

УДК 656.13.072:629.114.001.45

Хмельов І. В., канд.техн.наук

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОПОЇЗДА З УРАХУВАННЯМ ДОРОЖНІХ ХАРАКТЕРИСТИК

Анотація. Концепція комплексного збереження енергії та ресурсів є пріоритетним напрямком розвитку автотранспортної системи України. Для реалізації цієї концепції необхідно враховувати усе різноманіття умов експлуатації, зокрема, дорожніх. Запропоновано математичні моделі для аналізу показника енергетичної ефективності автотранспортних засобів при зміні характеристик дороги.

Ключові слова: міжнародні вантажні перевезення, енергоресурсна ефективність, автотранспортний засіб, дорожні характеристики, коефіцієнт зчеплення.

Аннотация. Концепция комплексного сбережения энергии и ресурсов является приоритетным направлением развития автотранспортной системы Украины. Для реализации этой концепции необходимо учитывать всё разнообразие условий эксплуатации, в частности, дорожных. Предложены математические модели для анализа показателя энергетической эффективности автотранспортных средств при изменении характеристик дороги.

Ключевые слова: международные грузовые перевозки, энергоресурсная эффективность, автотранспортное средство, дорожные характеристики, коэффициент сцепления.

Annotation. The conception of integrated energy and resources saving is a priority for the Ukraine's road transport system development. To realize this

conception must take into account the variety of conditions, including road. It is offered mathematical models to analyze the vehicles' energy efficiency when changing the road characteristics.

Keywords: international freight transportation, energy-resource efficiency, vehicle, road characteristics, coefficient of adhesion.

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) у автотранспортній системі. Різноманітність умов експлуатації обумовила широку спеціалізацію автомобілів, які відрізняються специфічними властивостями, що забезпечують їх використання в конкретних умовах з найбільшою ефективністю [1]. Особливо це стосується міжнародних автомобільних перевезень, оскільки вони мають наступні специфічні ознаки, зокрема, широкий діапазон транспортних і дорожніх умов перевезень.

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. Це безпосередньо стосується і послуг з перевезень вантажів автомобільним транспортом [2]. За прогнозами Асоціації міжнародних автоперевізників, у 2011 році очікується збільшення обсягів міжнародних автомобільних перевезень приблизно на 20% у порівнянні з 2010 роком. 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. В цих умовах виникає потреба у дослідженні впливу характеристик дороги на ефективність вантажних перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теорії експлуатаційних властивостей автомобіля [1] 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. Тому для досягнення позитивного результату необхідні нові рішення та підходи. При виборі РС необхідно

враховувати еволюцію конструктивних параметрів АТЗ і різноманіття дорожніх 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 [3].

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах дорожнього руху енергоємність перевезень обумовлюється конструктивними параметрами автопоїзда (АП), режимами переривчасто-нерівномірного руху і характеристиками поверхні кочення [3]. 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 дорожніх характеристик на енергетичну ефективність АП.

Багатьма дослідженнями встановлено, що характеристики дороги впливають на тягово-швидкісні та гальмівні властивості РС [1]. Зокрема, коефіцієнт зчеплення характеризує зчіпні властивості шин, а коефіцієнт опору коченню впливає на тягово-зчіпні властивості колеса. В даній роботі проводиться дослідження впливу коефіцієнта зчеплення φ на показники енергетичної ефективності АТЗ.

Для розробки даної методики використано теорію енергоресурсної ефективності автомобіля [3]. 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 ρ до транспортної енерговіддачі еталонного АП у еталонній операції ρ_{em} :

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

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

γ_{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), $K_{ec} = f(\varphi)$;

η_q – коефіцієнт спорядженої маси АП.

Цей показник необхідно враховувати у комплексі з показником паливної ефективності Π_{epq} , який являє собою відношення показників транспортної паливовіддачі даного АП у тестовій операції ρ_n до паливовіддачі еталонного АП у еталонній операції ρ_{nem} :

$$\Pi_{epq} = \frac{\rho_n}{\rho_{nem}}. \quad (2)$$

Контакт деформованого колеса з опорною поверхнею здійснюється на певній ділянці, тому, при дії, спрямованій у будь-яку сторону дотичної реакції цієї поверхні відбувається ковзання деякої частини елементів шини [1]. Зі збільшенням дотичної реакції (у тяговому чи гальмівному режимі) змінюється окружна деформація колеса і його радіус i , отже, при тій самій кутовій швидкості змінюється і поступальна швидкість колеса. Одночасно відбувається зміна відносної швидкості (тобто швидкості ковзання елементів шини).

Найбільше значення дотичної реакції, яка діє в опорній поверхні та може бути реалізована колесом, визначається зчипними властивостями між ними. Ці властивості характеризуються коефіцієнтом зчеплення.

Під коефіцієнтом зчеплення φ розуміється відношення максимальної сили зчеплення вісі коліс (при визначеному коефіцієнті буксування δ_φ) до осьового навантаження. Даний коефіцієнт впливає на гальмівні властивості РС, і, як наслідок, в значній мірі визначає безпеку дорожнього руху при перевезенні [2]. Крім того, цей коефіцієнт також здійснює великий вплив на паливну економічність АТЗ (рис. 1). Цей коефіцієнт задається за характеристикою кривої буксування $\varphi = f(\delta)$, де δ – коефіцієнт буксування, $\delta \in (0; 1)$:

$$\delta = 1 - \frac{V_n}{\omega r}, \quad (3)$$

де V_n – поступальна швидкість вісі коліс;

ω – кутова швидкість коліс;

r – динамічний радіус колеса.

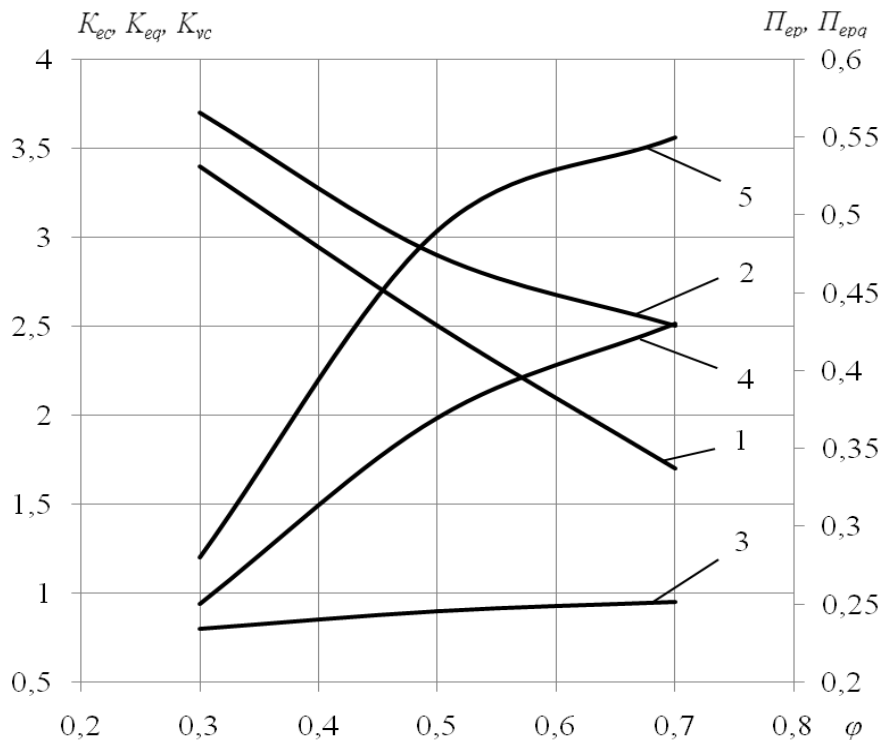


Рис. 1. Графік залежності показників енергетичної ефективності автопоїзду VOLVO FH-12 + FRUEHAUF DSND-32 від коефіцієнту зчеплення φ :

1 – $K_{ес}$, 2 – $K_{еq}$, 3 – $K_{вс}$, 4 – $\Pi_{ер}$, 5 – $\Pi_{ерq}$.

В модель вводяться два параметра кривої буксування:

φ_m – максимальне значення коефіцієнта зчеплення;

δ_φ – коефіцієнт буксування при φ_m .

Аналіз графіка (рис. 1) показує, що при $\varphi \in (0,3; 0,5)$ показники енергетичної $\Pi_{ер}$ та паливної $\Pi_{ерq}$ ефективності стрімко зростають; при подальшому збільшенні значень аргументу темп зростання зменшується.

За допомогою методів регресійного аналізу встановлено функціональні залежності показника енергетичної ефективності P_{ep} від характеристик дороги наступного виду:

$$P_{ep} = -0,75\varphi + 1,2\varphi - 0,042. \quad (4)$$

Для спрощених розрахунків можна користуватися лінійною залежністю:

$$P_{ep} = 0,45\varphi + 0,125. \quad (5)$$

Для залежності (4) коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,99$, для залежності (5) $R^2 = 0,96$. Таким чином, коефіцієнт кореляції в другому випадку дещо менше, але його значення ($R^2 > 0,7$) показує можливість застосування цих лінійних залежностей при розрахунках.

Висновок

1. Встановлено, що для реалізації концепції збереження енергії та ресурсів в автотранспортній системі необхідно враховувати усе різноманіття умов експлуатації, зокрема, дорожніх. 2. Розроблено методику, яка дозволяє у непрямому вигляді аналізувати вплив шорсткості покриття дороги на енергетичну ефективність автопоїздів. 3. Визначено функціональні залежності, які можуть бути використані для прогнозування зміни показника енергетичної ефективності автотранспортних засобів при зміні характеристик дороги.

Література

1. Волков В. П. Основи теорії експлуатаційних властивостей автомобіля / В. П. Волков, О. П. Кравченко. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 248 с.
2. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху / В. М. Герзель, М. М. Марчук, М. А. Фабрицький. – Рівне: НУВГП, 2008. – 200 с.
3. Хабутдінов Р. А. Енергоресурсна ефективність автомобіля / Р. А. Хабутдінов, О. Я. Коцюк. – К.: УТУ, 1997. – 137 с.