

Сахно¹ В.П., Сакно² О.П., Лисий² О.В.
¹Національний транспортний університет
²Військова академія (м. Одеса)

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ НА БАЗІ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

Запропонована удосконалена модель для кваліметричних оцінок рівня технічного стану автопоїздів. У графічній інтерпретації удосконалена модель уявляє собою багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам автопоїзда (економічність, динамічність, надійність). Це дозволило вирішити практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтувати раціональний режим періодичності ТО та норми надійності між елементами агрегатів.

Ключові слова: автопоїзд, властивість, технічний стан, кваліметрична оцінка, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. Метою підвищення рівня технічного стану автопоїздів є створення більш надійних, компактних й технологічних, енергетично ефективних, ергономічно-комфортних й екологічно безпечних агрегатів, механізмів, які відповідають вимогам технічної документації. Конкретизація цього завдання для технічної служби АТП складається з його опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей.

У роботах професорів Заблонського К.І. й Гутирі С.С. [1, 2] вперше науково обґрунтовано адекватність моделювання множини показників якості $\{Q\} = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ і відношень між ними $\{q_i \leftarrow q_j\}$, як єдиної інформаційної системи, подальший розвиток якої базується на принципі функціонально-кібернетичної еквівалентності П1, згідно з яким чим більше число n , тим більше альтитуда моделі, з поглибленням якої вужчає множина відношень $\{q_i \leftarrow q_j\}$. Для даної композиції відношень найбільш адекватною є структура у вигляді багаторівневої оболонки, яка відрізняється тим, що показники кожного рівня не зводяться до сукупності показників інших рівнів. На кожному рівні такої універсальної моделі, що не потребує застосування суб'єктивних експертних методів, можна враховувати нові експлуатаційні властивості, які притаманні системі в цілому, а також реалізовувати аналіз за єдиним системним критерієм $U(Q)$ технічного рівня [2, 3].

Аналіз опублікованих даних свідчить, що для багаторівневого відображення експлуатаційних властивостей автопоїздів необхідним є формування такої універсальної структурованої інформаційної бази даних, яка забезпечить об'єктивність кваліметричних оцінок рівня технічного стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому. Зокрема, для всебічного вивчення множини експлуатаційних параметрів автопоїздів під час експлуатації необхідно розробити аналітичні моделі, опрацювати алгоритми розрахункових процедур і створити відповідний універсальний комплекс прикладних програм.

Результати досліджень. Для конкретизації завдання для технічної служби АТП щодо опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей, необхідно розглянути дві із 6 аксіом [3].

Аксіома А1. Пари показників (q_i, q_j) не залежать за перевагою від інших показників $\bar{Q} = (q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_{j-1}, q_{j+1}, \dots, q_n)$, якщо відношення переваги, установлене між векторами $Q' = (q'_i, q'_j, \bar{Q})$ й $Q'' = (q''_i, q''_j, \bar{Q})$, не залежить від рівнів, на яких зафіксовані значення показників \bar{Q} .

З аксіоми А1 випливає, що

$$(q'_i, q'_j, \bar{Q}') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}') \Rightarrow (q'_i, q'_j, \bar{Q}'') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}'') \quad (1)$$

для будь-яких $\bar{Q}'' \in Q''$. Отже, визначивши відношення переваги на площині $q_i \times q_j$ з урахуванням тільки показників q_i і q_j й установивши, що пара (q_i, q_j) не залежить за перевагою від \bar{Q} , можна поширити знайдені відносини переваги із площини $q_i \times q_j$ на весь простір показників Q'' . У цій

властивості полягає основна практична цінність поняття незалежності за перевагою (приклад, для $n = 3$ на рис. 1).

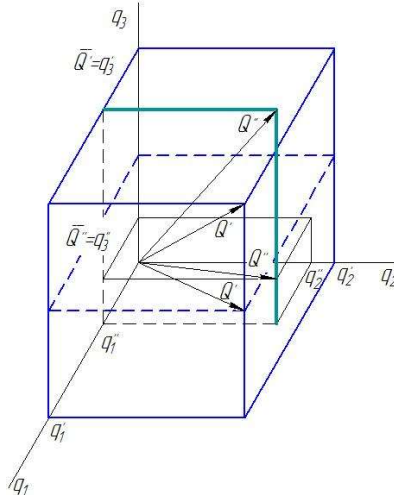


Рисунок 1 – Схема незалежності за перевагами показників q_2 і q_3 від показника q_1

Аксиома 2. Оцінки технічного рівня $U'(Q)$ й $U''(Q)$ порівнюваних аналогів можна вважати дійсними, якщо

$$U'_k(Q)/U''_k(Q) = \text{const} \forall k = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де m – число альтернативних моделей.

З аксиоми випливає, що якщо запропоновані моделі адекватно відображають оцінюваний показник, то

$$\left. \begin{aligned} U'(Q) &= \alpha_k U'_k(Q); \\ U''(Q) &= \beta_k U''_k(Q), \end{aligned} \right\} \forall k = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де $\alpha_k \wedge \beta_k > 0$ – масштабні коефіцієнти k -ої моделі.

Розглянута система аксіом становить основу проектної кваліметрії стосовно автопоїзда як системної складності, оскільки забезпечує формалізацію абстрактного процесу відображення його рівня технічного стану на числову вісь, стабільну технологічну точність результатів і усуває залежність отриманих результатів від відомої суб'єктивності експертних методів.

Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкненою, випуклою і не порожньою, показник рівня технічного стану $U(Q) \equiv U$ [2], значення якого є інваріантним рівню кваліметричної моделі, визначається за рішенням наступної системи неоднорідних лінійних рівнянь:

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & -1 \\ 0 & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & -1 \\ 0 & 0 & q_{33} & q_{34} & q_{35} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{44} & q_{45} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{55} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5\}$ – стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

Єдність розв'язку системи $Q' \succ Q'' \Rightarrow Q' \succ (q''_1, \dots, q''_{i-1}, q''_i + \Delta q_i, q''_{i+1}, \dots, q''_n)$ забезпечується відношенням суворої упорядкованості елементів матриці $[Q]$ у вигляді

$$1,0 > q_{k+1, j} > q_{k, j} > 0,1 \quad \forall k = \overline{1, j} \wedge j = \overline{1, 5}. \quad (4)$$

Адекватність застосування умови (1) підтверджується послідовністю формування таких експлуатаційних властивостей як економічність, динамічність і надійність, інтенсивність яких змінюється із градієнтом постійного напрямку від рівня моделювання окремих елементів до рівня технічного стану автопоїзда як системи (у цілому).

Оскільки рівень технічного стану – поняття відносне, отже відповідний критерій $U(Q)$ є безрозмірним, а комплексні показники (економічність, динамічність, надійність тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю [3].

На основі гіперболічної функції $thy = \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1}$, що відображує зниження рівня переваги будь-якої ознаки якості $y_i \forall i = \overline{1, n}$ із зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини $\{Y\}$ у діапазоні $[0, 1; 1]$ отримано наступні рівняння [2, 3]:

а) при відображенні без зміни градієнта

$$q_i = 0,1 + 1,18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right]; \quad (5)$$

б) при зміні градієнта на протилежний

$$q_i = 1 - 1,18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right], \quad (6)$$

де y_i^- , y_i^+ – відповідно нижня і верхня межі статистично усередненого діапазону зміни показника певної ознаки.

Якщо кожне сполучення вихідних даних для технічної системи подати у вигляді n -мірного вектору, то у відповідному просторі необхідно задати метрику $\rho_m = \rho_m(W_1, W_2)$, яка чисельно відповідає кількості інформації [3].

Якщо досліджуваний n -мірний простір задовольняє усім характеристикам Евклідова простору R^m , для якого норма n -компонентних векторів $\|W\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2}$, то відстань між векторами є

$$\rho_m = \|W_1 - W_2\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_1 - W_2)^2}. \quad (7)$$

Відповідна функція стану складної технічної системи визначає узагальнену умову її оптимізації

$$F_{opt}\{W_1, W_2, \dots, W_n\} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Кожне сполучення вихідних даних для технічної системи відображено однією чи декількома точками у n -мірному просторі встановлених показників якості, за якими можна оцінювати рівень технічного стану автопоїзда. Тобто умова (8) має аналогічний запис у значно меншому ($m < n$) просторі показників якості

$$F_{opt}\{q_1, q_2, \dots, q_n\} = F_{opt}\{Q\} \rightarrow \min. \quad (9)$$

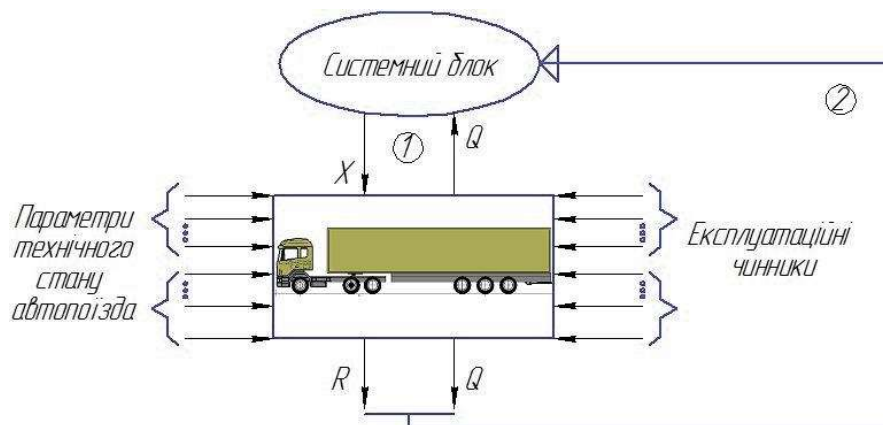
У сучасних умовах комп'ютеризації для пошуку оптимального рішення стає можливим розгляд потужної кінцевої множини варіантів, із якої необхідно вибрати декілька конкуруючих раціональних варіантів, що потребують порівняння і подальшого удосконалення для досягнення поставленої мети.

У графічній інтерпретації модель багатомірного фазового простору стану технічної системи може уявляти собою сферу або багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам системи (наприклад, економічність, динамічність, надійність тощо).

Для числового відображення відхилення по кожному i -му параметру використано кількість

інформації $H_i = -\sum_{j=1}^n \Delta_j$ (n – число вихідних параметрів, що утворюють n -мірний фазовий простір, Δ_j – сума їх відхилень від оптимальних значень).

Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, по ступеню переваги й, отже, здійснювати у просторі параметрів X множини Y (рис. 2) пошук кращих, оптимальних або близьких до них, розв'язків. Тому невимірні цілі не мають порівняння і повинні або виключатися з розгляду, або квантифікуватись до рівня, що забезпечує їх вимірність. Формальне визначення даної властивості необхідно встановити аксіоматично [1, 2].



R – вектор результуючих експлуатаційних параметрів;
 Q – вектор нормованих кваліметричних показників;
 X – вектор управляючих параметрів;
 1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Рисунок 2 – Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації

Пошук оптимального рішення щодо проведення технічних впливів на складні технічні системи, до яких відносяться сучасні автопоїзда, складається з двох етапів: пошуку границь області існування експлуатаційних показників автопоїзда та пошуку у цій області кращого набору значень цих показників, що потребує рішення задачі багатокритеріальної оптимізації [2].

В процесі експлуатації автопоїздів для раціонального проведення періодичності ТО вирізняють наступні задачі, що потребують наукового рішення:

- встановлення обґрунтованих критеріїв оптимізації;
- розробка математичних моделей і методів їх розв'язку;
- розробка алгоритмів і методик їх реалізації.

Автопоїзд складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегат, механізм), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють їй непрацездатність. Отже, в основу рішення задачі має бути покладено принцип цілісності, який вимагає розгляду технічної системи як єдиного цілого, що складається з структурних частин, що пов'язані між собою певними відношеннями.

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників [4]. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості автопоїзда за групами експлуатаційних властивостей: економічність, динамічність, надійність.

Згідно проведеним дослідженням, відбитим у безлічі робіт і використовуваних у поширеній практиці визначення ресурсу автомобіля, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта фізичного зносу автомобіля є метод експоненційної кривої, виходячи з припущення ґрунтується на статистичних дослідженнях про те що його ресурс перебуває в експлуатації й змінюється за експоненційної залежності. Тоді, скорегований пробіг:

$$L_{ТО} = k \cdot L_{cp}, \quad (10)$$

де k – поправка на знос;

L_{cp} – середній пробіг до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автомобілів розраховується процентна поправка на знос. Розрахунок проводиться за формулою [5]:

$$k = \frac{100 - I_{физ.а}}{100 - I_{физ.б}}, \quad (11)$$

де $I_{физ.а}$ – відсоток фактичного зносу оцінюваного об'єкта;

$I_{физ.б}$ – відсоток фактичного зносу наявного аналога (розрахунок фізичного зносу проводиться методом експертних оцінок, який передбачає проведення технічної експертизи, за результатами якої технічний стан автомобіля співвідноситься з деякою шкалою станів, кожному з яких приписується певний діапазон зносів [5]).

Відсоток фактичного зносу автомобіля:

$$I_{физ.а} = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (12)$$

де e – підстава натуральних логарифмів, $e = 2,72$;

Ω – функція, що залежить від віку і фактичного пробігу автомобіля з початку експлуатації.

Функція Ω в загальному випадку має наступний вигляд для автопоїздів:

$$\Omega = 0,09 \cdot T_{\phi} + 0,0003 \cdot L_{\phi}, \quad (13)$$

де 0,09 – коефіцієнт, що враховує вплив віку автопоїзда і залежить від виду, марки, моделі;

T_{ϕ} – фактичний вік автомобіля, років;

0,0003 – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автопоїзда з початку експлуатації і залежить від виду, марки, моделі;

L_{ϕ} – фактичний пробіг автомобіля з початку експлуатації, тис. км.

Динамічність автомобіля залежить насамперед від його тягових і гальмівних властивостей [6]. При визначенні динамічності автомобіля вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням провідних коліс з дорогою і визначено залежністю

$$P_T = \frac{M_e u_o u_k \eta_{mp}}{r_k}, \quad (14)$$

де M_e – ефективний момент двигуна, кН·м (згідно технічного паспорту автомобіля);

u_o – передаточне числа головної передачі автомобіля;

u_k – передаточне число коробки перемикання передач на першій передачі (згідно технічного паспорту автомобіля);

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

r_k – статичний радіус колеса, м (згідно технічного паспорту автомобіля).

Передаточне число головної передачі [6] визначається із умови забезпечення заданої максимальної швидкості V_{max} (км/год.) руху автомобіля на вищій сходінки коробки перемикання передач при встановленому значенні n_{max} (хв⁻¹):

$$u_o = \frac{0,378 \cdot n_{V_{max}} \cdot r_k}{V_{max}}. \quad (15)$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії прийнятий за даними ТОВ «Зенал», що він змінюється за лінійною залежністю від пробігу: $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00028 \cdot L$.

Безвідмовність – властивість автомобіля виконувати транспортну роботу в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи напрацювання. Напрацювання (наробіток) – це тривалість експлуатації автомобіля, що визначається експериментально. Досліджується при якому пробігу виникає відмова агрегату, механізму тощо (визначається імовірність відмови q_i). Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автомобіля (агрегату) не виникне [7]. Представлено у вигляді $p_i = 1 - q_i$ (i – автомобіль, трансмісія, агрегат тощо).

Ремонтопридатність – властивість автомобіля бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції, за допомогою технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середньою тривалістю відновлення трансмісії, агрегату тощо $t_{e,i} = q_i \cdot T_i$ (q_i – імовірність відмови i -го елемента в об'єкті; T_i – час відновлення об'єкта при відмові в ньому i -го елемента, год.) [7].

Довговічність – це властивість автомобіля виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середнім пробігом автопоїзда до КР, середнім ресурсом $L_{cp,i} = \bar{L}_i - 1,28 \cdot \sigma_i$ трансмісії, агрегату тощо [7].

На основі аналізу висновків експертів щодо впливу факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру показників якості, що зображені у вигляді вершин $q_j \forall j = \overline{1,5}$ графа (рис. 3), прообразами яких є одиничні показники Q , що пов'язані нечіткою множиною відношень ($q_i \leftrightarrow q_j$).

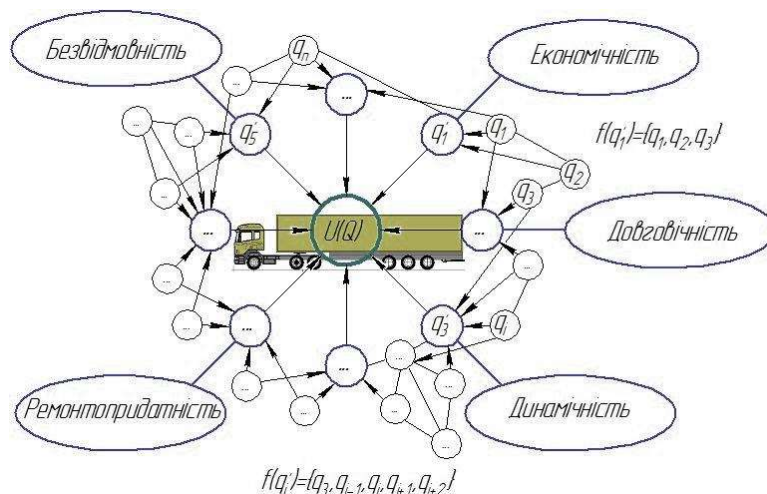


Рисунок 3 – Граф-схема моделі експлуатаційних показників рівня технічного стану автопоїзда

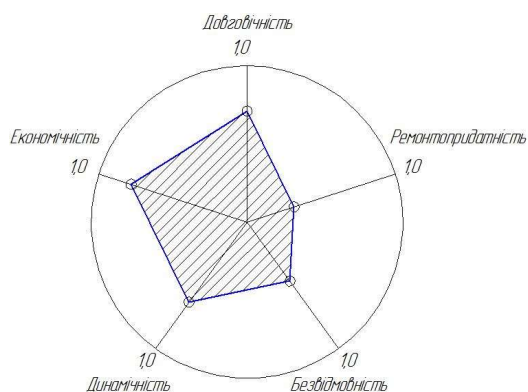
Експлуатаційні показники автопоїзда слід розраховувати як на стадії проектування так і при оцінках функціональних властивостей та їх характеристик в процесі експлуатації. Відмови механізмів автопоїзда (об'єкта) у відповідності зі своєю фізичною природою можуть бути пов'язані з руйнуванням вузлів і деталей механізмів та їх приводів, заклинюванням окремих елементів та ін. причинами, які призводять до того, що він не може виконувати своїх функцій. Такі відмови прийнято називати відмовами функціонування.

У випадках, коли технічний стан автопоїзда характеризується сукупністю значень деяких технічних параметрів, то ознакою виникнення відмови є вихід значень кожного із цих параметрів за межі допуску. Такі відмови називають параметричними. Наприклад, зменшення тиску в пневматичних шинах тощо звичайно не порушують подальшу експлуатацію автомобіля, однак воно стає нероботоздатним з погляду вимог, установлених нормативно-технічною документацією. Дуже часто параметричні відмови передують відмовам функціонування, а також можуть їх спричиняти.

На основі аналізу та статистичного усереднення параметрів автопоїзда та розрахункових значень їх функціональних показників, визначено межі зміни відповідних показників рівня технічного стану автопоїзда, виконано нормування відповідних показників згідно з (3) і (7), сформовано таблиця 1. На основі кваліметричної моделі технічного рівня визначено групові показники (перші строки таблиць на рис. 4) та побудовано відповідні «павутини якості». В результаті проведених розрахунків показників якості автопоїздів встановлено наявність резервів для подальшого технічного удосконалення досліджених систем.

Таблиця 1 - Систематизація номенклатури типових показників якості автопоїзда

Властивість	Показник якості	Діапазон визначення	Значення для тягача Volvo	Нормоване значення показника
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО, тис. км	25...70	54,9	0,79
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах, кН	20...40	29,7	0,63
	2.2. ККД трансмісії	0,6...0,92	0,9	0,97
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача	0,8...0,99	0,86	0,46
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії	0,8...0,99	0,89	0,62
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини	0,7...0,99	0,77	0,38
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача	0,8...0,99	0,86	0,46
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії	0,8...0,99	0,89	0,62
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини	0,7...0,99	0,77	0,38
4. Ремонтопридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична), год.	20...48	25	0,31
	4.2. Середня тривалість відновлення трансмісії при $L_{ср}$, год.	16...23	18,67	0,53
	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{ср}$, год.	10...18	15,3	0,788
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{ср}$, год.	3...6	5,10	0,814
5. Довговічність	5.1. Середній пробіг тягача до КР, тис. км	800...1500	1200	0,709
	5.2. Середній ресурс трансмісії, тис. км	60...1000	266,76	0,355
	5.3. Середній ресурс ходової частини, тис. км	70...120	85,212	0,45
	5.4. Середній ресурс підвіски, тис. км	50...100	63,816	0,418
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини, тис. км	180...216	187,46	0,34



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтопридатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,78563	0,63128	0,46072	0,3085	0,70936	Автомобіль
-	0,9662	0,62058	0,52993	0,35544	Трансмісія
-	-	0,37942	0,78815	0,44832	Ходова частина
-	-	-	0,81447	0,418	Підвіска
-	-	-	-	0,34096	Пневматична шина

б)

Рисунок 4 – «Павутина якості» за показниками $q_{1,j}$ (а) та матриця $[Q]$ (б) для тягача Volvo

Висновки. Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів, механізмів тощо.

За результатами моделювання технічного рівня автопоїзда визначено показник $U = 0,75$, встановлено можливість покращання технічного стану за показниками динамічності та надійності.

1. Заблонский К.И. Детали машин / К.И. Заблонский. – Одеса : АстроПринт, 1999. – 403 с.
2. Гутиря С.С. Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних комплексів / С.С. Гутиря, В.П. Яглінський, Аймен Сабах // Технологічні комплекси [Науковий журнал]. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – №1,2 (5,6). – С. 50-56. – режим доступу: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>
3. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37-38.
4. Сахно В.П. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування / Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – Вип. 158. – С. 144-149.
5. Андрианов Ю.В. Методические рекомендации по экспресс-оценке стоимости в отношении транспортных средств / Андрианов Ю.В., Кравчинский В.И. // ОАО «НИИАТ» – Москва, 2007. – №1 – 4067/НИИАТ.
6. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів / Сахно В.П., Костенко А.В., Загороднов М.І. та інш. // Навчальний посібник. – Донецьк : Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2014. – 444 с.
7. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / Лукинский В.С., Зайцев Е.И. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

REFERENCES

1. Zablonkij, K. (1999). Machine parts. [Detali mashin]. Odesa, AstroPrint Publ., 403 p.
2. Gutirya, S., YAglnskij, V., Ajmen Sabah. (2012). Raising the technical level mechanisms of parallel kinematics structure and consisting of technological systems. [Pidvishchennya tekhnichnogo rivnya mekhanizmv paralel'noї strukturi i kinematiki u skladi tekhnologichnih kompleksiv]. Lutsk, Lutsk NTU Publ., Technological complexes [Science Magazine], Vol. 1,2 (5,6). pp. 50-56.
3. Yaglinsky, V., Gutyrya, S., Bezuglenko, O. (2004). Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots. Vienna, Annals of DAAAM International, pp. 37-38.
4. Sahnо, V., Sakno, O., Lisij, O. (2015). Analysis of conditions ensure the efficiency of vehicles on the basis of improving the system maintenance. [Analiz umov zabezpechennya pracezdatnosti avtotransportnih zasobiv na osnovi udoskonalennya sistemi tekhnichnogo obslugovuvannya]. Kharkov, Resource-saving technologies, materials and repair equipment in production, Vol. 158. pp. 144-149.
5. Andrianov, Y., Kravchynskyy, V. (2007). Guidelines for Express-valuation AGAINST transportnyh funds. [Metodicheskie rekomendacii po ehkspress-ocenke stoimosti v otnoshenii transportnyh sredstv]. Moscow, ОАО «НИИАТ» Publ., Vol.1 - 4067/НИИАТ.
6. Sahnо, V., Kostenko, A., Zahorodnov, M. et al. (2014). *Operational properties of vehicles. Dynamics and fuel efficiency of vehicles*. Donetsk, 444 p.
7. Lukynskyy, V., Zaitsev, E. (1991). *Forecasting reliability of cars*. [Prognozirovanie nadezhnosti avtomobilej]. Lviv, Polytehnika Publ., 224 p.

Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В. Определение уровня технического состояния автопоезда на базе квалитметрической модели.

Предложена усовершенствованная модель для квалитметрических оценок уровня технического состояния автопоездов. В графической интерпретации усовершенствованная модель представляет собой многогранник, построенный в координатах, которые соответствуют определенным интегральным параметрам автопоезда (экономичность, динамичность, надежность). Это позволило решить практические задачи путем сравнения различных вариантов уровня технического состояния автопоезда, обосновывать рациональный режим периодичности ТО и нормы надежности между элементами агрегатов.

Ключевые слова: автопоезд, свойство, техническое состояние, квалитметрическая оценка, техническое обслуживание.

V. Sakhno, O. Sakhno, O. Lysyi. Determination of the level of the road trailer technical condition on the base of kvalimetric model.

The improved model is proposed for rating of quality metering of assessments of the engineering level of operable condition of the road trailers. The improved model is a polyhedron in graphical interpretation it is built in

the coordinates that correspond to a certain integral characteristics of the road trailers (efficiency, dynamism, reliability etc). This allows us to solve the practical problem of comparing different variants of level of the technical condition of the road trailers, to ground rational conditions of maintenance and norms of reliability between structural elements.

Keywords: road trailer, property, technical condition, rating of quality metering, maintenance.

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

САКНО Ольга Петрівна, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автотехнічне забезпечення», Військова академія (м. Одеса), e-mail: sakno-o@yandex.ru

ЛИСИЙ Олександр Васильович, завідувач кафедри «Автомобільна техніка», Військова академія (м. Одеса), e-mail: lenafox107@gmail.com

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

САКНО Ольга Петровна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автотехническое обеспечение», Военная академия (г. Одесса), e-mail: sakno-o@yandex.ru

ЛЫСИЙ Александр Васильевич, заведующий кафедрой «Автомобильная техника», Военная академия (г. Одесса), e-mail: lenafox107@gmail.com

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Olga SAKHNO, PhD. in Engineering, Professor of autotechnical Support Department, Military Academy (Odessa), e-mail: sakno-o@yandex.ru

Olexander Lysyi, Head of Automobile Technics Department, Military Academy (Odessa), e-mail: cdp@Intu.edu.ua

Стаття надійшла в редакцію 26.03.2016р.