

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ВІЙСЬКОВОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Василь Кохан, к. т. н.

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
вул. Героїв Майдану, 32, м. Львів, Україна,
e-mail: vdv29121973@gmail.com

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.089>

Кохан В. Методологічний підхід до вибору військової автомобільної техніки

Потрібно чітко розуміти, що найближчим часом необхідна кількість колісної військової техніки різного класу/тоннажності вироблятися не буде і постане проблема у швидкому і повному розв'язанні цієї задачі. Найбільш раціональним шляхом її вирішення є вибір колісної техніки за технічними характеристиками/показниками, що найбільше підходить до вітчизняних умов, щоб якісно укомплектувати парк колісних машин Збройних сил України і підрозділів Національної гвардії України.

На основі аналізу парку колісних машин основних країн-виробників військової автомобільної техніки та нормативно-технічних документів з питань мобільності напрацьовані підходи для її визначення в наших складних умовах. Зокрема визначено, що мобільність – це комплексний показник, що охоплює швидкохідність, маневреність, керованість, прохідність, стійкість та автономність військової автомобільної техніки (ВАТ).

У статті запропонований методологічний підхід застосування швидкої оцінки ситуації за допомогою методу аналізу ієрархій з урахуванням технічних критеріїв, за якими доводиться обирати автомобільну колісну техніку.

Суть методу аналізу ієрархій полягає в побудові ієрархічної моделі, визначенні власних векторів і власних чисел квадратних обернено симетричних матриць, перевірці узгодженості результатів.

Обраний підхід дозволяє ранжувати базові властивості мобільності ВАТ, що, своєю чергою, допоможе виділити ті з них, що є найважливішими зараз для вибору військової техніки. Критерії відбору сформовані на основі чинної законодавчо-нормативної бази, що стосується оборонних закупівель державним коштом.

Проведені нами розрахунки дозволяють визначити вагову частку кожного із семи основних технічних показників, що суттєво впливають на показники мобільності військових колісних машин на сучасному полі бою і в подальших оцінках інших зразків військової техніки.

Ключові слова: військова автомобільна техніка, мобільність, метод аналізу ієрархій, швидка оцінка ситуації, особа, що здійснює оцінку.

Kokhan V. Methodological approach to choosing military vehicles

It is important to understand that it may take a while before the required number of military vehicles of different classes and tonnage can be produced. As a result, there could be a problem in quickly and completely solving this issue. The best way to address this problem is to choose wheeled vehicles that are most suitable for domestic conditions based on their technical characteristics and indicators to adequately complete the wheeled vehicle fleet of the Armed Forces of Ukraine and the units of the National Guard of Ukraine.

After analyzing the wheeled vehicle fleet of the main countries that manufacture military vehicles and reviewing normative and technical documents on mobility issues, the author has proposed approaches to define mobility in complicated Ukrainian conditions. Specifically, mobility is a complex indicator that encompasses speed, maneuverability, controllability, cross-country ability, stability, and autonomy of military vehicles (MV).

The research proposes a methodological approach to quickly assess the situation using the method of analytic hierarchy, which takes into account the technical criteria used to select wheeled vehicle equipment.

The method of analytic hierarchy involves constructing a hierarchical model, determining the eigenvectors and eigenvalues of square inverse symmetric matrices, and verifying the consistency of the results.

This approach enables ranking the basic properties of MV mobility and identifying those that are currently the most important for selecting military equipment. The selection criteria are based on the current legislative and regulatory framework concerning defense procurement at public expense.

The performed calculations help determine the weight share of each of the seven main technical indicators that significantly affect the mobility performance of military motor vehicles on the modern battlefield, as well as in assessments of other military equipment.

Key words: military motor vehicles, mobility, method of analytic hierarchy, rapid situation assessment, a person carrying out the assessment.

Постановка проблеми. На основі аналізу парку машин основних країн-виробників військової автомобільної техніки та нормативно-технічних документів з питань мобільності напрацьовані підходи для її визначення в наших умовах. Зокрема визначено, що *мобільність* – це

комплексний показник, що охоплює швидкохідність, маневреність, керованість, прохідність, стійкість та автономність ВАТ.

Проведений нами аналіз дозволяє в найзагальнішому вигляді сформулювати деякі пропо

зиції з удосконалення методології закупівель державним коштом. Для цього необхідно визначити:

- відповідні структури для організації відбору та оцінки ВАТ;
- механізми й інструменти її реалізації;
- необхідність у підготовці та перепідготовці кадрів, які в стані здійснювати її обгрунтований вибір.

Для потреб нашого дослідження автором був використаний метод швидкої оцінки ситуації [9, с. 16-17].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постійні зміни, що відбуваються на арені воєнних дій, і необхідність поновлення парку ВАТ вимагають прийняття оперативних рішень.

Швидка оцінка ситуації (ШОС) дозволяє оперативно обирати ВАТ. Для оброблення отриманих оцінок застосуємо метод аналізу ієрархій (МАІ) [2; 3; 14, с. 56; 17]. Існують приклади вдалого використання МАІ для формалізації процесу прийняття управлінських рішень у

будівництві, поліграфії та в сільському господарстві тощо [10; 15; 16; 5; 8; 11].

Постановка завдання. Нами запропоновано методологічний підхід застосування ШОС за допомогою МАІ з урахуванням технічних критеріїв, за якими доводиться обирати ВАТ.

Виклад основного матеріалу. Суть МАІ полягає в побудові ієрархічної моделі, визначенні власних векторів і власних чисел квадратних обернено симетричних матриць, перевірці узгодженості результатів. На практиці це виглядає як послідовність етапів, наведених нижче.

Етап 1. Розглянемо скінченну множину альтернатив $X = \{x^1, \dots, x^m\}$. За порівняння двох довільних елементів x^i і x^j цієї множини перед особою, що здійснює оцінку (ОЗО), ставиться питання: наскільки один елемент множини переважає інший? Для визначення ваги об'єктів порівняння використано спеціальну дев'ятибальну шкалу відносної важливості об'єктів (табл. 1) [7; 13, с. 104].

Таблиця 1. Шкала відносної важливості об'єктів порівняння
Table 1. Scale of the relative importance of comparison objects

Оцінка, балів	Визначення
1	Об'єкти порівняння рівноцінні
3	Один дещо переважає інший
5	Один переважає інший
7	Один значно переважає інший
9	Один абсолютно переважає інший
2, 4, 6, 8	Проміжні значення оцінювання об'єктів за важливістю

Джерело: [7; 13, с. 104].

Етап 2. За результатами наших досліджень складемо матрицю парних порівнянь $A = \|a_{ij}\|_{(m \times m)}$

Якщо відповіді узгоджені між собою, то $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$

для всіх $i, j = \overline{1, m}$. Узгодженість означає, що:

у першому випадку $a_{ij=1}$, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ для всіх

$i, j = \overline{1, m}$, тобто, якщо об'єкт x^i переважає x^j на $a > 1$, тоді цінність об'єкта x^j становить $\frac{1}{a}$

цінності об'єкта x^i ; у випадку повної

$$\text{узгодженості } A = \begin{pmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_m \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_m \end{pmatrix}.$$

Це означає, що вектор відносної важливості $(w_1, \dots, w_m)^T$ є власним вектором матриці A і відповідає власному числу $\lambda = m$ цієї матриці.

Вищенаведені властивості мають значення для ситуацій, коли відповіді ОЗО будуть містити похибки. Тобто після побудови матриці A визначається така відносна важливість об'єктів, для яких $\lambda_{\max \rightarrow m}$, де m – найбільше власне число матриці A . Чим ближче $\lambda_{\max \rightarrow m}$, тим узгодженішими між собою є відповіді осіб, що здійснюють оцінку.

Етап 3. Скориставшись методом середнього геометричного, наближено обчислюємо вектор відносної важливості $(w_1, \dots, w_m)^T$.

Для встановлення міри узгодженості числових значень парних порівнянь елементів множини слугує вектор пріоритетів матриці, для знаходження якого обчислимо спочатку власний

вектор $W(w_1, w_2, \dots, w_m)$, після чого нормалізуємо його. Компоненти власного вектора – це середнє геометричне елементів кожного рядка матриці парних порівнянь, тобто

$$u_{i=\overline{m}} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}} = \sqrt[m]{a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{im}}; i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де a_{ij} – елемент i -го рядка j -го стовпця матриці парних порівнянь елементів множини, m – кількість випадків на одному рівні.

Обчислення відносної важливості об'єктів проводиться за допомогою середнього геометричного елементів кожного з рядків матриці A :

$$w_i = \frac{u_i}{\sum_{i=1}^m u_i} = \frac{\sqrt[m]{a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{im}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{im}}}; i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Етап 4. Оцінимо значення власного числа, якому відповідає обчислений вектор відносної важливості. Для цього знайдемо добуток $A \times w_i$.

Етап 5. Щоб оцінити значення λ_{max} покомпонентно поділимо складові добутку $A \times w_i$ на складові вектора відносної важливості. Одержимо вектор, після чого за наближене значення λ_{max} виберемо середнє арифметичне компонент цього вектора.

Етап 6. Далі обчислюємо індекс узгодженості:

$$J_p = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}, \quad \dots \quad (3)$$

значення якого порівнюють з еталонними (табл. 2). Якщо $J_p \leq 0,1 J_e$, то результати опитування ОЗО задовільні.

Таблиця 2. Еталонне значення узгодженості залежно від кількості об'єктів, що порівнюються
Table 2. Reference value of consistency depending on the number of compared objects

Кількість об'єктів									0
Еталонне значення індексу, J_e	,58	,90	,12	,24	,32	,41	,45	,49	

Джерело: [14, с. 64]

Етап 7. Глобальні пріоритети властивостей отримуємо в результаті обчислень за формулою

$$U_j = \sum_{i=1}^n w_i \times u_{ij}; j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

де w_i – пріоритет i -го критерію ($i = 1, \dots, n$);

u_{ij} – відносна вага альтернатив ($j = 1, \dots, m$); щодо кожного критерію ($i = 1, \dots, n$).

Обраний підхід дозволяє ранжувати базові властивості мобільності ВАТ, що, своєю чергою, допоможе виділити ті з них, що є наважливішими зараз для вибору військової техніки. Критерії відбору сформовані на основі чинної законодавчо-нормативної бази, що стосується оборонних закупівель державним коштом [4; 12; 1].

Врахувавши усі наведені вище міркування, спробуємо тепер розв'язати першу задачу: зробити вибір серед базових властивостей мобільності ВАТ за такими технічними критеріями:

;

- *технічний стан*, що охоплює термін експлуатації ВАТ на момент придбання, адже здебільшого йдеться про техніку, що вже експлуатувалася, її пробіг тощо;

- *вартість (ціна)*;

- *технічне обслуговування* в процесі експлуатації, як одна зі складових життєвого циклу технічної системи,

- *відповідність цілям (ефективність)* – фактично йдеться про технічну та бойову спроможність, надійність, стійкість, придатність

до визначених умов експлуатації ВАТ.

Першому завданню відповідає ієрархічна структура, яка містить мету, критерії та альтернативи.

Вершиною домінуючої ієрархічної моделі є *мета*, — «Вибір військової автомобільної техніки за базовими властивостями». Другий рівень отриманої ієрархії формують чотири технічних показники (*критерії*): «Технічний стан», «Вартість (ціна)», «Технічне обслуговування», «Відповідність цілям», які уточнюють мету. Останній рівень містить шість базових властивостей (*альтернатив*): «Швидкохідність», «Маневреність», «Керованість», «Прокідність», «Стійкість» і «Автономність», які оцінюють за критеріями другого рівня, інакше кажучи, визначають вагоміший із них для кожного показника (критерію).

Крок 1. Оцінка альтернатив. При порівнянні технічних показників «Технічний стан» і «Вартість (ціна)» ОЗО порівнює їх відносно мети. Для двох об'єктів, які порівнюються між собою, залежно від міри їх впливу на процес, матимемо оцінку важливості, що становить відповідний елемент матриці парних порівнянь у позиції (a_{11} , a_{ij}). Згідно з обраним методом діагональні елементи матриці дорівнюють одиниці, а нижня її частина заповнюється оберненими значеннями:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1j} & 1/a_{2j} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

ОЗО необхідно провести $\frac{n \times (n-1)}{2}$

порівнянь, де n — кількість випадків на одному рівні.

У нашому випадку зроблено шість порівнянь технічних показників відносно мети, що зведені в

матрицю:
$$\begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 1/3 & 1/7 \\ 4 & 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 3 & 1 & 1/3 \\ 7 & 5 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Крок 2. Порівняння альтернатив. Базові властивості порівнюються відносно кожного з критеріїв побудованої ієрархії. У нашій задачі є тільки один рівень критеріїв, тому проводиться

парне порівняння альтернатив за кожним із чотирьох показників.

Наприклад, при порівнянні альтернатив «Швидкохідність» і «Маневреність» відносно критерію «Технічний стан» ОЗО визначає, яка з базових властивостей більше впливає на «Технічний стан» ВАТ.

Оскільки ієрархія містить шість альтернатив та чотири критерії, необхідно провести $m \times \frac{n \times (n-1)}{2}$, де m — кількість критеріїв, тобто необхідно порівняти 60 пар об'єктів порівняння (базових властивостей). Ці порівняння зведено в табл. 3.

Якість експертних оцінок визначається: точністю, узгодженістю й ефективністю (кількість отриманої інформації). При цьому оцінки значною мірою чутливі до значних чисельних відхилень від відношення узгодженості.

Тепер можемо визначити пріоритети, які представляють відносну важливість або перевагу елементів на кожному рівні ієрархічної моделі. Що більша величина пріоритету, то більш значущим є відповідний елемент.

Крок 3. Синтез пріоритетів. Після формування матриці парних порівнянь технічних показників відносно мети необхідно визначити власний вектор матриці та перевірити узгодженість матриці за її власним числом. Потрібно відзначити, що власний вектор характеризує впорядкування пріоритетів, а власне число є мірою узгодженості оцінок.

Усі ці кроки дають один і той самий власний вектор матриці. Четвертий крок є найточнішим і був застосований для знаходження компонентів власного вектора локальних пріоритетів матриці за формулами (1) і (2):

$$W_1 = \frac{\sqrt[4]{1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{7}}}{\sqrt[4]{1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{7}} + \sqrt[4]{4 \times 1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5}} + \sqrt[4]{3 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{3}} + \sqrt[4]{7 \times 5 \times 3 \times 1}} = 0,059;$$

$$W_2 = \frac{\sqrt[4]{4 \times 1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5}}}{\sqrt[4]{1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{7}} + \sqrt[4]{4 \times 1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5}} + \sqrt[4]{3 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{3}} + \sqrt[4]{7 \times 5 \times 3 \times 1}} = 0,129;$$

$$W_3 = \frac{\sqrt[4]{3 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{3}}}{\sqrt[4]{1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{7}} + \sqrt[4]{4 \times 1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5}} + \sqrt[4]{3 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{3}} + \sqrt[4]{7 \times 5 \times 3 \times 1}} = 0,236;$$

$$W_4 = \frac{\sqrt[4]{7 \times 5 \times 3 \times 1}}{\sqrt[4]{1 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{7}} + \sqrt[4]{4 \times 1 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5}} + \sqrt[4]{3 \times 3 \times 1 \times \frac{1}{3}} + \sqrt[4]{7 \times 5 \times 3 \times 1}} = 0,575.$$

Таблиця 3. Порівняння базових властивостей військової автомобільної техніки відносно технічних показників

Table 3. Comparison of the basic properties of military vehicles in relation to technical indicators

Порівняння відносно	Результати порівнянь
Технічний стан	$\begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 1 & 7 \\ 3 & 1 & 1 & 3 & 1/3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 & 1/5 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1 & 1/7 & 1 \\ 1 & 3 & 5 & 7 & 1 & 9 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1/9 & 1 \end{pmatrix}$
Вартість	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 9 & 3 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 7 & 1 & 5 & 3 \\ 1/9 & 1/7 & 1 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1 & 5 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$
Технічне обслуговування	$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1 & 1/5 & 1/7 \\ 1 & 1/3 & 1 & 3 & 1/3 & 1/5 \\ 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1/7 & 1/9 \\ 1 & 5 & 3 & 7 & 1 & 1 \\ 3 & 7 & 5 & 9 & 1 & 1 \end{pmatrix}$
Відповідність цілям	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ 1 & 1 & 1 & 1/3 & 1/7 & 1/5 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1/5 & 1/9 & 1/7 \\ 1 & 3 & 5 & 1 & 1/3 & 1 \\ 5 & 7 & 9 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 5 & 7 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$

Бачимо, що сума нормалізованих компонентів вектора становить 0,999.

Крок 4. Помножимо матрицю парних порівнянь справа на отриману оцінку вектора та отримаємо новий вектор відносної важливості:

$$A \times W_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1/4 & 1/3 & 1/7 \\ 4 & 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 3 & 1 & 1/3 \\ 7 & 5 & 3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,059 \\ 0,129 \\ 0,236 \\ 0,575 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,252 \\ 0,560 \\ 0,993 \\ 2,345 \end{pmatrix}.$$

Крок 5. Поділимо кожен компонент цього вектора на відповідну компоненту оцінки вектора

пріоритетів і визначимо ще один вектор

$$\begin{pmatrix} 4,272 \\ 4,341 \\ 4,208 \\ 4,079 \end{pmatrix}$$

для знаходження власного значення матриці.

Що ближче λ_{max} до n (число об'єктів порівняння n), то більш узгоджений результат. Максимальне власне значення матриці:

$$\lambda_{max} = \frac{4,272 + 4,341 + 4,208 + 4,079}{4} = 4,225.$$

Крок 6. Відомо, що узгодженість квадратної обернено симетричної матриці еквівалентна вимозі рівності її максимального власного значення λ_{max} з m , тож визначимо індекс узгодженості j_p згідно з (3). У нашому випадку

$$J_p = \frac{4,225 - 4}{4 - 1} = 0,075. \text{ Еталонне значення індексу } J_e \text{ для нашого випадку } (m = 4) \text{ дорівнює } 0,90 \text{ (див. табл. 2).}$$

$$\text{Відношення } \frac{J_p}{J_e} = \frac{0,075}{0,900} = 0,0833 \text{ для}$$

матриці того ж порядку називається відношенням узгодженості.

Обраний метод допускає певний рівень неузгодженості. Для особи, що приймає рішення, найважливішим є відношення узгодженості, оскільки для того, щоб отримати вірогідні результати, потрібно, щоб відношення

узгодженості було в межах 10 % (критичне значення – 20 %). На цей показник слід звертати увагу на кожному подальшому етапі. Якщо цей показник виходить за вказані межі, ОЗО необхідно ще раз повернутися до вихідних умов задачі та перевірити обґрунтованість своїх суджень.

Відношення узгодженості проведеної вище оцінки $\frac{J_p}{J_e} \leq 0,1$, тобто в межах норми.

Усі отримані вище результати внесемо до табл. 4.

Таблиця 4. Результати порівнянь технічних показників військової автомобільної техніки відносно мети

Table 4. Results of the comparisons of the technical indicators of military vehicles in relation to the target

Вектор пріоритетів	Відносна важливість	Частка
0,059	0,252	4,272
0,129	0,560	4,341
0,236	0,993	4,208
0,575	2,345	4,079
Власне значення матриці		4,225
Індекс узгодженості		0,075
Відношення узгодженості		0,083

Джерело: розраховано та складено автором

Тепер згідно з визначеним алгоритмом визначимо відносну вагу альтернатив («Швидкохідність – ШХ», «Маневреність – МВ», «Керованість – КВ», «Прохідність – ПХ», «Стійкість – СТ» і «Автономність – АВ») щодо кожного критерію («Технічний стан – ТС», «Вартість (ціна) – ВО», «Технічне обслуговування – ТО», «Відповідність цілям – ВЦ»).

Обчислимо значення векторів пріоритетів і відносної важливості, власне значення матриці, індекс узгодженості та відношення узгодженості для оцінок, що наведені в табл. 3.

Розрахунки, що були здійснені за вищеписаним алгоритмом, упустимо, а отримані результати занесемо в табл. 1–4.

Крок 7. Синтез пріоритетів. У нашій задачі ранжування базових властивостей мобільності

ВАН, що є найважливішими для вибору військової техніки, на другому рівні ієрархії (критерії) елементи вектора пріоритетів множаться на ваговий коефіцієнт мети. На третьому рівні ієрархії (перелік можливих альтернатив) відносна вага кожної з базових властивостей за порівнюваним критерієм множиться на пріоритет даної якості (критерію), потім отримані добутки додаються. Таким чином отримуємо елементи глобального вектора пріоритетів, на підставі значення якого можна визначити найвагоміші базові властивості мобільності для вибору ВАН.

Для спрощення розрахунків згідно з формулою (4) значення векторів пріоритетів базових властивостей відносно технічних показників, отриманих раніше, зведемо в табл. 5.

Таблиця 5. Відносна вага базових властивостей мобільності військової автомобільної техніки

Table 5. Relative weight of the basic mobility properties of military vehicles

Базові властивості	Вектор пріоритетів базових властивостей відносно технічних показників			
	ТС	ВО	ТО	ВЦ
ШХ	0,227	0,384	0,161	0,093
МВ	0,194	0,267	0,068	0,056
КВ	0,094	0,039	0,078	0,039
ПХ	0,057	0,160	0,039	0,161
СТ	0,388	0,056	0,268	0,384
АВ	0,039	0,093	0,385	0,266

Джерело: розраховано та складено автором

Відповідно до (4) маємо таку систему рівнянь для обчислення ваг усіх базових властивостей мобільності ВАН, підставивши відповідні значення з табл. 3 і 4 в систему рівнянь (5), отримуємо наступні значення ваг базових властивостей мобільності, що оцінювалися (перше завдання):

$$\begin{aligned}
 U_1 &= w_1 \times u_{11} + w_2 \times u_{21} + w_3 \times u_{31} + w_4 \times u_{41} = 0,155; \\
 U_2 &= w_1 \times u_{12} + w_2 \times u_{22} + w_3 \times u_{32} + w_4 \times u_{42} = 0,094; \\
 U_3 &= w_1 \times u_{13} + w_2 \times u_{23} + w_3 \times u_{33} + w_4 \times u_{43} = 0,051; \\
 U_4 &= w_1 \times u_{14} + w_2 \times u_{24} + w_3 \times u_{34} + w_4 \times u_{44} = 0,125; \\
 U_5 &= w_1 \times u_{15} + w_2 \times u_{25} + w_3 \times u_{35} + w_4 \times u_{45} = 0,316; \\
 U_6 &= w_1 \times u_{16} + w_2 \times u_{26} + w_3 \times u_{36} + w_4 \times u_{46} = 0,258;
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Отримані результати дозволяють нам побачити ієрархію базових властивостей мобільності ВАТ, вагомішими з яких є «Стійкість» (0,316), «Автономність» (0,258) і «Швидкохідність» (0,155) тощо.

Висновки. При розв'язанні задачі були отримані результати, які визначили основні технічні показники (стійкість, автономність і швидкохідність) для ВАТ, що практично підтверджуються при використанні військової колісної техніки на сучасному полі бою і дають змогу підвищити живучість екіпажу і самого транспортного засобу. У майбутньому ці методи можна використати для різного типу машин при оперативній оцінці впливу показників з мобільності на транспортний засіб.

Бібліографічний список

1. Бадюл М. Г., Крамаренко В. А. Застосування методу аналізу ієрархій у проектуванні та будівництві. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. 2013. Вип. 70. С. 27–35.
2. Деякі питання здійснення оборонних закупівель на період дії правового режиму воєнного стану: Постанова Кабінету Міністрів України від 11.11.2022 р. № 1275 (дата звернення: 18.07.2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1275-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 01.09.2023).
3. Екологізація суспільства: Соціальна роль та моделювання / Е. П. Семенюк, Т. В. Олянишен, В. М. Сеньківський, О. В. Мельников, Я. В. Котляревський. Львів: Укр. акад. друкарства, 2012. 460 с.
4. Кульчицька Х. Б., Предко Л. С. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проекту в поліграфії. *Поліграфія і видавнича справа*. 2018. № 1. С. 51–60.
5. Мельников О. В., Котляревський Я. В. Підвищення ефективності природоохоронної діяльності в поліграфії. *Наукові записки* [Укр. акад. друкарства]. 2014. № 1–2 (46–47). С. 104–111.
6. Питання оборонних закупівель: Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 363 (ост. зміни 16.05.2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/363-2021-%D0%BF#n204> (дата звернення: 01.09.2023).
7. Про оборонні закупівлі: Закон України від 17.07.2020 р. № 808-IX (ост. зміни 24.02.2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-20#n414> (дата звернення: 01.09.2023).
8. Трунова О. В. Застосування методу Сааті при прийнятті управлінських рішень. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер. Педагогічні науки*. 2013. Вип. 108.1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34 (дата звернення: 01.09.2023).
9. Agro-Food Value Added Chains: Methodology, Technique and Architecture / G. Ryzhakova, S. Petrukha, N. Petrukha, O. Krupelnytska, O. Hudenko. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2022. Vol. 4, No 45. P. 385–395.
10. Arndt K., Cormier K., Ryazanov E. Value Chain Management and Overcoming Rural Poverty. Project Experience in Kyrgyzstan. Bishkek: Local Market Development, 2005. 50 p.
11. Modeling the Effects of Key Threats on the Economic Security of Industrial Enterprises / S. Shynkar, B. Brynzei, N. Rozumovych, M. Kurliak. *SHS Web Conf*. 2019. Vol. 67. URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2019/08/shsconf_NTI-UkrSURT2019_04010/shsconf_NTI-UkrSURT2019_04010.html (дата звернення: 01.09.2023).
12. Saaty T. L. How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process. Part 1: Examples and Applications. *Systems Research and Information Technology*. 2002. № 1. P. 95–108.
13. Saaty T. L. Theory of the Analytic Hierarchy Process. Part 2.1. *Systems Research and Information Technology*. 2003. № 1. P. 48–71.
14. Saaty T. L. Theory of the Analytic Hierarchy Process. Part 2.1. *Systems Research and Information Technology*. 2003. № 1. P. 56–64.
15. Saaty T. L. Theory Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes-Examples. Part 2.2. *System research and information technologies*. 2003. № 2. P. 7–33.
16. Saaty T. L. The Analytic Network Process. Examples. Part 2.3. *System research and information technologies*. 2003. № 4. P. 7–23.

Стаття надійшла 20.08.2023