

Гандзюк М.О., Дубицький О.С., Мазилюк П.В.  
*Луцький національний технічний університет*

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Технологічний рівень розвитку будь-якої галузі виробництва визначається ефективністю використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Значний внесок у підвищення загальної ефективності в автотранспортній галузі можуть зробити інноваційні технології системної оптимізації процесів технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автомобілів. Комплексний підхід до проблеми визначення терміну експлуатації автомобілів в умовах зовнішнього середовища, які динамічно змінюються, вимагає науково-методичного обґрунтування, що забезпечує оптимізацію складних процесів у системі «виробництво-експлуатація-утилізація» автомобілів.

Цілеспрямоване регулювання тривалості експлуатації автомобілів є одним із найважливіших завдань управління технічною експлуатацією автомобілів (ТЕА), безпосередньо пов'язаним з управлінням працездатністю як окремого автомобіля, так і автомобільного парку. Ця функція системи управління терміном експлуатації автомобіля (СУТЕА) орієнтована на визначення оптимальної тривалості збереження його основних якостей чи групи якостей за умов динамічного зміни стану довкілля.

Принципи формування математичної моделі багатокритеріальної структури оцінки показників якості автомобіля в системі управління терміном експлуатації автомобіля відображають основну сукупність сучасних вимог середовища його експлуатації та нівелюють недоліки моделей, які раніше застосовувалися.

При визначенні показника якості автомобіля або парку рухомого складу автотранспортного підприємства (АТП) розглядається граничний стан автомобіля як нездатність його виконувати задані функції, в тому числі, і відповідно до умов зовнішнього середовища експлуатації.

Для вирішення оптимізаційних завдань у системі управління терміном експлуатації автомобіля визначено критерії та вимірники її ефективності, що забезпечують отримання шуканих рішень. Як комплексний показник якості при розробці математичної моделі багатокритеріальної структури системи приймається показник якості, що базується на коефіцієнті технічного використання автомобіля  $k^{TB}$ , який є найбільш обґрунтованим для досягнення цілей дослідження.

**Ключові слова:** технічна експлуатація автомобіля, коефіцієнт технічного використання автомобіля, показник оцінки якості, граничний стан автомобіля, термін служби, надійність, екологічна безпека, конструктивна безпека.

### ВСТУП

Принципи формування математичної моделі багатокритеріальної структури оцінки якості автомобіля в системі управління терміном експлуатації автомобіля повинні відображати основну сукупність сучасних вимог середовища його експлуатації та нівелювати недоліки моделей, які раніше застосовувалися. При визначенні показника якості автомобіля або парку рухомого складу АТП необхідно розглядати граничний стан автомобіля як нездатність виконувати задані функції, в тому числі і відповідно до умов зовнішнього середовища експлуатації. Відповідно до [1], відображати граничний стан виробу повинні три критерії, що визначаються такими положеннями:

1. Граничний стан (limitingstate): стан автомобіля, у якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна з причин небезпеки, економічних чи екологічних.
2. Критерій граничного стану (limitingstatecriterion): ознаки граничного стану, за якими приймають рішення про його настання.
3. Термін служби (usefullife): тривалість експлуатації автомобіля або його відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.
4. Ресурс (operatinglife): сумарне напрацювання автомобіля протягом терміну служби.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок про те, що в багатокритеріальній структурі оцінки якості СУТЕА при визначенні та керуванні величиною оптимального терміну експлуатації автомобіля необхідно одночасно враховувати декілька критеріїв.

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Технологічний рівень розвитку будь-якої галузі виробництва визначається ефективністю використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Значний внесок у підвищення загальної ефективності в автотранспортній галузі можуть зробити інноваційні технології системної оптимізації процесів ТО та ПР автомобілів [6, 8, 15, 18]. Комплексний підхід до проблеми визначення терміну експлуатації автомобілів в умовах зовнішнього середовища, що динамічно змінюються, вимагає науково-методичного обґрунтування, що забезпечує оптимізацію складних процесів у системі

«виробництво-експлуатація-утилізація» автомобілів.

Традиційно до вимірювачів етапів життєвого циклу автомобіля (ЖЦА) відносять економічні вимірювачі ресурсомісткості автомобіля: витрати на виробництво; витрати на експлуатацію та ТО; витрати на відновлення (ремонт); витрати на утилізацію [14]. Актуальність оцінки етапів ЖЦА з урахуванням як економічних, так і екологічних показників проявляється у сучасних дослідженнях. У [7] наголошується, що повний ЖЦА найбільш раціонально оцінювати не за готовою продукцією, а на ранніх стадіях її проектування, що дозволить вибрати найбільш «екологічний» варіант конструкції автомобіля. Математична модель, заснована на цьому принципі, визначає матеріальні та енергетичні потоки в ЖЦА і представляє цикл існування автомобіля у вигляді продукційної системи, як сукупності матеріальних та енергетичних одиничних процесів, що реалізують приватні функції. У цій моделі ЖЦА поділено на три стадії - виробництво, експлуатація та утилізація автомобіля. З розрахунку балансів для одиничних процесів визначаються баланси для повного життєвого циклу загалом. Ця модель розроблена відповідно до [2, 3], де оцінка життєвого циклу (ОЖЦ) визначається, як збір та оцінка вхідних та вихідних потоків, а також потенційних впливів на навколишнє середовище з боку продукційної системи на всіх стадіях життєвого циклу продукції. Область застосування ОЖЦ (life cycle assessment) однозначно встановлює функції проектованої або експлуатованої системи. У [2, 3] життєвий цикл виробу (life cycle) визначається, як послідовні чи взаємопов'язані стадії продукційної системи від придбання сировини чи розробки природних ресурсів до утилізації продукції.

Основним вимір, що характеризує будь-який етап ЖЦА як окремо, так і в сукупності - це тривалість у часі. Тривалість ЖЦА на етапі його технічної експлуатації впливає не тільки на більшість показників ефективності роботи парків автомобілів [14], але і на показники ефективності при переробці автомобілів, а також на показники, що закладаються при їх виробництві.

#### ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Цілеспрямоване регулювання тривалістю експлуатації автомобілів є одним із найважливіших завдань управління ТЕА, безпосередньо пов'язаним з управлінням працездатністю як автомобіля, так і автомобільного парку. Ця функція СУТЕА орієнтована на визначення оптимальної тривалості збереження його основних якостей чи групи якостей за умов динамічного зміни стану довкілля. Вона повинна реалізовуватися у вигляді математичних моделей з подальшою розробкою та застосуванням програм, що забезпечують стійкість функціонування задля досягнення поставленої мети [13, 14].

Управління процесом виведення автомобіля з експлуатації (списання), тобто визначення оптимального терміну експлуатації автомобіля на основі розробки багатокритеріальної структури оцінки показників якості автомобіля на даний час є досить актуальним завданням.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для формування багатокритеріальної структури оцінки якості автомобіля в системі управління терміном експлуатації автомобіля введемо такі позначення:

- 1)  $P^{(1)}$  - показник якості, що відображає таку властивість автомобіля як конструктивна безпека автомобіля;
- 2)  $P^{(2)}$  - показник якості, що відображає таку властивість автомобіля як екологічна безпека;
- 3)  $P^{(3)}$  - показник якості, що відображає таку властивість автомобіля як надійність;
- 4)  $P^{(n)}$  - показник якості, що відображає  $n$ -ну властивість автомобіля.

Реалізований показник якості для автомобіля - це середнє значення якості за певний період його експлуатації. При формуванні поняття реалізованої якості для групи автомобілів визначається вікова структура парку (на підприємстві або в регіоні). У реальному парку АТП, за звичай, є автомобілі різних вікових груп, тобто парк має певну вікову структуру. Під віковою структурою автомобільного парку розуміється кількісний чи відсотковий розподіл автомобільного парку за віковими групами.

Враховуючи, що якість автомобіля протягом терміну його експлуатації усереднюється у вигляді показника якості [9, 10, 11]

$$\bar{P}_k(t) = \frac{P_{k1} \cdot e^k}{t} \sum_{t=1}^t e^{-kt}, (1)$$

багатокритеріальна структура якості автомобіля визначається як [16]:

$$\begin{cases} \Pi^{(1)} = \Pi_0^{(1)} e^{-\beta_1 t} \\ \Pi^{(2)} = \Pi_0^{(2)} e^{-\beta_2 t} \\ \Pi^{(3)} = \Pi_0^{(3)} e^{-\beta_3 t} \end{cases} .(2)$$

Характер зміни окремих показників якості автомобіля у часі представлений на рисунку 1.

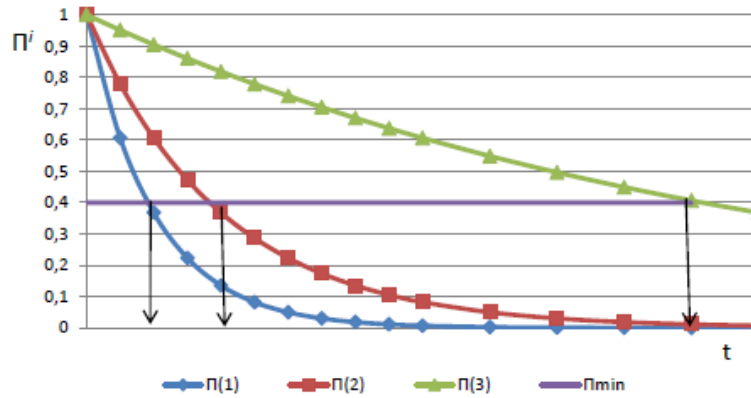


Рисунок 1 - Зміна окремих показників якості автомобіля у часі

Застосування в якості комплексного показника оцінки якості коефіцієнта технічного використання автомобіля  $k^{TB}$  є найбільш обґрунтованим для досягнення цілей дослідження, так як період оцінки коефіцієнта технічного використання може не відповідати періоду напрацювання автомобіля до капітального ремонту. Коефіцієнт технічного використання автомобіля визначається як відношення математичного очікування сумарного часу перебування автомобіля у працездатному стані за період експлуатації до математичного очікування сумарного часу перебування автомобіля у працездатному стані та простоїв, зумовлених ТО та ремонтом за той же період [4]:

$$k^{TB} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^m \tau_i + \sum_{j=1}^k \tau_j} , (3)$$

де  $t_i$  - час збереження працездатності у  $i$ -му циклі функціонування автомобіля;

$\tau_i$  - час відновлення після  $i$ -ої відмови автомобіля (ВР);

$\tau_j$  - тривалість виконання  $j$ -ої профілактики, що вимагає виведення автомобіля з експлуатації (ТО);

$n$  - число робочих циклів за аналізований період експлуатації;

$m$  - кількість відмов (відновлень) за аналізований період;

$k$  - число профілактик, що вимагають виведення автомобіля з експлуатації в період, що розглядається.

Забезпечення необхідного рівня ефективності автомобіля за всіма трьома критеріями потребує певних технічних впливів. Зміна обсягів цих впливів характеризується залежністю коефіцієнта технічного використання автомобіля від часу його експлуатації.

Враховуючи, що

$$k^{TB}(t) = k^{TB}(0) \cdot e^{-\beta t}, \quad k^{TB}(0) = 1, (4)$$

сформуємо наступну структуру оцінки якості автомобіля в системі ТЕА за трьома основними критеріями:

$$\begin{cases} k_1^{TB}(t) = e^{-\beta_1 t} \\ k_2^{TB}(t) = e^{-\beta_2 t} \\ k_3^{TB}(t) = e^{-\beta_3 t} \end{cases} .(5)$$

Коефіцієнт технічного використання автомобіля пов'язаний з його пробігом лінійною функцією [15]:

$$k^{TB}(L) = 1 - \alpha L, (6)$$

де  $\alpha$  - параметр, що характеризує зміну коефіцієнта технічного використання залежно від пробігу автомобіля  $L$ .

Тоді структура показників якістю автомобіля набуде вигляду:

$$\begin{cases} k_1^{TB}(L) = 1 - \alpha_1 L \\ k_2^{TB}(L) = 1 - \alpha_2 L \\ k_3^{TB}(L) = 1 - \alpha_3 L \end{cases} \quad (7)$$

Розглянемо динаміку зміни витрат на ТО та ремонт залежно від часу експлуатації. Відповідно до [15], витрати на ТО та ремонт експоненційно зростають і існує аналітичний зв'язок між сумарними витратами, пов'язаними з технічною експлуатацією автомобіля в момент списання ( $R_{ТО+ПР}$ ) та коефіцієнтом технічного використання ( $k^{TB}$ ). Відповідно:

$$R(t) = R_0 e^{\beta t}, \quad (8)$$

де  $R_0$  - витрати на ТО та ПР нового автомобіля, грн/1000 км.

$$R_c = \frac{R_0 \cdot l_c}{k_{min}^{TB}}, \quad (9)$$

де  $R_c$  - витрати на ТО і ПР, які будуть на момент списання  $l_c$ , грн/1000 км.

Представимо систему для визначення витрат на підтримку необхідних нормативних показників у процесі експлуатації автомобіля за трьома окремими критеріями.

$$\begin{cases} R_1(t) = R_0^{(1)} e^{\beta_1 t} \\ R_2(t) = R_0^{(2)} e^{\beta_2 t} \\ R_3(t) = R_0^{(3)} e^{\beta_3 t} \end{cases} \quad (10)$$

де  $R_0^{(1)}$ ,  $R_0^{(2)}$ ,  $R_0^{(3)}$  - витрати на введення в експлуатацію нового автомобіля за окремими критеріями відповідно, грн/1000 км;

$R_1(t)$  - витрати на ТО та ПР автомобіля за критерієм «конструктивна безпека автомобіля», грн/1000 км;

$R_2(t)$  - витрати на ТО та ПР автомобіля за критерієм «екологічна безпека автомобіля», грн/1000 км;

$R_3(t)$  - витрати на ТО та ПР автомобіля за критерієм «надійність у процесі експлуатації», грн/1000 км.

Зміни, що відбуваються у трикритеріальній структурі залежності  $k^{TB}$  від пробігу з початку експлуатації автомобіля  $L$  показано на рисунку 2.

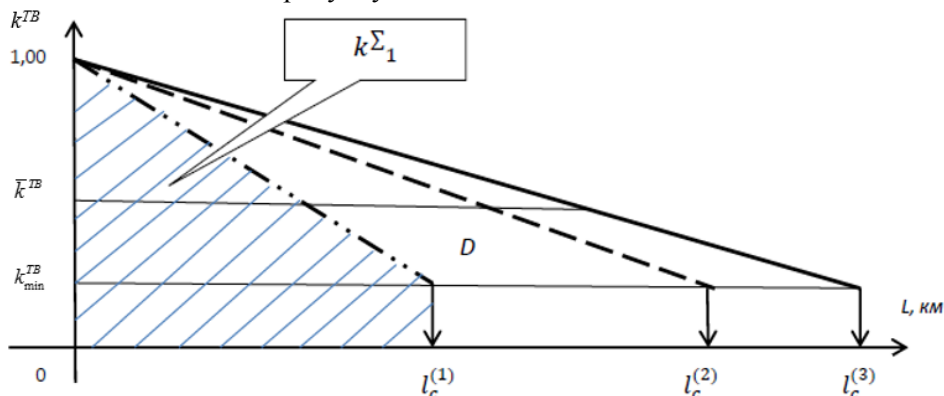


Рисунок 2 - Трикритеріальна структура оцінки показників якості експлуатації автомобіля залежно від пробігу з початку його експлуатації  $L$

На підставі аналізу рисунка 2 не вимагає доказу твердження:

$$\frac{k^{\Sigma i}}{\left( \frac{k_{min}^{TB} + 1}{2} \cdot l_c^{(i)} \right)} = Const, \quad i = 1, 2, 3. \quad (11)$$

Тоді можна виконати нормування значень пробігу автомобіля з початку його експлуатації до списання, що визначаються за окремими критеріями:

$$\delta_1 = \frac{l_c^{(1)}}{l_c^{(1)} + l_c^{(2)} + l_c^{(3)}}, \quad \delta_2 = \frac{l_c^{(2)}}{l_c^{(1)} + l_c^{(2)} + l_c^{(3)}}, \quad \delta_3 = \frac{l_c^{(3)}}{l_c^{(1)} + l_c^{(2)} + l_c^{(3)}} \quad (12)$$

Використовуючи отримані дані, можна побудувати матрицю значень запланованих пробігів різних автомобілів у багатокритеріальній структурі оцінки показників якості, де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - окремі критерії, що враховуються при реалізації незалежних груп властивостей автомобіля. При  $n$ -ій кількості критеріїв, які обмежують термін експлуатації автомобіля, і  $m$  кількості автомобілів, матриця набуває вигляду

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	...	$C_n$
$A_1$	$\delta_{11}$	$\delta_{12}$	$\delta_{13}$	...	$\delta_{1n}$
$A_2$	$\delta_{21}$	$\delta_{22}$	$\delta_{23}$	...	$\delta_{2n}$
$A_3$	$\delta_{31}$	$\delta_{32}$	$\delta_{33}$	...	$\delta_{3n}$
...	...	...	...	...	...
$A_m$	$\delta_{m1}$	$\delta_{m2}$	$\delta_{m3}$	...	$\delta_{mn}$

Аналогічним чином (рисунок 3) здійснюється оцінка ефективності експлуатації автомобіля з урахуванням витрат, пов'язаних з технічною обслуговуванням і поточним ремонтом (витрати на ТО і ПР).

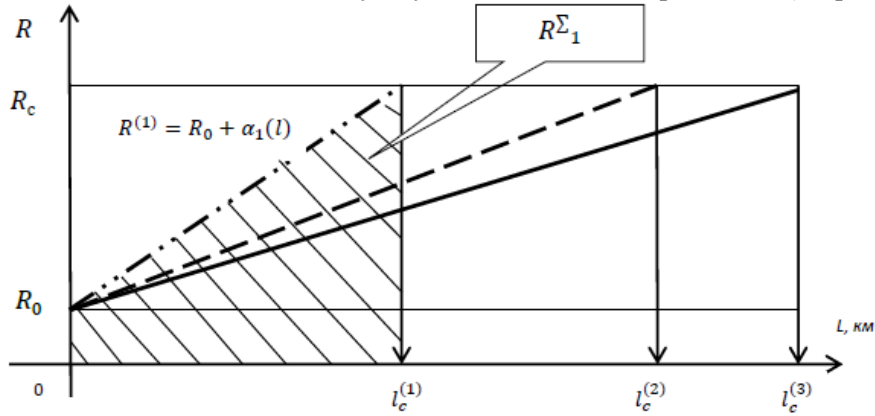


Рисунок 3 - Трикритеріальна структура оцінки витрат при експлуатації автомобіля залежно від пробігу з початку його експлуатації  $L$

Наведемо матрицю значень можливих витрат на експлуатацію різних автомобілів у багатокритеріальній системі оцінки показників якості, де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - окремі критерії, що враховуються при реалізації незалежних груп властивостей автомобіля. При  $n$ -ій кількості критеріїв, які обмежують час перебування автомобіля в експлуатації, і  $m$  кількості автомобілів, матриця набуває вигляду:

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	...	$C_n$
$A_1$	$\rho_{11}$	$\rho_{12}$	$\rho_{13}$	...	$\rho_{1n}$
$A_2$	$\rho_{21}$	$\rho_{22}$	$\rho_{23}$	...	$\rho_{2n}$
$A_3$	$\rho_{31}$	$\rho_{32}$	$\rho_{33}$	...	$\rho_{3n}$
...	...	...	...	...	...
$A_m$	$\rho_{m1}$	$\rho_{m2}$	$\rho_{m3}$	...	$\rho_{mn}$

Формування даної структури показників оцінки якості експлуатації автомобіля та витрат при його експлуатації дозволяє вирішувати завдання оптимізації терміну експлуатації автомобіля, тобто приймати рішення про списання автомобіля з урахуванням фактичних витрат на його експлуатацію, забезпечуючи нормативні вимоги за окремими критеріями якості, що зумовлюються впливом довкілля.

Тоді схема інтеграції системи управління терміном експлуатації автомобіля (СУТЕА) до комплексу життєвого циклу автомобіля (ЖЦА) можна подати у вигляді рисунка 4.

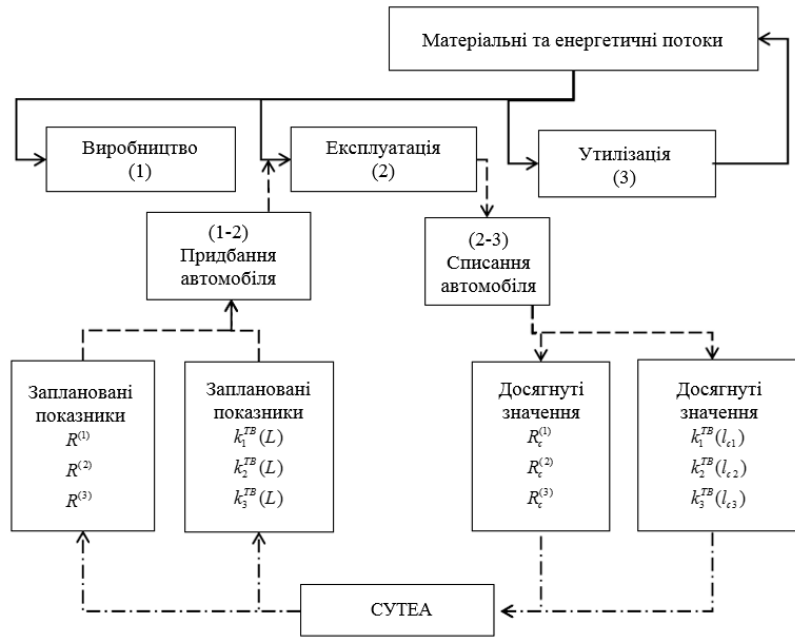


Рисунок 4 - Схема інтеграції системи управління терміном експлуатації автомобіля (СУТЕА) до комплексу життєвого циклу автомобіля (ЖЦА)

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Управління процесом виведення автомобіля з експлуатації (списання), тобто визначення оптимального терміну експлуатації автомобіля на основі розробки багатокритеріальної структури оцінки показників якості автомобіля на даний час є досить актуальним завданням.

У системі управління терміном експлуатації автомобіля процес прийняття рішень визначається як вибір варіанта з кількох можливих альтернатив і формується з декількох етапів:

1) збір, обробка та аналіз інформації про стан системи:  $R^{(i)}, k_i^{TB}(L)$ ;

2) формалізація мети - зниження витрат на експлуатацію автомобіля у кількісних оцінках:

$$\sum_i^n R_i \rightarrow \min ;$$

3) постановка завдання - визначення оптимального терміну експлуатації автомобіля  $l_c, R_c$  та пріоритету параметрів оптимізації для досягнення мети;

4) оцінка альтернативних варіантів рішень та вибір раціонального на підставі низки певних критеріїв  $\Pi^{(i)}$ ;

5) розробка аналітичних методів вирішення поставлених завдань;

6) порівняння досягнутих результатів з визначеними відповідно до поставлених цілей  $R_c^{(i)}, k_i^{TB}(l_c)$ ;

7) коригування стану системи (реалізація зворотнього зв'язку) виходячи з досягнутих результатів  $R^{(i)}, k_i^{TB}(L)$ .

Всі етапи прийняття рішення є відповідальними, але до найскладніших відносяться розробка методів, що дозволяють отримати оптимальні рішення відповідно до умов поставлених завдань та врахування стану середовища експлуатації автомобіля.

### ВИСНОВОК

В багатокритеріальній структурі оцінки якості СУТЕА при визначенні та керуванні величиною оптимального терміну експлуатації автомобіля необхідно враховувати декілька критеріїв. Принциповою відмінністю розробленої ієрархії функцій системи управління терміном експлуатації автомобіля є винесення на один рівень із традиційним комплексним критерієм якості автомобіля (надійність) таких критеріїв, як екологічна безпека та конструктивна безпека автомобіля. Дана структура формує багатокритеріальну задачу, яка потребує аналітичного рішення при управлінні та регулюванні процесами в системі.

Для вирішення оптимізаційних завдань у системі управління терміном експлуатації автомобіля визначено критерії та вимірювачі її ефективності, що забезпечують отримання шуканих рішень. Як

комплексний показник якості при формуванні багатокритеріальної структури системи приймається показник якості, що базується на коефіцієнті технічного використання автомобіля. Відповідно до вимог середовища експлуатації автомобіля розроблено математичну модель структури багатокритеріальної оцінки показників його якості.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. - [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1996. – (Державний стандарт України).
2. Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування надійності за результатами випробувань і/або експлуатації в умовах малої кількості відмов: ДСТУ 8647:2016. - [Чинний від 2017-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2017. – (Державний стандарт України).
3. Надійність техніки. Оцінювання та прогнозування залишкового ресурсу (строки служби) технічних систем: ДСТУ 8646:2016. - [Чинний від 2017-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2017. – (Державний стандарт України).
4. Система технічного обслуговування та ремонтування техніки. Терміни та визначення понять: ДСТУ 9050:2020. - [Чинний від 2021-04-01]. – К.: Держстандарт України, 2021. – (Державний стандарт України).
5. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
6. Іванченко А.О. Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану автобронетанкової техніки / І.К. Шаша, А.О. Іванченко, В.О. Темніков, І.В. Цебрюк // ХУПС: науковий журнал – Х.: Наука і техніка Повітряних Сил ЗСУ. – 2015. - № 4. - С. 138-142.
7. Біліченко В. В. Життєвий цикл стратегії розвитку виробничої системи в ринкових умовах / В. В. Біліченко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир, 2012. – № III (62) (Том II). – С. 7–11
8. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ФОП Панов А.М., 2018. – 299 с.
9. Говорущенко М.Я. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту). Ч.1 / М.Я. Говорущенко, А.М. Туренко – Х.: РВО ХДАДТУ, 1998. – 255 с.
10. Говорущенко Н.Я. Системотехніка проектування транспортних машин [Текст]: учебное пособие - Изд. 3-е испр. и доп. / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. - Х.: ХНАДУ, 2004. – 208 с.
11. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Н.Я. Говорущенко. - Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.
12. Варфоломеев В.Н. Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации [Текст]: дис.... докт. техн. наук / В.Н. Варфоломеев. - Х., 1992. – 360 с.
13. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика : монографія. Харків: «Діса плюс», 2022. – 336 с.
14. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність [Текст] / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо. – Львів.: Афіша. – 2004. – 125 с.
15. Технічне обслуговування, ремонт і зберігання автотранспортних засобів: Підручник: В 3-х кн. – К.: Вища шк., 1991. – Кн. 1. Теоретичні основи. / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, І.П. Курников, І.А. Луйк. – 359 с.
16. Анілович В.Я. Надійність машин в завданнях та прикладах [Текст] / В.Я. Анілович, О.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Х.: Око, 2001. – 320 с.
17. Бойченко С. В. Світовий досвід і перспективи розвитку утилізації та рециклінгу транспортних засобів / С. Бойченко, К. Лейда // Monografia № 6 “Systems and means of motor transport”. Selected problems. Seria: Transport. – Rzeszow (Poland), 2015. – P. 247–252.
18. Волков В.П. Інтеграція технічної експлуатації автомобілів в структури і процеси інтелектуальних транспортних систем. / В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов. – Донецьк: Вид-во “Ноулідж”, 2013. – 398 с.

#### REFERENCES

1. Nadiinist tekhniky. Terminy ta vyznachennia: DSTU 2860-94. - [Chynnyi vid 1996-01-01]. – К.: Derzhstandart Ukrainy, 1996. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

2. Nadiinist tekhniky. Otsiniuvannia ta prohnozuvannia nadiinosti za rezultatamy vyprobuvan i/abo ekspluatatsii v umovakh maloi kilkosti vidmov: DSTU 8647:2016. - [Chynnyi vid 2017-07-01]. – K.: Derzhstandart Ukrainy, 2017. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

3. Nadiinist tekhniky. Otsiniuvannia ta prohnozuvannia zalyshkovoho resursu (stroky sluzhby) tekhnichnykh system: DSTU 8646:2016. - [Chynnyi vid 2017-07-01]. – K.: Derzhstandart Ukrainy, 2017. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

4. Systema tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontuvannia tekhniky. Terminy ta vyznachennia poniat: DSTU 9050:2020. - [Chynnyi vid 2021-04-01]. – K.: Derzhstandart Ukrainy, 2021. – (Derzhavnyi standart Ukrainy).

5. Avtomobilnyi transport Ukrainy: stan, problemy, perspektyvy rozvytku / Derzhavnyi avtotransportnyi naukovo-doslidnyi i proektnyi instytut. – K.: DP «DerzhavtotransNDIproekt», 2005. – 400.

6. Shasha, I.K., Ivanchenko, A.O., Temnikov, V.O. & Tseabriuk, I.V. (2015). Udoskonalennia matematychnoi modeli zminy tekhnichnoho stanu avtobronetankovoi tekhniky. *KhUPS: naukovyi zhurnal*, 4, 138-142.

7. Bilichenko, V. V. (2012). Zhyttievyi tsykl stratehii rozvytku vyrobnychoi systemy v rynkovykh umovakh. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu*, III (62), T.II, 7–11.

8. Volkov, V.P., Hrytsuk, I.V., Hrytsuk, Yu.V., Volkov, Yu.V. & Volodarets, M.V. (2018). *Informatsiini systemy monitorynhu tekhnichnoho stanu avtomobiliv*. Kharkiv: FOP Panov A.M., 299.

9. Hovorushchenko, M.Ia. & Turenko, A.M. (1998). *Systemotekhnika transportu (na prykladi avtomobilnoho transportu)*. Kh.: RVO KhDADTU, Ch.1, 255.

10. Hovorushchenko, M.Ia. & Turenko, A.M. (2004). *Sistemotekhnika proektirovaniya transportnykh mashin: uchebnoe posobie*. Kh.: KhNADU, 208.

11. Hovorushchenko, N.Ya. (1984). *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobilei*. Kh.: Vishcha shkola, 312.

12. Varfolomeev, V.N. (1992). *Nauchnie osnovi postroeniya i realizatsii tekhnologii podderzhaniya avtomobilei v rabotosposobnom sostoyanii na baze diagnosticheskoi informatsii [Tekst]: dis. dokt. tekhn. nauk*. Kh., 360.

13. Krykhtina, Yu. O. (2022). *Derzhavna polityka rozvytku transportnoi haluzi Ukrainy: teoriia, metodolohiia, praktyka: monohrafiia*. Kharkiv: «Disa plus», 336.

14. Fornalchyk, Ye.Iu., Oliskevych, M.S., Mastyash, O.L. & Pelo, R.A. (2004). *Tekhnichna ekspluatatsiia ta nadiinist [Tekst]*. Lviv: Afisha, 125.

15. Kanarchuk, V.E., Ludchenko, A.A., Kurnykov, Y.P. & Luik, Y.A. (1991). *Tekhnichne obsluhovuvannia, remont i zberihannia avtotransportnykh zasobiv: Pidruchnyk. T.1 - Teoretychni osnovy*. K.: Vyscha shk., 359.

16. Anilovych V.Ia., Hrynchenko, O.S. & Lytvynenko, V.L. (2001). *Nadiinist mashyn v zavdanniakh ta prykladakh [Tekst]*. Kh.: Oko, 320.

17. Boichenko S. & Leida, K. (2015). *Svitovyi dosvid i perspektyvy rozvytku utylizatsii ta retsyklinhu transportnykh zasobiv, Monografia № 6 "Systems and means of motor transport". Selected problems. Seria: Transport. Rzeszow (Poland), 247–252.*

18. Volkov V.P., Mateichyk, V.P. & Nykonov, O.Ia. (2013). *Intehratsiia tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv v struktury i protsesy intelektualnykh transportnykh system*. Donetsk: Vyd-vo "Noulidzh", 398.

### ***M. Handziuk, O. Dubytskyi, P. Mazylyuk Development of the mathematical model of the multi-criterion structure for the evaluation of vehicle quality indicators.***

The technological level of development of any branch of production is determined by the efficiency of the use of material and energy resources. Innovative technologies for system optimization of vehicle maintenance and repair processes can make a significant contribution to improving overall efficiency in the motor vehicle industry. A comprehensive approach to the problem of determining the service life of cars in dynamically changing environmental conditions requires a scientific and methodological justification that ensures the optimization of complex processes in the "production-operation-disposal" system of cars.

Targeted regulation of the duration of car operation is one of the most important tasks of technical operation of cars management, which is directly related to the management of the performance of both individual cars and car fleets. This function of the vehicle lifetime management system is focused on determining the optimal duration of preservation of its main qualities or a group of qualities under conditions of dynamic changes in the environment.

The principles of forming a mathematical model of the multi-criteria structure of car quality assessment in the car life management system reflect the main set of modern requirements of the environment of its operation and eliminate the shortcomings of the models that were used earlier.



When determining the quality indicator of a car or fleet of rolling stock of motor vehicle enterprise, the limit state of the car is considered as its inability to perform the specified functions, including, and in accordance with the conditions of the external operating environment.

To solve the optimization tasks in the system of managing the life of the car, the criteria and measures of its efficiency are defined, which ensure obtaining the desired solutions. As a comprehensive quality indicator when developing a mathematical model of the multi-criteria structure of the system, a quality indicator based on the coefficient of technical use of the car is adopted, which is the most justified for achieving the goals of the study.

**Key words:** technical operation of the car, coefficient of technical use of the car, quality assessment index, limit state of the car, service life, reliability, environmental safety, structural safety.

*ГАНДЗЮК Микола Олександрович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [Gandzyuk64.MG@gmail.com](mailto:Gandzyuk64.MG@gmail.com). <http://orcid.org/0000-0002-3552-4256>.

*ДУБИЦЬКИЙ Олександр Сергійович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [o.dubyttskyi@gmail.com](mailto:o.dubyttskyi@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-4863-4040>.

*МАЗИЛЮК Павло Вікторович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: [mazylyuk@ukr.net](mailto:mazylyuk@ukr.net). <https://orcid.org/0000-0001-5071-5109>.

*Mykola HANDZIUK*, Ph.D in Engineering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: [Gandzyuk64.MG@gmail.com](mailto:Gandzyuk64.MG@gmail.com). <http://orcid.org/0000-0002-3552-4256>.

*Oleksandr DUBYTSKYI*, PhD in Engineering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: [o.dubyttskyi@gmail.com](mailto:o.dubyttskyi@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-4863-4040>.

*Pavlo MAZYLYUK*, PhD in Engineering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: [mazylyuk@ukr.net](mailto:mazylyuk@ukr.net). <https://orcid.org/0000-0001-5071-5109>.

DOI 10.36910/automash.v1i22.1353