

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ

В статті представлена методика моніторингу енергоефективності автомобілів малої вантажопідйомності, яка призначена для підвищення енергоресурсної ефективності автомобілів при їх експлуатації.

В статье представлена методика мониторинга энергоэффективности автомобилей малой грузоподъемности, которая назначена для повышения энергоресурсной эффективности автомобилей при их эксплуатации.

The article presents method of monitoring energy efficiency to improve energy efficiency of cars of small carrying capacity in their operation.

Актуальність. Актуальність цієї теми пояснюється тим, що існує проблема вибору рухомого складу (РС) та вдосконалення транспортних технологій (ТТ), з точки зору енергозбереження. На сучасному етапі розвитку світового ринку автотранспортних засобів (АТЗ) спостерігається значне збільшення кількості видів та різновидів конструкцій автомобілів малої вантажопідйомності, які потрібно формувати виходячи технологій автомобільних перевезень у багатьох країнах світу. Автомобілебудівні фірми світу пропонують у кожному сегменті автомобільного ринку кілька десятків різновидів конструкцій автомобілів малої вантажопідйомності (АМВ) для здійснення вантажних перевезень. У зв'язку з великим різноманіттям моделей і модифікацій, які пропонуються, та тенденцією уніфікації конструктивно-технічних параметрів автомобілів на стадії придбання рухомого складу виникає задача обґрунтування споживчих переваг АМВ за їх конструкцією, які відповідають концепції енергозбереження. З точки зору цієї концепції, виникає задача передексплуатаційного обґрунтування АМВ, як науково-технічного товару. Для цих автомобілів коефіцієнт спорядженої маси є високим (1-2,5). Крім того, АМВ використовуються в міських умовах, де рух автомобілів нерівномірно-переривчастий. При такому русі реалізується високий рівень енергоємності. Крім цього, в теорії транспортних процесів теоретично АТЗ розглядаються не як складні технічні засоби, а як одно параметричні несучі кузови.[3]

Існуючі методи технічного, транспортного та економічного аналізів ефективності АМВ не забезпечують реалізацію вищевказаної концепції розвитку і стратегії підвищення техніко-технологічної конкурентоздатності автотранспортних послуг. Крім того, вони не дають можливості проводити маркетингові дослідження, які відповідають вищезгаданим вимогам. Вказані недоліки в значній мірі проявляються у сегменті ринку автомобілів малої вантажопідйомності. Це пояснюється значними ризиками внаслідок великого різноманіття ринків автотранспортних послуг (у країні та за її межами), а також високою вартістю нових імпортованих АТЗ.

У зв'язку з вищесказаним, на кафедрі «Транспортні технології» Національного транспортного університету розроблено методику моніторингу споживчої властивості нових АМВ. У даній роботі представлено методику моніторингу енергоефективності для сегменту ринку автомобілів малої вантажопідйомності. Для створення методу було вирішено наступні задачі:

- розробка математичної моделі для аналізу транспортно-енергетичної ефективності АТЗ;

- створення електронних таблиць для автоматизованих розрахунків показників та розробка методики моніторингу енергетичної ефективності АМВ;

- багатоваріантний аналіз впливу зміни основних конструктивно-технічних параметрів АМВ на показники енергетичної ефективності АТЗ, паливної ефективності та енергетичної результативності технологічних впливів;

- розробка методу оцінки та технологічне прогнозування на автотранспорті згідно концепції енерго- і ресурсозбереження, на основі методики моніторингу.

Матеріали і результати дослідження. Оцінка та прогнозування придатності конструктивно-технічних параметрів автомобілів малої вантажопідйомності, які пропонуються на автомобільному ринку, до енерго- і ресурсозберігаючих транспортних технологій (ТТ) і є метою моніторингу енергоефективності АМВ. У вітчизняній практиці використовується європейська класифікація АТЗ (застосовується в міжнародних вимогах з безпеки перевезень), згідно з якою автомобілі малої вантажопідйомності відносяться до категорії N1 – категорія самохідних колісних ТЗ, які мають принаймні 4 колеса і призначені для перевезення вантажів, не більше 3,5т.

Під транспортними технологіями розуміється сукупність людино-машинних способів, ресурсно-технічних засобів, трудо-машинних процедур впливів і ресурсоперетворюючих процесів створення якісного продукту транспорту, а також їх (способів, засобів, процедур і процесів) науковий опис[2].

Для аналізу технологічної результативності АМВ були використані схеми і математичні моделі енерго-ресурсоефективності автомобілів (ЕРЕА) [1]. Виходячи з положень ЕРЕА для оцінки і аналізу технологічної енерговіддачі АМВ, як носія технічних ресурсів транспорту і конструктивно-технічної основи перетворення виробничих ресурсів використовуються три показники: результативності технологічних впливів TB , транспортної енергоефективності P_e і паливної ефективності P_q .

Ці величини визначаються по результатам моделювання функціонування автомобіля малої вантажопідйомності в експлуатаційно-тестових операціях із врахуванням важливих характеристик перевезень: вантажопотоку, характеристик швидкісних режимів руху АМВ, довжини маршрутів, алгоритмів управління двигуном та трансмісією, характеристик поверхні кочення.

Для оцінки ефективності машинних процедур P_M транспортних технологій використовуються показники результативності технологічних впливів у кожній фазі перегінного циклу руху автобуса TB_i та в цьому циклі TB_{Σ} , які визначаються за формулами:

$$TB_i = \frac{q \times Y_{cm} \times l_i}{P_{pi} \times t_i^2}, \quad i = \overline{1, n_\phi} \quad (1)$$

де l_i – довжина пробігу ТЗ у i -тій фазі циклу, м; P_{pi} – середня сила тяги ТЗ у i -тій фазі циклу, кН; t_i – час руху ТЗ у i -тій фазі циклу (з урахуванням часу переключення передачі 1-2с.), с; n_ϕ – кількість фаз в перегінному циклі.

$$TB_y = \frac{q \times Y_{cm}}{l_y} \left(\frac{l_p}{t_p} \sum_{i=1}^{n_\phi} \frac{l_{pi}}{P_{pi} \times t_i} + \frac{V_y^2}{P_v} \right) \rightarrow \max, \quad (2)$$

де l_y – довжина циклу, м; V_y – стала швидкість руху в циклі, м/с; P_v – середня сила тяги ТЗ у фазі сталого руху в циклі, кН.

Критерієм придатності конструкції АМВ концепції збереження енергії і ресурсів є показник його енергетичної ефективності, максимізація якого забезпечує найвищий технологічний рівень вантажних перевезень.

Відомо, що показник транспортної енерговіддачі АМВ на маршруті є величиною, яка пропорційна показнику технологічної енергоефективності і визначається за наступною формулою[1]:

$$\rho_e = A \times \Pi_e \quad (3)$$

де ρ_e – транспортна енерговіддача автомобіля; A – постійна величина; Π_e – показник технологічної енергоефективності в тестовій операції.

Параметри конструкції АМВ і характеристики її структури повинні бути такими, щоб забезпечувати максимізацію показників технологічної енергоефективності. Саме такий показник характеризує придатність АМВ до максимізації технологічної якості продукту транспорту.

З вищесказаного випливає, що показник технологічної енергоефективності являє собою відношення транспортної енерговіддачі заданого АМВ в тестовій операції ρ_e до транспортної енерговіддачі еталонного АМВ в еталонній операції ρ_{em} :

$$\Pi_e = \frac{\rho_e}{\rho_{em}} = \frac{K_v \times Y_{cm} \times \eta_m}{K_e \times (\eta_q + Y_{cm})} \rightarrow \max \quad (4)$$

де η_T - коефіцієнт ККД трансмісії; K_v - коефіцієнт швидкості АМВ на розрахунковому маршруті; K_e - енергетичний коефіцієнт пробігу АМВ на розрахунковому маршруті.

Коефіцієнти K_v і K_e визначаються шляхом моделювання роботи автомобіля в еталонній тестовій операції руху. Суть еталонно-порівняльного підходу полягає в тому, що шляхом зіставлення енерговитрат заданого ТЗ і його еталонного прототипу визначаються енергетичні коефіцієнти пробігу K_e і швидкості ТЗ K_v .

Коефіцієнт спорядженої маси η_q , що визначається відношенням власної маси автомобіля у спорядженому стані до номінальної вантажопідйомності автомобіля, впливає на енергозбереження:

$$\eta_q = \frac{q_0}{q}, \quad (5)$$

де q_0 – власна маса автомобіля у спорядженому стані, т; q – номінальна вантажопідйомність, т. Чим нижче коефіцієнт спорядженої маси АТЗ, тим

більший показник енергетичної ефективності P_e , тим більш придатна конструкція автомобіля мінімізації енерго-ресурсомісткості перевезень і тим вищий рівень технічної достатності автомобіля концепції енерго-ресурсозберігаючої якості автотранспортних послуг (ЕРЗЯАП).

Показник енергетичної ефективності необхідно враховувати у комплексі з показником паливної ефективності P_q , який є відношенням транспортної паливовіддачі даного АМВ у тестовій операції ρ_n до транспортної паливовіддачі еталонного автомобіля малої вантажопідйомності в еталонній операції ρ_{eml} :

$$P_q = \frac{\rho_n}{\rho_{eml}} \quad (6)$$

Виконання умов (2) та (4) забезпечує придатність конструкції АМВ до енергозберігаючих транспортних технологій.

Рівень автомобіля малої вантажопідйомності як науково-технічного товару задається критерієм споживчої якості P_{ca} , який являє собою мультиплікативну функцію від п'яти показників споживчих якостей [1]:

$$P_{ca} = P_e \times P_d \times P_{ete} \times P_{te} \times P_{pe},$$

$$P_e \geq P_{ej}, P_d \geq P_{dj}, P_{eme} \geq P_{emej}, P_{me} \geq P_{mej}, P_{pe} \geq P_{pej}, \quad (7)$$

де P_d – показник довговічності (відношення величини амортизаційного пробігу даного АМВ і середнього значення для сегменту АМВ); P_{eme} – показник ресурсної неоднорідності конструкції АТЗ, який залежить від агрегатної структури транспортних засобів, нормативного пробігу агрегатів, а також їх цін; P_{me} – показник товарної економічності, який являє собою відношення середньої ціни АТЗ у даному сегменті ринку до ціни конкретного АТЗ; P_{pe} – показник рівня екологічності ТЗ, згідно стандартів Євро; j – індекс, який характеризує обмеження характеристик споживчої властивості у сегменті АМВ.

Зрозуміло, чим більший показник P_{ca} , тим вища досконалість конструкції АМВ. Якщо ж у формулу підставити спеціальний степінь α , що враховує степінь показника енергоефективності АТЗ, то отримаємо натурально-вартісну модель для аналізу і прогнозування енерго- і ресурсозберігаючої корисності АТЗ:

$$P_{ca}^\alpha = P_e^\alpha \times P_d \times P_{ete} \times P_{te} \times P_{pe}, \quad (8)$$

де α – показник степені, який характеризує значущість даного критерію ($\alpha < 1$).

Для забезпечення порівняльного аналізу споживчої якості та властивостей АТЗ в рамках сегменту ринку або типорозмірних рядів розроблено електронні таблиці MS Excel.

Основне призначення розроблених таблиць – збір, зберігання, автоматизовані розрахунки та систематизація детальних характеристик АМВ, які використовуються при обґрунтуванні нового рухомого складу. Таке обґрунтування забезпечує вибір АМВ згідно концепції енергоресурсозбереження.

Фрагмент розробленої електронної таблиці

№ з/п	Марка автомобіля	Вантажо-підйомність, т	Повна маса, т	Коефіцієнт спорядженої маси	Коефіцієнт швидкості		Паливний коефіцієнт пробігу		Показник енергетичної ефективності
					Міський цикл	Магістраль	Міський цикл	Магістраль	
1	ГАЗ 3302	1,65	3,5	1,121212	1,3	1,41	2,173	1,679	0,356
2	Hyundai Porter	0,98	2,75	1,806122	1,3	1,42	2,413	1,865	0,242
3	Renault Master	1,684	3,5	1,078385	1,33	1,42	1,702	1,315	0,468
4	Citroen Jumper	1,375	3,3	1,4	1,33	1,43	1,88	1,453	0,369
5	Isuzu NLR85A	1,65	3,5	1,121212	1,33	1,42	2,813	2,173	0,276

Уся інформація в електронній таблиці згрупована по марках автомобілів малої вантажопідйомності. Умовно таблиця поділяється на кілька частин, у яких представлено вихідні дані, проміжні автоматизовані розрахунки та показники енергоресурсної оцінки АМВ за якими приймається рішення щодо вибору рухомого складу. Згідно умов (6) і (7) здійснюється ранжирування АМВ за ступенем їх придатності до енергозберігаючих технологій.

Висновки. 1. Автомобіль малої вантажопідйомності – складний науково-технічний товар, який має складну конструктивну структуру і використовується в складних умовах перевезень.

2. Встановлено цілі та задачі моніторингу енергоефективності, а також розроблено математичні моделі для аналізу показників.

3. Запропоновано методику моніторингу згідно таблиць MS Excel.

Література

1. Хабутдінов Р.А., Коцюк О.Я. Енергоресурсна ефективність автомобіля. - К.: УТУ, 1997. - 137 с.
 2. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 400 с.
- Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки — 2-е изд., перераб. и доп. —К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. —447 с.