрунтування і вибору автотранспортних засобів є те, що вони виходять із ідеї противитратної ефективності рухомого складу і не враховують важливу особливість майбутніх транспортних технологій – зміну параметрів техніки та збільшення енергетичної результативності машинних процедур технологій перевезень. Виявлено, що при виборі рухомого складу необхідно враховувати еволюцію конструктивних параметрів АТЗ, а також різноманіття умов перевезень. Новизна результатів полягає у виявленні взаємозв'язку характеристик технологічних процедур з енергетичною ефективністю автомобіля для підвищення енергоресурсної ефективності вантажних автомобільних перевезень.

Результати статті можуть бути використані проектними та науково-дослідними інститутами при вирішенні задач аналізу та підвищення ефективності вантажних міжнародних автомобільних перевезень, а також для прогнозування зміни показника енергетичної ефективності при зміні умов перевезень.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – визначення раціонального варіанту конструкції автомобіля, який забезпечує оптимальність показників його функціональної ефективності і максимізацію ресурсовіддачі процесу перевезень для заданих умов (режимів) експлуатації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВАНТАЖНЕ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, АВТОМОБІЛЬ, УМОВИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

#### ABSTRACT

Khmelov I. V., Gusev A. V., Pitsyk M. H. The method of vehicles' energy efficiency analysis considering the traffic conditions. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 29.

The paper proposes a method for analyzing the traffic conditions' influence on vehicles' energy efficiency.

Object of study – the process of transportation, in which the complex of vehicle's properties appears as transport technical resources' medium.

Purpose – to identify patterns of changing the traffic conditions on vehicles' transport-technological quality.

Method study – energy measurement and comparison of cars' energy characteristics with his reference prototype, methods of set theory and methods of the vehicles' energy-resource efficiency.

The main drawback of the existing methods of study and choice of vehicles is that they are based on the idea of the rolling stock's cost-effectiveness and do not reflect an important feature of future transport technologies – change the technology and increase the energy efficiency of machine procedures transportation technologies. We found that the choice of rolling stock necessary to consider the evolution of the vehicles' structural parameters and variety of traffic conditions. The novelty is to identify the relationship of the technological procedures' characteristics to vehicles' energy efficiency to improve the energy-resource efficiency of freight road transport.

Our results can be used by design and research institutions in solving the problems of analysis and efficiency of international road freight transport as well as for the prediction of energy efficiency's change by changing traffic conditions.

Forecast assumptions about the object of study – the definition of rational option car design that delivers its functional efficiency's optimal performance and maximizing the resources' output of transportation for given conditions (modes) of operation.

KEYWORDS: FREIGHT TRANSPORTATION, VEHICLE, TRAFFIC CONDITIONS, TRANSPORT TECHNOLOGIES, ENERGY EFFICIENCY.

#### РЕФЕРАТ

Хмелёв И. В. Методика анализа энергетической эффективности транспортных средств с учётом условий перевозок / И. В. Хмелёв, А. В. Гусев, М. Г. Пицык // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 1: Серия «Технические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье предложена методика анализа влияния условий перевозок на энергетическую эффективность автотранспортных средств.

Объект исследования – процесс перевозки, в котором проявляется комплекс свойств автомобиля как носителя технических ресурсов транспорта.

Цель работы – выявление закономерностей влияния изменения условий перевозок на транспортно-технологическое качество автотранспортных средств.

Методы исследования – энергетическое измерение транспортной работы и сравнение энергетических характеристик автомобиля с его эталонным прототипом, методы теории множеств, а также методы теории энергоресурсной эффективности автотранспортных средств.

Основным недостатком существующих методов обоснования и выбора подвижного состава является то, что они исходят из идеи противозатратной эффективности и не учитывают важную особенность будущих транспортных технологий – изменение параметров техники и увеличение энергетической результативности машинных процедур технологий перевозок. Выявлено, что при выборе подвижного состава необходимо учитывать эволюцию конструктивных параметров автомобилей, а также многообразие условий перевозок. Новизна состоит в выявлении взаимосвязи характеристик технологических процедур с энергетической эффективностью автомобиля для повышения энергоресурсной эффективности грузовых международных автомобильных перевозок.

Результаты статьи могут быть использованы проектными и научно-исследовательскими институтами при решении задач анализа и повышения эффективности грузовых международных автомобильных перевозок, а также для прогнозирования изменения показателя энергетической эффективности при изменении условий перевозок.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – определение рационального варианта конструкции автопоезда, который обеспечивает оптимальность показателей его функциональной эффективности и максимизацию ресурсоотдачи процесса перевозок для заданных условий (режимов) эксплуатации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ГРУЗОВАЯ ПЕРЕВОЗКА, АВТОМОБИЛЬ, УСЛОВИЯ ПЕРЕВОЗОК, ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

**АВТОРИ:**

Хмельов Ігор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: khmelyov-ntu@gmail.com, тел. +380442801938, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 432.

Гусев Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри аеропортів, e-mail: al-ntu@yandex.ru, тел. +380442807073, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 344.

Піщик Максим Григорович, Національний транспортний університет, асистент кафедри транспортних технологій, e-mail: maximum\_gti@ukr.net, тел. +380442801938, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 432.

**AUTHOR:**

Khmelov Ihor V., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department of transport technologies, e-mail: khmelyov-ntu@gmail.com, tel. +380442801938, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 432.

Gusev Oleksandr V., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department of airports, e-mail: al-ntu@yandex.ru, tel. +380442807073, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 344.

Pitsyk Maksym H., National Transport University, assistant lecturer department of transport technologies, e-mail: maximum\_gti@ukr.net, tel. +380442801938, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 432.

**АВТОРЫ:**

Хмельов Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры транспортных технологий, e-mail: khmelyov@gmail.com, тел. +380442801938, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 432.

Гусев Александр Владимирович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры аэропортов, e-mail: al-ntu@yandex.ru, тел. +380442807073, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 344.

Пищук Максим Григорьевич, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры транспортных технологий, e-mail: maximum\_gti@ukr.net, тел. +380442801938, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 432.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Ігнатенко О.С., доктор технічних наук, професор, Національна академія державного управління при Президенті України, професор кафедри регіонального управління, місцевого самоврядування та управління містом, Київ, Україна.

Прокудін Г.С., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Ignatenko O.S., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Academy of State Management, professor, department of regional management, Kyiv, Ukraine.

Prokudin G.S., Ph.D., Dr.Sc. (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of international freight shipments and customs control, Kyiv, Ukraine.