

# МЕТОД ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ АВТОМОБІЛІВ З УРАХУВАННЯМ ЕВОЛЮЦІЇ ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

## Вступ

Особливістю довгострокового вибору автомобільного рухомого складу є відповідність цього вибору концепції збереження енергії та ресурсів [1]. Сучасний етап розвитку світового ринку автотранспортних засобів характеризується збільшенням різноманіття пропонованих видів та різновидів конструкцій, які формуються на основі різних концепцій у різних країнах світу [2]. Провідні автомобільні виробники пропонують під індивідуальні замовлення у кожному сегменті ринку кілька десятків різновидів конструкцій транспортних засобів. У зв'язку з великим різноманіттям модифікацій, які пропонуються, та тенденцією уніфікації параметрів конструкцій автомобілів на стадії придбання рухомого складу постає задача обґрунтування споживчих переваг стосовно конструкції автотранспортних засобів, які відповідають техніко-технологічним перевагам перевізника. Таке обґрунтування повинно відповідати задачі експлуатаційної оптимізації споживчої властивості автомобіля як науково-технічного товару та концепції технологічного енерго- та ресурсозбереження.

Висока енергоемність різних галузей господарства (в тому числі й автотранспортної системи) України продовжує залишатися найважливішим чинником, що істотно стримує підвищення конкурентоспроможності економіки держави [3]. Враховуючи подорожчання енергетичних і технічних ресурсів транспорту, автотранспортні підприємства повинні займатися вирішенням комплексних задач, виходячи з точки зору не лише організації перевезень при мінімальних витратах, а й технологій перевезень, що забезпечують економію паливно-енергетичних ресурсів у натуральних одиницях [1]. За таких умов необхідні нові наукові підходи до вибору і обґрунтування конструкції автотранспортних засобів на основі концепції збереження енергії та ресурсів. Вони повинні бути засновані на принципах підвищення транспортно-технологічної якості перевезень. Для оцінки цієї якості можуть використовуватися показники енергетичної ефективності та результативності технологічних впливів [2]. У даній роботі відповідне дослідження виконано для сегменту автопоїздів.

## Аналіз досліджень і публікацій

Існуючі методи визначення ефективності функціонування автомобілів (автопоїздів) засновані на критеріях противитратної ефективності доставки вантажів, які мають низку недоліків. По-перше, в них не враховується комплекс властивостей автотранспортного засобу як носія технічних ресурсів транспорту, прояви яких обумовлюють формування енергетичних процесів перетворення ресурсів і створення фізичного продукту транспорту [4]. По-друге, в теоріях транспортного процесу [5] та економіки транспорту [6] замість багатоетапного процесу перетворення технологічних ресурсів здебільшого розглядається простий акт перенесення їх вартості на витрати. По-третє, вимірник облікової транспортної роботи (тонно-кілометр) не має належної фізичної суті, оскільки відбиває лише функціонування автомобіля як перевізного засобу (у розрахунковій схемі транспортного циклу транспортний засіб зазвичай вважається саморушним кузовом).

У зв'язку з вищезазначеним, в сучасних умовах розвитку ринку автотранспортних послуг виникає необхідність пошуку інших критеріїв для оцінки роботи рухомого складу, які повинні враховувати функціонування автопоїзда як носія технічних ресурсів транспорту (рис. 1). На рис. 1 прийнято наступні позначення: СМ – складна машина; ОУР – об'єкт управління рухом; ПЗ – перевізний засіб; ОТО – об'єкт технічного обслуговування; ЗТВ – знаряддя технологічних впливів; МОППР – матеріальна основа процесів перетворення ресурсів; ТКТ – технологічний капітал транспорту.

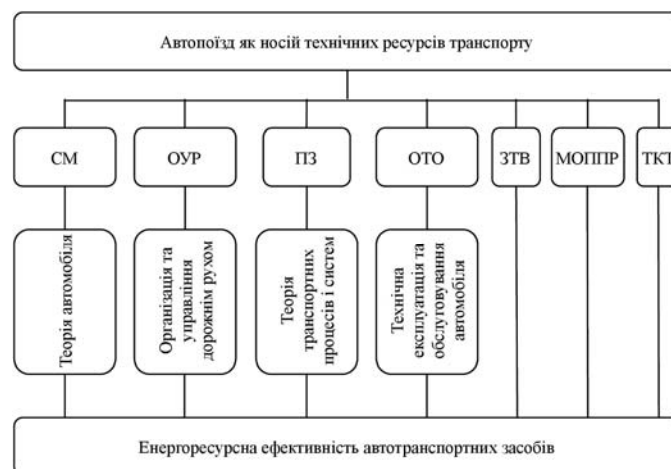


Рис. 1. Схема функціонування автопоїзда як носія технічних ресурсів транспорту

Таким чином, існуючі науково-методичні підходи, загальнопоширені навчальні дисципліни та їх розділи вивчають окремі сторони функціонування транспортних засобів. Закономірності функціонування автомобіля як складної машини розглядаються в теорії автомобіля [7]; управління автомобілем як засобом перевезень описується в теорії транспортних процесів і систем [5]. Для оцінки ефективності автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту доцільно використовувати енергетично нормалізовані схеми і математичні моделі теорії енергоресурсної ефективності автомобіля, розвинутої в роботах Хабутдінова Р. А. [1]. Слід відзначити, що поняття «енергоресурсна ефективність» відбиває енергетичну результативність автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту у рухових операціях з урахуванням прояву комплексу його властивостей, представлених на рис. 1.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Операції руху автотранспортного засобу здійснюються у складній підсистемі «Термінал-Автомобіль-Водій-Дорога-Транспортний потік». У цій підсистемі витрачається 95 % енергії, 100 % технічних та трудових ресурсів. Теорія транспортних процесів і систем [5] враховує лише одну ланку цієї підсистеми – «Термінал-Автомобіль». За таких умов неможливо всебічно аналізувати споживання енергії та ресурсів.

Для довгострокового формування високотехнологічних схем ресурсозберігаючого відтворення транспортних послуг необхідні методи раціоналізації машинного змісту транспортних технологій з урахуванням реалізації складних функцій автопоїзда як носія технічних ресурсів транспорту. Ці функції обумовлюються його виробничо-технологічними властивостями, які проявляються в рухових операціях: динамічність, адаптивність, енерговитратність, продуктивність, транспортно-технологічна результативність, транспортна продуктивність. Сукупність цих властивостей і конструктивних особливостей автотранспортного засобу, що забезпечують придатність його конструкції до енергоресурсної економізації технологій перевезень, називають транспортно-технологічною якістю автомобіля.

Для підвищення технологічної результативності рухомого складу конструктивні параметри автопоїзда повинні забезпечувати оптимальність показника енергетичної результативності технологічних впливів  $TB$  на вантажі [4]. Цей показник є проміжним на етапі визначення енергетичної ефективності транспортного засобу, але він дозволяє аналізувати результативність технологічних впливів, які складають сутність транспортних технологій.

Таким чином, показник  $TB$  необхідно враховувати у комплексі з показником енергетичної ефективності. У багатозафазовій операції руху автомобіля цей показник визначається як для окремих його фаз ( $TB_i$ ), так і для тестового циклу в цілому ( $TBC$ ):

$$TB_i = \frac{q\gamma_{cm} l_i}{P_{mi} t_i^2} \rightarrow opt, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де  $q\gamma_{cm}$  – вантажопідйомність автомобіля (кг) та коефіцієнт її використання;

$n$  – кількість фаз в операції руху;

$l_i$  – довжина пробігу автомобіля у  $i$ -й фазі операції, м;

$P_{mi}$  – середня сила тяги автомобіля у  $i$ -й фазі операції, Н;

$t_i$  – час руху автомобіля у  $i$ -й фазі операції, с;

$$TBC = \sum_{i=1}^n TB_i \cdot m_i, \quad (2)$$

де  $m_i$  – частка пробігу автомобіля у  $i$ -й фазі операції циклу.

$$TB_r = \frac{\sum_{i=1}^n TB_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \rightarrow opt. \quad (3)$$

### Результати дослідження і їх обговорення

Значення питомої витрати палива двигуном  $g_n$  при максимальній потужності характеризує його паливну економічність [7]. Величина  $g_n$  залежить від типу двигуна і виду палива. Стратегія підвищення паливної економічності автомобіля при його проектуванні полягає в забезпеченні умови  $g_n \rightarrow min$ . Чим меншим є  $g_n$ , тим вищим є вартість двигуна, що сягає до 40 % вартості автопоїзда [9]. Однак автотранспортні засоби порівняно рідко працюють при повному навантаженні двигуна і мають достатньо великі запаси потужності.

Аналізуючи вплив питомої витрати палива двигуном  $g_n$  на показники результативності технологічного впливу автомобіля встановлено, що при збільшенні значень  $g_n$  в діапазоні 187–283 г/(кВт·год) відбувається збільшення показника технологічного впливу (рис. 2). Чим вищою є передача, тим більшим є вплив величини  $g_n$  на приріст значення показника технологічного впливу  $TB$ . Криві 5 ( $TBr$ ) і 7 ( $TBm$ ) характеризують рівномірний

Таким чином, існуючі науково-методичні підходи, загальнопоширені навчальні дисципліни та їх розділи вивчають окремі сторони функціонування транспортних засобів. Закономірності функціонування автомобіля як складної машини розглядаються в теорії автомобіля [7]; управління автомобілем як засобом перевезень описується в теорії транспортних процесів і систем [5]. Для оцінки ефективності автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту доцільно використовувати енергетично нормалізовані схеми і математичні моделі теорії енергоресурсної ефективності автомобіля, розвинутої в роботах Хабутдінова Р. А. [1]. Слід відзначити, що поняття «енергоресурсна ефективність» відбиває енергетичну результативність автомобіля як носія технічних ресурсів транспорту у рухових операціях з урахуванням прояву комплексу його властивостей, представлених на рис. 1.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Операції руху автотранспортного засобу здійснюються у складній підсистемі «Термінал-Автомобіль-Водій-Дорога-Транспортний потік». У цій підсистемі витрачається 95 % енергії, 100 % технічних та трудових ресурсів. Теорія транспортних процесів і систем [5] враховує лише одну ланку цієї підсистеми – «Термінал-Автомобіль». За таких умов неможливо всебічно аналізувати споживання енергії та ресурсів.

Для довгострокового формування високотехнологічних схем ресурсозберігаючого відтворення транспортних послуг необхідні методи раціоналізації машинного змісту транспортних технологій з урахуванням реалізації складних функцій автопоїзда як носія технічних ресурсів транспорту. Ці функції обумовлюються його виробничо-технологічними властивостями, які проявляються в рухових операціях: динамічність, адаптивність, енерговитратність, продуктивність, транспортно-технологічна результативність, транспортна продуктивність. Сукупність цих властивостей і конструктивних особливостей автотранспортного засобу, що забезпечують придатність його конструкції до енергоресурсної економізації технологій перевезень, називають транспортно-технологічною якістю автомобіля.

Для підвищення технологічної результативності рухомого складу конструктивні параметри автопоїзда повинні забезпечувати оптимальність показника енергетичної результативності технологічних впливів  $TB$  на вантажі [4]. Цей показник є проміжним на етапі визначення енергетичної ефективності транспортного засобу, але він дозволяє аналізувати результативність технологічних впливів, які складають сутність транспортних технологій.

Таким чином, показник  $TB$  необхідно враховувати у комплексі з показником енергетичної ефективності. У багатофазовій операції руху автомобіля цей показник визначається як для окремих його фаз ( $TB_i$ ), так і для тестового циклу в цілому ( $TBC$ ):

$$TB_i = \frac{q\gamma_{cm} l_i}{P_{mi} t_i^2} \rightarrow opt, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де  $q\gamma_{cm}$  – вантажопідйомність автомобіля (кг) та коефіцієнт її використання;

$n$  – кількість фаз в операції руху;

$l_i$  – довжина пробігу автомобіля у  $i$ -й фазі операції, м;

$P_{mi}$  – середня сила тяги автомобіля у  $i$ -й фазі операції, Н;

$t_i$  – час руху автомобіля у  $i$ -й фазі операції, с;

$$TBC = \sum_{i=1}^n TB_i \cdot m_i, \quad (2)$$

де  $m_i$  – частка пробігу автомобіля у  $i$ -й фазі операції циклу.

$$TB_r = \frac{\sum_{i=1}^n TB_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \rightarrow opt. \quad (3)$$

### Результати дослідження і їх обговорення

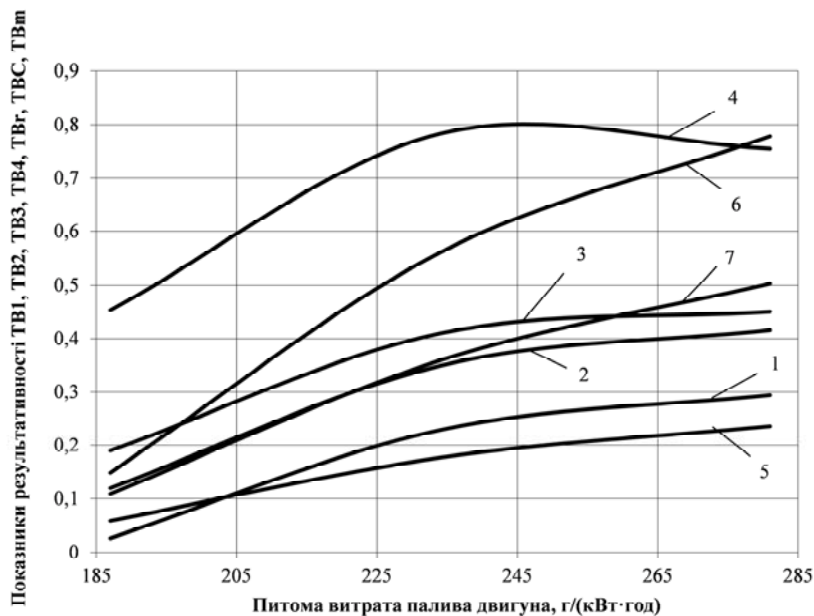
Значення питомої витрати палива двигуном  $g_n$  при максимальній потужності характеризує його паливну економічність [7]. Величина  $g_n$  залежить від типу двигуна і виду палива. Стратегія підвищення паливної економічності автомобіля при його проектуванні полягає в забезпеченні умови  $g_n \rightarrow min$ . Чим меншим є  $g_n$ , тим вищим є вартість двигуна, що сягає до 40 % вартості автопоїзда [9]. Однак автотранспортні засоби порівняно рідко працюють при повному навантаженні двигуна і мають достатньо великі запаси потужності.

Аналізуючи вплив питомої витрати палива двигуном  $g_n$  на показники результативності технологічного впливу автомобіля встановлено, що при збільшенні значень  $g_n$  в діапазоні 187–283 г/(кВт·год) відбувається збільшення показника технологічного впливу (рис. 2). Чим вищою є передача, тим більшим є вплив величини  $g_n$  на приріст значення показника технологічного впливу  $TB$ . Криві 5 ( $TBr$ ) і 7 ( $TBm$ ) характеризують рівномірний

рух автопоїзда при швидкостях  $V_r = 3$  м/с,  $V_m = 14$  м/с. Крім того, збільшення  $g_n$  призводить до нелінійного зростання середньозваженого значення  $TBC$ .

**Таблиця 1** – Технічні характеристики автопоїзда VOLVO FH-12 + FRUEHAUF DSND-32

Показник	Значення
1. Вантажопідйомність, кг	20000
2. Коефіцієнт використання вантажопідйомності	1
3. Повна маса автопоїзда, кг	34000
4. Частота обертання колінчастого валу при максимальному крутному моменті, об./хв.	2260
5. Частота обертання колінчастого валу при максимальній потужності, об./хв.	1800
6. Передаточне число головної передачі	2,85
7. Висота, ширина, м	3,5; 2,5
8. Максимальна потужність двигуна, к.с.	480
9. Радіус колеса, м	0,57
10. Питома потужність двигуна, г/(кВт·год)	234



**Рис. 2.** Графік залежності показників результативності технологічного впливу автопоїзда VOLVO FH-12 + FRUEHAUF DSND-32 від питомої витрати палива двигуна  $g_n$ :  
1 –  $TB1$ , 2 –  $TB2$ , 3 –  $TB3$ , 4 –  $TB4$ , 5 –  $TBr$ , 6 –  $TBC$ , 7 –  $TBm$

**Висновки**

1. Запропоновано розрахункові схеми і математичні моделі для оцінки показника транспортно-технологічної якості автомобіля, які дозволяють аналізувати придатність його конструкції до забезпечення енергозберігаючих технологій автомобільних перевезень.

2. Сукупність методів удосконалення техніко-експлуатаційних та споживчих властивостей автомобіля дозволяє реалізувати наукову ідею технологічної концепції розвитку автотранспортної системи. Ця ідея виражається в необхідності комплексної енергетичної раціоналізації трьох факторів відтворення транспортних послуг: результативності технологічних впливів автотранспортних засобів на вантажі, процесів використання технологічних ресурсів транспорту, зміни конструктивних параметрів автомобілів у часі.

**Список літератури**

1. Хабутдінов Р. А. Енергоресурсна ефективність автомобіля / Р. А. Хабутдінов, О. Я. Коцюк. – К. : УТУ, 1997. – 137 с.  
2. Хабутдінов Р. А. Методи моніторингу енергетичної ефективності автопоїздів / Р. А. Хабутдінов, І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2006. – Випуск 11. – С. 6–10.

3. Мельник А. Н. Повышение энергетической эффективности производства как важнейшее направление развития отечественной экономики / А. Н. Мельник // Проблемы теории и практики управления. – 2010. – № 12. – С. 8–17.

4. Хмельов І. В. Методика аналізу транспортно-технологічної якості автопоїздів за енергетичним критерієм / І. В. Хмельов // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 24. – Ч. 2. – С. 243–2465. Горев А. Э. Грузовые автомобильные перевозки / А. Э. Горев. – М. : Академия, 2004. – 288 с.

6. Основи економіки транспорту : Підручник / [Щелкунов В. І., Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г. та ін.]. – К. : Кондор, 2011. – 392 с.

7. Вахламов В.К. Подвижной состав автомобильного транспорта. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.

8. Хмельов І. В. Підвищення енергоресурсної ефективності вантажних міжнародних автомобільних перевезень : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Хмельов Ігор Володимирович. – К. : Національний транспортний університет, 2009. – 190 с.

9. Матанцева О. Ю. Вопросы финансовой устойчивости автотранспортного бизнеса / О. Ю. Матанцева. – М. : НИИАТ, 2002. – 136 с.

*Одержано 03.11.2021*

© Хмельов І. В.<sup>1</sup>, Процик О. П.<sup>2</sup>, Даниленко І. В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні технології»,

<sup>2</sup> Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні технології»,

<sup>3</sup> Аспірант кафедри «Транспортні технології»;

Національний транспортний університет, м. Київ Україна

**Khmelov I., Protsyk O., Danylenko I. The method of technical and technological automobile analysis considering the evolution of design parameters**