

Сахно В.П.  
Сакно О.П.  
Лисий О.В.  
Маханьков В.А.  
*Військова академія,*  
Ткачук П.О.  
Поворозник К.І.  
*Національний транспортний університет*

**УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ  
ЯКІСТЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДА**

УДК 629.017:629.083

Удосконалена модель, що враховує експлуатаційні властивості автопоїзда, а також реалізовує аналіз за єдиним системним критерієм  $U(Q)$  технічного рівня. На основі моделі управління якістю технічного стану автопоїзда можна забезпечити об'єктивність кваліметричних оцінок технічного рівня стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому.

**Ключові слова:** автопоїзд, управління, експлуатаційні властивості, єдиним системним критерієм  $U(Q)$ , технічний стан.

**Постановка проблеми.** Метою підвищення технічного рівня 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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** 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.

Отже, на кожному рівні такої універсальної моделі можна враховувати нові експлуатаційні властивості автопоїзда, а також реалізовувати аналіз за єдиним системним критерієм  $U(Q)$  технічного рівня [2, 3].

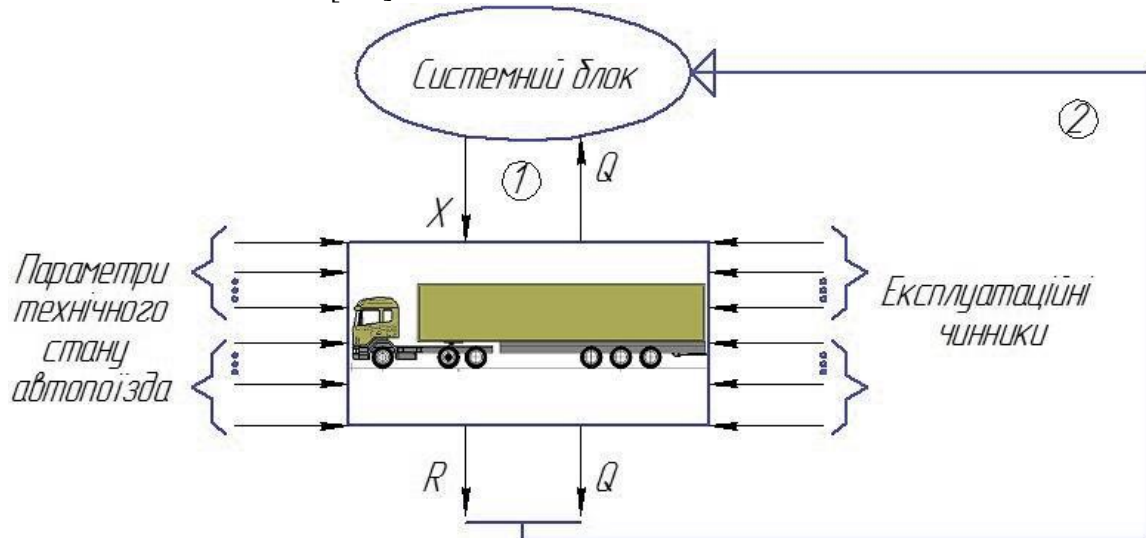
**Мета статті.** Аналіз опублікованих даних свідчить, що для багаторівневого відображення експлуатаційних властивостей автопоїздів необхідним є формування такої універсальної структурованої інформаційної бази даних, яка забезпечить об'єктивність кваліметричних оцінок технічного рівня стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому.

**Матеріали й результати дослідження.** Метою підвищення технічного рівня стану автопоїздів є створення більш надійних, компактних й технологічних, 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.

Наведемо основні необхідні аксіоми.

Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, по ступеню переваги й, отже, здійснювати у просторі параметрів  $X$  множини  $Y$  (рис. 1) 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 [2-6].



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

Рисунок 1 - Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації

Аксіома A1. Ціль  $\Pi$  кількісно вимірна на множині  $Y$ , якщо на  $Y$  існує дійсна функція  $f(y)$ , що зберігає впорядкування.

Аксіома A2. Функція  $f(y)$  зберігає впорядкування, якщо для будь-яких елементів  $y', y'' \in Y$

$$\overset{\Pi}{y' \succ y''} \Leftrightarrow f(y') > f(y''), \quad (1)$$

де логічні символи позначають:

- $\overset{\Pi}{\succ}$  – бінарне відношення переваги за метою  $\Pi$ ;
- $\Leftrightarrow$  – «тоді й тільки тоді, коли».

Аксіома A3. На множині функцій від  $n$  показників  $U(Q) = U(q_1, q_2, \dots, q_n)$  найдеться хоча б одна така функція, що для будь-яких векторів  $Q', Q'' \in Q^n$  виконується умова

$$\left. \begin{aligned} Q' \succ Q'' &\Leftrightarrow U(Q') > U(Q''); \\ Q' \sim Q'' &\Leftrightarrow U(Q') = U(Q''). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Умови (2) означають, що при виконанні умови існування узагальненого критерію  $U(Q)$  набір цілей, відповідних до показників  $q_i, \forall i = \overline{1, n}$ , можна замінити однією, еквівалентною цьому набору, кількісно вимірною шкалою. Установлені раніше аксіоми A1 і A2 указують необхідні й достатні умови, що роблять таку заміну можливою. Отже, якщо ці

умови виконані, то узагальнений критерій існує, а завдання його встановлення й оцінки має сенс.

Аксіома A4. Узагальнений критерій  $U(Q)$  є безперервно диференційованим у просторі показників  $Q^n$  за всіма показниками  $q_i \forall i = \overline{1, n}$ .

Цю умову зручно пояснити на прикладі двох векторів  $Q', Q'' \in Q^n$ , що перебувають у відношенні  $Q' \succ Q''$ , причому для всіх компонентів  $q_i \forall i = \overline{1, n}$  встановлено позитивний інгредієнт ( $ingred Q_i > 0$ ) для того, щоб більш кращим значенням аргументу  $y_i \rightarrow y_i^+$  відповідали більші оцінки  $q_i$ . Тоді вектору  $Q'' \forall i = \overline{1, n}$  можна задати збільшення  $i$ -го показника  $\Delta q_i > 0$ , для якого

$$Q' \succ Q'' \Rightarrow Q' \succ (q_1'', \dots, q_{i-1}'', q_i'' + \Delta q_i, q_{i+1}'', \dots, q_n''). \quad (3)$$

Виконання умови (2.3) означає, що переваги у просторі показників  $Q^n$  не міняються стрибками при зміні значень показників  $q_i \forall i = \overline{1, n}$  і, отже, малим збільшенням  $\Delta q_i$  повинні відповідати того ж порядку малості збільшення значень узагальненого критерію  $U(Q)$ .

Наявність узагальненого критерію  $U(Q)$  вирішує проблему багатокритеріальної оцінки технічного стану автопоїзда найбільш радикальним методом згортання множини показників  $Q$  в один показник, еквівалентний за умовами (2) і (3) цій множині.

Аксіома A5. 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, встановлене 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 A5 випливає, що

$$(q_i', q_j', \bar{Q}') \succsim (q_i'', q_j'', \bar{Q}') \Rightarrow (q_i', q_j', \bar{Q}'') \succsim (q_i'', q_j'', \bar{Q}'') \quad (4)$$

для будь-яких  $\bar{Q}'' \in Q^n$ . 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  $Q^n$ . У цій властивості полягає основна практична цінність поняття незалежності за перевагою (приклад, для  $n = 3$  на рис. 2).

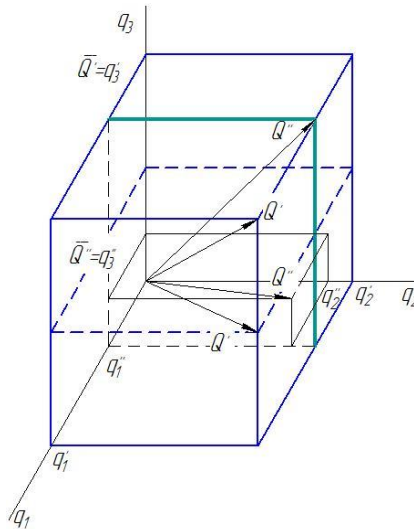


Рисунок 2 - Схема незалежності за перевагами показників  $q_2$  і  $q_3$  від показника  $q_1$

Оцінка технічного стану автопоїзда припускає наявність безпосередньої неспостережуваної, але об'єктивної інформаційної характеристики досконалості проекту і його реалізації у даному об'єкті. Така об'єктивно існуюча характеристика повинна бути інваріантна методу її побудови, тобто якщо є кілька моделей кваліметричного відображення (1) компонентів, що відрізняються номенклатурою вектора  $Q$ , зовнішньою й внутрішньою амплітудою, видом і параметрами властивостей, то співвідношення технічних рівнів усіх оцінюваних варіантів за різними моделями повинне бути постійним. Дана умова є необхідною для об'єктивності оцінок технічного рівня  $U(Q)$  будь-яких об'єктів системної складності, а особливо автопоїзда [1, 2].

Аксіома А6. Оцінки технічного рівня  $U'(Q)$  й  $U''(Q)$  порівнюваних аналогів можна вважати дійсними, якщо

$$U'_k(Q)/U''_k(Q) = \text{const} \forall k = \overline{1, m}, \quad (5)$$

де  $m$  – число альтернативних моделей.

З аксіоми А6 випливає, що якщо запропоновані моделі адекватно відображають оцінюваний показник, то

$$\left. \begin{aligned} U'(Q) &= \alpha_k U'_k(Q); \\ U''(Q) &= \beta_k U''_k(Q), \end{aligned} \right\} \forall k = \overline{1, m}, \quad (6)$$

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

**Висновки.** Установлені принципові положення й система аксіом становлять основу проектної кваліметрії автопоїзда як системної складності, оскільки забезпечують формалізацію абстрактного процесу відображення його технічного рівня на числову вісь, стабільну технологічну точність результатів і усувають залежність отриманих результатів від відомої суб'єктивності експертних методів.

Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда враховуючи експлуатаційні показники, що змінюються в процесі експлуатації, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів, механізмів тощо.

## Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems

Дозволить здійснювати пошук оптимального рішення щодо проведення технічних впливів на автопоїзда, що 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.

### Література

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. Яглинский В.П. Кинематика оборудования на основе механизмов параллельной структуры: Монография / В.П. Яглинский, В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко и др. // Прогрессивное машиностроительное оборудование. Коллективная монография. – Орел, Изд. ом“Спектр”, 2011. – 455 с.
4. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrja, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAMInternational 2004. – Vienna, 2004. – P. 37-38.
5. Yaglinsky V.P. System criteria analysis and function optimization of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrja // ТЕКА Ком. Mol. Energ. Roln., 6A. – Lublin, 2006. – P. 70-81.
6. Сакно О.П. Системне відображення та підвищення технічного рівня стану автопоїздів / Сакно О.П., Обертас В.Ф., Короп О.О. та інш. // Наукові праці Міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 85-річчю заснування ХНАДУ, 85-річчю заснування автомобільного факультету та з нагоди Дня автомобіліста і дорожника [«Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті»], [м. Харків, 15-16 жовт. 2015 р.]. – Харків : ХНАДУ, 2015. – С. 179-180. – режим доступу: <http://af.khadi.kharkov.ua/fakultet/nauka/konferenciji/naukovi-praci-2015.html>

Sakhno V.P., Sakno O.P., Lysyi O.V., Makhankov V.A., Tkachuk, P.A., Povoroznyk K.I. **Improving quality control of the technical condition of the tractor-trailers**

The improved model takes into account the operating characteristics of the tractor-trailers, and implements the analysis for the only system criterion  $U(Q)$  of a technical level. The objectivity of qualitative assessments of the technical level of condition can provide a model-based quality control of the technical condition of the tractor-trailers as only relevant subsystems, units, assemblies, "weak units" as the tractor-trailers on the whole.

**Keywords:** Tractor, management, operating properties, one system criterion  $U(Q)$ , technical condition.

### References

1. Zablonskyy KI Machine parts / KI Zablonskyy. - Odessa: Astroprint, 1999. - 403 p.
2. SS Hutyrya Raising the technical level of the structure and mechanisms of parallel kinematics consisting of technological systems / SS Hutyrya, VP Yahlinskyy, Aymen Sabah // Technological complexes [Science Magazine]. - Lutsk Lutsk NTU, 2012. - №1,2 (5,6). - P. 50-56. - Access mode: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>.
3. Yaglinsky VP The kinematics of the equipment based on a parallel structure mechanisms: Monograph / VP Yaglinsky, VV Erzhukov, AG Ivakhnenko et al. // Progressive engineering equipment. The collective monograph. - Eagle, Ed. om "Spectrum", 2011. - 455 p.
4. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAMInternational 2004. - Vienna, 2004. - P. 37-38.
5. Yaglinsky V.P. System criteria analysis and function optimization of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya // TEKA Kom. Mol. Energ. Roln., 6A. - Lublin, 2006. - P. 70-81.
6. Sakno AP System display and raise the technical level of the trains / Sakno OP Obertas VF, Carp AA and others. // Proceedings Intern. nauk. and practical. Conf. dedicated to the 85th anniversary of HNADU, the 85th anniversary of the automotive department and on the Day of Motorist and Road [ "New technologies in avtomobilebudivnytstvi and transport" ] [m. Kharkiv, Oct. 15-16. 2015]. - Kharkov: HNADU, 2015. - P. 179-180. - Access mode: <http://af.khadi.kharkov.ua/fakultet/nauka/konferenciji/naukovi-praci-2015.html>