

**Хмельов І. В., Струць В. О.**  
**(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)**  
**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**  
**ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ**  
E-mail: i.khmelov@ntu.edu.ua

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 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 [1]. Для забезпечення енерго- і ресурсозберігаючих технологій конструктивні параметри АТЗ повинні забезпечувати оптимальність таких показників транспортно-технологічної якості: транспортної енергетичної ефективності ( $P_{ep}$ ); енергетичної результативності технологічних впливів на вантажі ( $TB$ ).

Для розробки математичної моделі показника енергетичної ефективності використано метод аналогій з еталонним прототипом АТЗ. Останній являє собою розрахункову модель ідеального АТЗ і не змінюється впродовж 20 – 30 років. Протягом цього періоду задача неперервного удосконалення АТЗ розглядається

як процес наближення показників його транспортно-технологічної якості до еталонного прототипу [2].

Шляхом співставлення величин енергетичних показників АТЗ 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 АТЗ у тестовій операції  $\rho$  до транспортної енерговіддачі еталонного АТЗ у еталонній операції  $\rho_{em}$ :

$$P_e = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_v \gamma_{cm}}{K_e (\eta_q + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $K_v$  – коефіцієнт швидкості (відношення середньої швидкості АТЗ в тестовому циклі до швидкості еталонного АТЗ);

$\gamma_{cm}$  – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності;

$K_e$  – енергетичний коефіцієнт пробігу (відношення витрати палива даного АТЗ в циклі до витрати палива еталонного АТЗ, який рухається з постійною еталонною швидкістю);

$\eta_q$  – коефіцієнт спорядженої маси АТЗ.

Для підвищення технологічної результативності рухомого складу конструктивні параметри автопоїзда повинні забезпечувати оптимальність показника енергетичної результативності технологічних впливів  $TB$  на вантажі [3]. 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 ( $TBC$ ):

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

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;

$$TBC = \sum_{i=1}^n TB_i \cdot m_i, \quad (3)$$

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

Показники технологічного впливу  $TB$  на кожній передачі ( $i$ ) визначаються шляхом імітаційного моделювання руху автомобіля в тестовій операції [3]. В основу математичної моделі функціонування автомобіля у тестовій операції покладено аналітичні залежності його дискретної кінематики, динаміки та енергетики. Для автоматизації розрахунків, на кафедрі «Транспортні технології» Національного транспортного університету під керівництвом проф. Хабутдінова Р. А. розроблено програмне забезпечення, яке було використано при проведенні досліджень.

Крім того, для моделювання показника результативності технологічних впливів в залежності від зміни конструктивних параметрів автомобіля використовується середньозважений ( $TBr$ ) показник для операції розгону:

$$TBr = \frac{\sum_{i=1}^n TB_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} \rightarrow opt. \quad (4)$$

Виконання умов (1) та (4) забезпечує придатність конструкції автотранспортного засобу до підвищення транспортно-технологічної результативності рухомого складу. Таким чином, запропоновані розрахункові схеми і математичні моделі для оцінки показника транспортно-технологічної

якості автомобіля дозволяють аналізувати придатність його конструкції до забезпечення енергозберігаючих технологій автомобільних перевезень.

Література:

1. Хабутдінов Р.А. Принципи і методи концептуального підвищення енергоресурсної ефективності автотранспортних засобів і послуг в їх життєвих циклах / Р.А. Хабутдінов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2022. – Вип. 3 (53). – С. 389 – 398.

2. Хмельов І. В. Метод техніко-технологічного аналізу автомобілів з урахуванням еволюції їх конструктивних параметрів / І. В. Хмельов // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2021. – Вип. 2. – С. 81 – 85.

3. Хабутдінов Р.А. Методологія концептуального управління технологічно-сталим розвитком на автотранспорті / Р.А. Хабутдінов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – К.: НТУ, 2022. – Вип. 1 (51). – С. 408 – 415.

**Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В.**  
*(Херсонська державна морська академія, м. Херсон)*

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ КЕРУВАННЯ СТАНОМ  
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Процеси експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) супроводжуються присутністю ряду негативних наслідків, серед яких є витрата значної кількості палива, забруднення навколишнього середовища тощо. Враховуючи вплив цих процесів на зовнішнє середовище і, як результат, необхідність прийняття рішень щодо розробки протидії цьому явищу, адекватних результатам, що досягаються, треба мати необхідний обсяг достовірної інформації про параметри експлуатації АТЗ.