

УДК 656.13.072  
UDC 656.13.072

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ  
АВТОПОЇЗДІВ В АСПЕКТІ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМ РОЗВИТКОМ  
АВТОТРАНСПОРТУ

Хабутдінов Р.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,  
Україна  
Костюк Т.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY OF INTERNATIONAL FREIGHT TRUCK TRAINS IN  
ASPECT OF INNOVATIVE - TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT

Khabutdinov R.A., Ph.D., National Transport University, Kiev, Ukraine  
Kostiuk T.O., National Transport University, Kiev, Ukraine

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ МЕЖДУНАРОДНЫХ  
АВТОПОЕЗДОВ В АСПЕКТЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ  
РАЗВИТИЕМ АВТОТРАНСПОРТА

Хабутдинов Р.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Костюк Т.О., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми.

Головною концепцією розвитку автотранспорту і автотранспортної системи (АВТС) є забезпечення технологічного розвитку їх компонентів на основі концептуальної ідеї інноваційного і експлуатаційно-технологічного енерго- і ресурсозбереження (ІЕТЕРЗ) у всіх транспортних підприємствах. У зв'язку з цим актуальна системна методологія ІЕТЕРЗ, на основі якої можна було б формувати взаємно-злагожені і гармонізовані методи забезпечення ІЕТЕРЗ в трьох головних компонентах автотранспорту: управляюча надбудова транспорту (УНТ), ресурсно-технологічна база (РТБ), транспортно-технологічний процес (ТПП). Гносеологічною перешкодою для узгодження і гармонізації методів ІЕТЕРЗ для вказаних компонент автотранспорту є методологічна суперечність баз знань фахівців УНТ: організаторів, транспортних менеджерів та інженерів [1]. Ця суперечність багато в чому обумовлюється об'єктивними проявами шести технологічних парадоксів (ТП) транспорту, як сфери матеріального виробництва. Підмножина ТП парадоксів автотранспорту ТП записується таким чином:

$$\text{ТП} \in (\text{ТП1}, \text{ТП2}, \text{ТП3}, \text{ТП4}, \text{ТП5}, \text{ТП6}), \quad (1)$$

де ТП1- парадокс форми продукту транспорту (продукт матеріальний, але не речовинний); ТП2- парадокс способу реалізації продукту (синхронне створіння і споживання); ТП3-парадокс форми просторово-точкової дислокації операцій перевезень (транспортні операції розподілені в траєкторному просторі дорожньо - мережної інфраструктури, а термінальні операції здійснюються в певних точках траєкторії - в терміналах); ТП4- парадокс машинних процедур транспортних технологій (непрямий і реактивний характер машинних дій на предмет транспортування; при одних і тих же рівнях інтенсивності ці дії можуть бути як продуктивно-корисними, так і траєкторно-небезпечними залежно від виду локально-траєкторних ситуацій); ТП5-субстанціонально- вартісний парадокс процесів перетворення ресурсів транспорту і транспортного виробництва (субстанції ресурсів не переносяться, а вартості ресурсів переносяться в продукт).Слід відзначити, що п'ятий парадокс порушує адекватність співвідношень характеристик продукту «ціна-кількість», «ціна-якість». Ці співвідношення залежать від експлуатаційно-технологічних умов перевезень, які не враховуються в організаційної теорії транспортного процесу [1,3]. ТП6- парадокс форми

використовування режимних ресурсів (режимні ресурси перетворюються на енергетично - обумовлений час руху автотранспортного засобу (АТЗ)) і у такому вигляді є важливим параметром транспортної операції і фізичного продукту транспорту. Час руху АТЗ є обернено-пропорційною функцією потужності двигуна АТЗ. Слід зазначити, що ця залежність також не враховується в методах організації перевезень [3]. Об'єктивні прояви парадоксів, з одного боку, приводять до значних відмінностей процесу транспортного виробництва від інших сфер матеріального виробництва. З другого боку, парадокси обумовлюють розривність знань різних спеціалістів УНТ. По-перше, організатори і економісти використовують спрощену, техноемпіричну і противитратну методологію транспортного обслуговування, яка заснована на принципі незмінності техніки та технологій. По-друге, в методології розглядаються закономірності транспозиційного процесу, а не транспортного. По-третє, властивості технічних ресурсів і процеси їх перетворення в продукт транспорту ігноруються. У зв'язку з викладеним, існуюча методологія транспортного обслуговування є: техноемпіричною, нетехнологічною, нересурсною і антиноваційною (принцип незмінності техніки та технологій) . Вона не дозволяє проектно реалізувати концепцію інноваційно-технологічного розвитку транспортних процесів і автотранспорту [3]. Вказані недоліки існуючої методології приводять до найбільше негативних наслідків для відчизняних транспортних підприємств, які функціонують в сфері міжнародних перевезень. На ринках міжнародних автотранспортних послуг вимоги до майбутніх рівней енергоефективності та техніко-технологічної конкурентоспроможності транспортних пропозицій є найбільше жорсткими. В статті представлена методика імітаційного аналізу енергоефективності міжнародних автопоїздів як ресурсно – технічних засобів транспортного виробництва і прогнозування їх придатності до енергозберігаючих технологій. Ця методика дозволяє імітаційно прогнозувати енергоефективність ТТП, тому являється важливою складовою методології ІЕТЕРЗ.

Основна частина.

В роботах [1,2] встановлено, що задачі інноваційно-технологічного розвитку автотранспорту вирішуються на основі нової парадигми теорії управління на транспорті-транстехнологічної. У вказаних роботах представлені основні положення цієї нової парадигми, а також зроблені чотири висновки. По-перше, гносеологічною базою для розробки методології ІЕТЕРЗ з урахуванням підмножини технологічних парадоксів (1) є теорія енергоресурсної ефективності АТЗ (ЕРЕА) [4]. По-друге, корисність ТТП для споживачів транспортних послуг є результатом масової реалізації процесів технологічного транспортування вантажів і пасажирів (ТТВП). Кожний такий процес є наслідком керованого процесу ERW-енергетичного перетворення технологічних ресурсів транспорту ERW в фізичний продукт транспорту, який створюється в наданих умовах. По-третє, задачі інноваційно – технологічного розвитку ТТП слід вирішувати на основі методу еталонно – порівняльного аналізу і прогнозування показників транспортної ефективності нових АТЗ в тестових операціях [4]. По-четверте, для формування енергозберігаючих транспортних технологій (ТТ) необхідно вирішити задачі підвищення транспортної енергоефективності: нових АТЗ, процедур машинних дій, процесів перетворення енергії АТЗ та ERW. Далі представлена методика імітаційного аналізу транспортної енергоефективності АТЗ.

Указані задачі не можуть бути вирішені з використанням відомих показників продуктивності АТЗ і собівартості перевезень [3]. Математичні моделі цих показників засновані на принципі незмінності технологій і на розрахунковій схемі транспозиційної операції [3]. У зв'язку з цим указані показники непридатні для удосконалення транспортних технологій, а моделі собівартості перевезень являються антиноваційними. В роботі [4] встановлено, що ідеєю удосконалення транспортних технологій являється поетапне підвищення величини показника енерговіддачі  $\rho_e$  (в окремому випадку – показника ресурсовіддачі  $\rho_R$ ) перевезень. Для реалізації цієї ідеї при обґрунтуванні нового рухомого складу використовується безрозмірний показник транспортної енергоефективності АТЗ. Його величина визначається по формулі:

$$\Pi_e = \rho_e / \rho_{et} \quad (2)$$

де:  $\rho_e$ - показник енерговіддачі нового АТЗ на розрахунковому маршруті, який враховує енергоефективність нового АТЗ в тестових операціях (міському, магістральному, змішаному і

еталонному), розрахункову долю роботи АТЗ в міських умовах і розподілення пробігу АТЗ по категоріям доріг[4];  $\rho_{ет}$  -еталонне значення показника енерговіддачі АТЗ.

На основі (2) отримана наступна розрахункова формула показника транспортної енергоефективності АТЗ:

$$P_e = \frac{k_{vp} \cdot \gamma_{cm}}{k_{ep} (\eta_q + \gamma_{cm})}, \quad (3)$$

де:  $k_{vp}$  - безрозмірний коефіцієнт середньої швидкості АТЗ на розрахунковому маршруті,  $k_{vp} = V_p / V_{ет}$ , де

$V_p$  - середня швидкість АТЗ на розрахунковому маршруті,  $V_{ет}$  - еталонна (постійна) швидкість АТЗ;

$k_{ep}$  - безрозмірний паливний коефіцієнт пробігу АТЗ на розрахунковому маршруті,  $k_{ep} = Q / Q_{ет}$ , де  $Q$  - величина витрати палива АТЗ на розрахунковому маршруті,  $Q_{ет}$  - еталонна витрата палива;  $\eta_q$  - коефіцієнт спорядженої маси АТЗ;  $\gamma_{cm}$  - коефіцієнт використання вантажності АТЗ.

Розрахункова формула для визначення коефіцієнтів швидкості  $k_v$  і пробігу  $k_e$  в тестових операціях мають наступний вигляд:

$$k_v = \frac{\alpha_1 (a_2 - a_3 \cdot \psi_{cp})}{a_4 \cdot t_p + \alpha_5}, \quad (4)$$

де:  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  - постійні параметри, які визначаються для тестових транспортних операцій з урахуванням наданих умов руху АТЗ та його конструктивних параметрів;  $\psi_{cp}$  - середнє значення коефіцієнту опору дороги,  $t_p$  - час розгону АТЗ до розрахункової швидкості в наданій тестовій операції. Значення коефіцієнту швидкості АТЗ на розрахунковому маршруті визначається за формулою:

$$k_{vp} = k_{v2} \cdot \alpha_2 + k_{vm} \cdot (1 - \alpha_2), \quad (5)$$

де  $\alpha_2$  - частка часу роботи АТЗ в міських умовах;  $k_{v2}$  і  $k_{vm}$  - значення коефіцієнтів швидкості для міського і магістрального тестових операцій відповідно.

Величина коефіцієнту пробігу  $k_e$  в тестових операціях визначається наступним чином:

$$k_e = \frac{b1 \cdot (b2 \cdot \psi + b3) \cdot k_d \cdot H \cdot \rho}{b4 \cdot q \cdot (\gamma_{cm} + \eta_q) + b5 \cdot H_a \cdot B_a}, \quad (6)$$

де  $k_d$  - коефіцієнт дорожніх умов руху;  $H$  - загальна норма витрати палива на 100 км пробігу;  $\rho$  - об'ємна маса палива ( $\rho = 0,76$  для бензину;  $\rho = 0,84$  для дизельного палива);  $q$  - вантажопідйомність АТЗ, т;  $H_a$  і  $B_a$  - висота і ширина АТЗ, м;  $b1, b2, b3, b4, b5$  - постійні параметри, які визначаються для тестових транспортних операцій з урахуванням умов експлуатації АТЗ та його конструктивних параметрів.

Паливний коефіцієнт пробігу автомобіля для розрахункового маршруту визначається як:

$$k_{ep} = k_{e2} \cdot \alpha_2 + k_{em} \cdot (1 - \alpha_2), \quad (7)$$

де  $k_{e2}$  і  $k_{em}$  - значення паливних коефіцієнтів пробігу АТЗ для міського і магістрального тестових операцій.

Проаналізуємо як впливають коефіцієнти використання вантажопідйомності та опору дороги на транспортну енергоефективність АТЗ на прикладі 2-х конкуруючих варіантів автопоїздів (АП) Scania R380, Volvo FH12.480 (+ напівпричіп Shmitz SPR24). На основі розрахункових даних побудовані діаграми зміни показника  $P_e$  енергетичної ефективності АП від коефіцієнту  $\psi_{cp}$  опору

дороги та коефіцієнту  $\gamma_{ст}$  статичного використання їх вантажопідйомності. Такі діаграми представлені на рисунках 1,2.

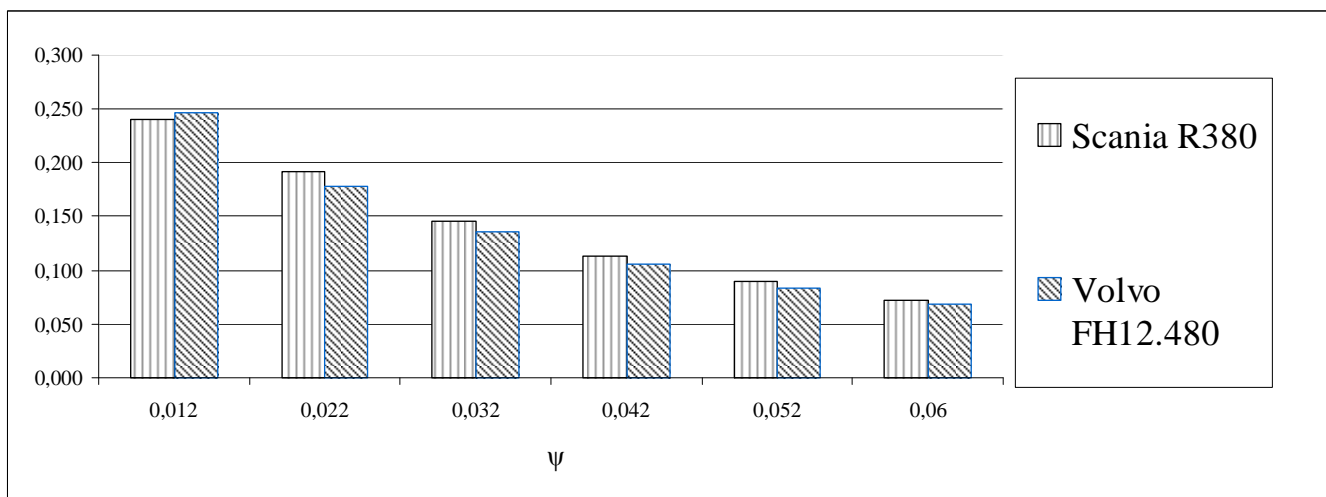


Рисунок 1 – Діаграма зміни показника енергетичної ефективності АП на розрахунковому маршруті від коефіцієнта опору дороги.

На основі проведеного багатоваріантного розрахунку на прикладах автопоїздів Scania R380 та Volvo FH12.480 встановлено, що при збільшенні коефіцієнту опору дороги ( $\psi_{cp}$ ) значення показника енергетичної ефективності зменшується. При цьому найбільшого значення показник енергетичної ефективності набуває при  $\psi_{cp}=0.012$  для автомобіля Volvo FH12.480. Далі зі збільшенням коефіцієнта опору дороги показник енергетичної ефективності зменшується. При  $\psi_{cp} > 0.012$  (значення при розбитій дорозі або горбистій місцевості) значення показника енергетичної ефективності набувають більших значень для Scania R380, тобто при збільшенні коефіцієнту опору дороги ця марка автопоїзду є енергоефективнішою на 5,9 – 6,3 % .

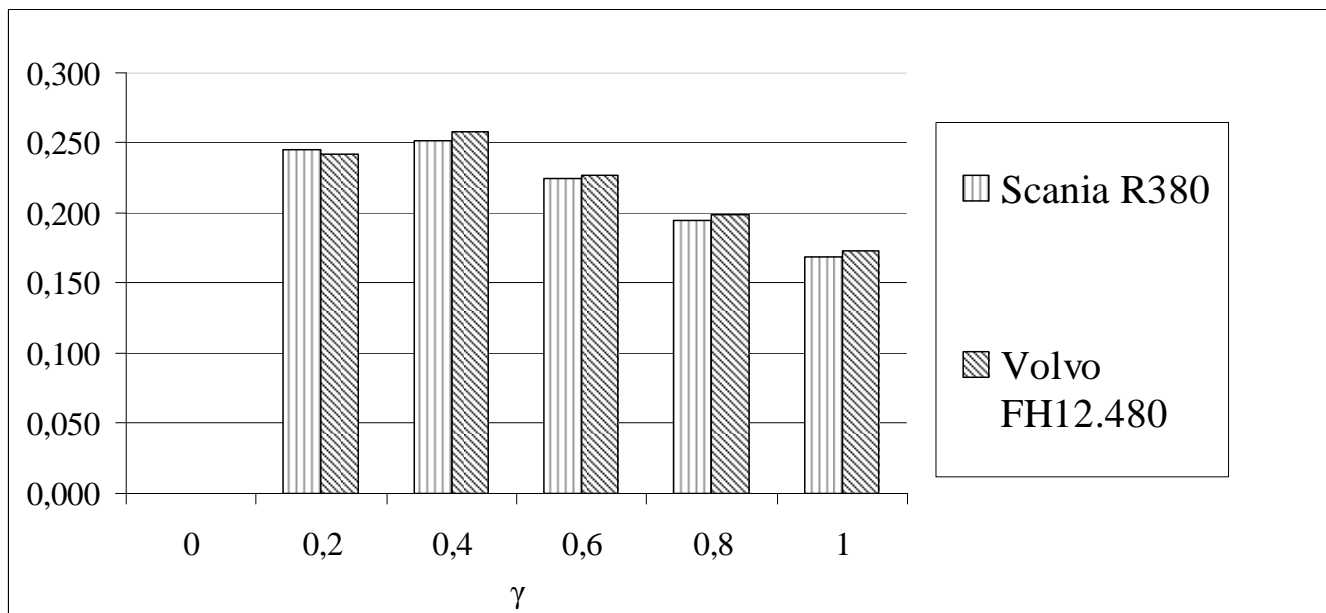


Рисунок 2 – Діаграма зміни показника енергетичної ефективності АП на розрахунковому маршруті від коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності.

Виявлено, що при збільшенні коефіцієнту статичного використання вантажопідйомності ( $\gamma_{ст}$ ) значення показника енергетичної ефективності ( $\Pi_e$ ) зменшується. При цьому максимальне значення показника енергетичної ефективності досягається при  $\gamma_{ст}=0,4$  для автомобіля Volvo FH12.480. Згідно

діаграми можна проаналізувати, що до цього значення показник енергоефективності збільшується, а після досягнення цього значення – зменшується. Отже, автомобіль Volvo FH12.480 є на 2,1- 2,3 % енергоефективнішим по показнику коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності.

Висновки.

1. Виявлено, що забезпечення технологічного розвитку автотранспорту базується на концептуальній ідеї інноваційного і експлуатаційно-технологічного енерго- і ресурсозбереження (ІЕТЕРЗ) у всіх транспортних підприємствах.
2. Виявлено, що для реалізації концепції ІЕТЕРЗ необхідно використовувати математичні моделі теорії енергоресурсної ефективності автомобілів.
3. Сформовано комплекс математичних моделей для імітаційного і еталонно-порівнявального аналізу енергоефективності нових АТЗ.
4. Проаналізовано технічні характеристики автопоїздів та отримано кількісні характеристики впливу різних експлуатаційних факторів на показники енергоефективності автопоїздів Scania R380, Volvo FH12.480.
5. Запропонована методика імітаційного і еталонно-порівнювального аналізу енергоефективності нових автопоїздів як ресурсно-технічних засобів транспортного виробництва.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хабутдінов Р.А. Транстехнологічна парадигма і методологія новаційного управління автомобільними перевезеннями. –К.: Вісник НТУ.– вип.24.–2011.–част.2.–С 237-240.
2. Хабутдінов Р.А. Методологічні основи транспортно-технологічної енергології // Зб. наук. праць “Проблеми транспорту”.–К.: НТУ.–2006.–Вип.3.– С 164–168.
3. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. К.: Віща школа, 1986, 447 с.
4. Хабутдінов Р.А., Коцюк О.Я. Энергоресурсна ефективність автомобіля.–К.:УТУ.–1997.– 197 с.

#### REFERENCES

1. Khabutdinov R. Transport technological paradigm and methodology of novation management of motor-car transportations. –К.: Visnyk NTU.– vol.24.–2011.–part.2.–p. 237-240. (Ukr)
2. Khabutdinov R., Methodological bases of transport-technological energology // Scientific papers “Problem of transport”.–К.: NTU.–2006.–Vol.3.– P 164–168. (Ukr)
3. Vorkut A. Road transport of goods. К.: High-school, 1986, 447 p. (Rus)
4. .Khabutdinov R., Kotsuk A. Energy-resourse efficiency of car.–К.:UTU.–1997.– 197 p. (Ukr))

#### РЕФЕРАТ

Хабутдінов Р.А. Підвищення енергетичної ефективності вантажних міжнародних автопоїздів в аспекті управління інноваційно-технологічним розвитком автотранспорту/ Р.А. Хабутдінов, Т.О.Костюк // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Ч.1: Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2016. – Вип. 18.

У статті висвітлено основні парадокси транспорту, виявлена перспективність ідеї інноваційного і експлуатаційно-технологічного енерго- і ресурсозбереження (ІЕТЕРЗ) та запропонована методика імітаційного і еталонно-порівнювального аналізу енергоефективності нових автопоїздів як ресурсно-технічних засобів транспортного виробництва.

Об'єкт дослідження – транспортна операція міжнародних перевезень з урахуванням концепції інноваційно-технологічного розвитку автотранспорту.

Мета роботи - отримання кількісних характеристики впливу різних експлуатаційних факторів на показники енергоефективності автопоїздів.

Метод дослідження – теоретичний аналіз транспортної енергоефективності міжнародних автопоїздів для забезпечення їх концептуального обґрунтування.

Виявлено, що для рішення задач аналізу експлуатаційно – технологічних і енергетичних показників автопоїздів необхідно використовувати адаптовані математичні моделі теорії енергоресурсної ефективності автомобілів та методику їх імітаційного і еталонно-порівнювального аналізу.

Результати статті можуть бути впроваджені в міжнародних транспортних компаніях, що здійснюють перевезення вантажів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОПОЇЗД, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАДОКСИ ТРАНСПОРТУ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ФАКТОРИ, ТЕСТОВА ТРАНСПОРТНА ОПЕРАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Khabutdinov R.A. The increasing of energy efficiency of international freight truck trains in aspect of innovative - technological development of road transport / R.A. Khabutdinov, T.O.Kostiuk//// Project management, systems analysis and logistics. Part 1: Series «Engineering» – K.: NTU – 2016. – Vol. 18.

The article represents the basic paradoxes of transport, identified promising ideas and innovative operational and technological energy- and resource-saving (IOTERS) and the technique of simulation and model-comparative analysis of the energy efficiency of new trains as a resource of means of transport production.

The object of study – international transport operation based on the concept of innovation and technological development of vehicles.

The purpose of work – to obtain quantitative characteristics of the impact of various factors on operating efficiency indexes of truck trains.

The object of work - the theoretical analysis of transport energy efficiency of international truck trains for their conceptual justification.

It was discovered that for solving the problem of exploitation – technological and energy indexes of the truck trailers it is necessary to use adapted mathematical models of the theory energy - resource efficiency of the cars and methods of their simulation and comparative analysis.

Our results can be incorporated into the international transport companies.

**KEYWORDS:** TRUCK TRAILER, TECHNOLOGICAL TRANSPORT PARADOXES, ENERGY EFFICIENCY, OPERATIONAL INDEXES, TEST TRANSPORT OPERATION

#### РЕФЕРАТ

Хабутдинов Р.А. Повышение энергетической эффективности грузовых международных автопоездов в аспекте управления инновационно-технологическим развитием автотранспорта/ Р.А. Хабутдинов, Т.О. Костюк // Управление проектами, системный анализ и логистика. Ч.1: Серия «Технические науки» – К.: НТУ, 2016. – Вып. 18.

В статье описано основные парадоксы транспорта, выявлено перспективность идеи инновационного и эксплуатационно-технологического энерго и ресурсосбережения (ИИЭТЭР) и предложена методика имитационного и эталонно – сравнительного анализа энергоэффективности новых автопоездов как ресурсно- технологических средств транспортного производства.

Объект исследования – транспортная операция международных перевозок с учётом концепции инновационно – технологического развития автотранспорта.

Цель работы –получение количественных характеристик влияния разных эксплуатационных факторов на показатели энергоэффективности.

Метод исследования – теоретический анализ транспортной энергоэффективности международных автопоездов для обеспечения их концептуального обоснования.

Выявлено, что для решения задач анализа эксплуатационно - технологических и энергетических показателей автопоездов необходимо использовать адаптированные математические модели теории энергоресурсной эффективности автомобиля и методику их имитационного и эталонно – сравнительного анализа.

Результаты статьи могут быть использованы в международных транспортных предприятиях, что осуществляют перевозку грузов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОПОЕЗД, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАДОКСЫ ТРАНСПОРТА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ, ТЕСТОВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ОПЕРАЦИЯ.

#### АВТОРИ:

Хабутдинов Рамазан Абдуллайович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, завідувач кафедри транспортних технологій, e-mail: [habutd@mail.ru](mailto:habutd@mail.ru), tel.+380962290869, Україна, 07401, Київська область, м. Бровари пр.Благодатний,1-а.

Костюк Тетяна Олександрівна, аналітик комп'ютерного банку даних, ТОВ «Контролпей Україна» Київ, e-mail: tanyusha.kostyuk@gmail.com, tel.+380631398281, Україна, 17100, Чернігівська область, вул. Вишнева,17.

**AUTHORS:**

Khabutdinov A.R., Ph.D., professor, National Transport university, Kiev, Head of the Department for Transport Technology, e-mail: habutd@mail.ru, tel. +380962290869, Ukraine, 07401, Kiev region, Brovaru, str. Blagodatnyi 1-a.

Kostiuk Tetyana Oleksandrivna, computer data bank analyst, «ControlPay Ukraine», Kiev, e-mail: tanyusha.kostyuk@gmail.com, tel. +380631398281, Ukraine, 17100, the Chernigivska region, str. Vyshneva 17.

**АВТОРЫ:**

Хабутдинов Рамазан Абдуллаевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, Киев, заведующий кафедры транспортных технологий, e-mail: [habutd@mail.ru](mailto:habutd@mail.ru), tel.+380962290869, Украина, 07401, Киевская область, г. Бровары, пер. Благодатный 1-а.

Костюк Татьяна Александровна, аналитик компьютерного банка данных, ООО «Контролпей Украина», Киев, e-mail: tanyusha.kostyuk@gmail.com, tel.+380631398281, Украина, 17100, Киевская Черниговская область, ул. Вишнёвая, 17.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Мнацаканов Р.Г., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри організації авіаційних робіт і послуг, Київ, Україна.

Петрашевський О.Л., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів.

**REVIEVERS:**

Mnatsakanov R. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Aviation University head of the department of aviation organization works and services, Kiev, Ukraine

Petrashevski O., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Department of Airports, Kiev, Ukraine.