

О.В. БОРОВИК, Л.В. БОРОВИК

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

А.С. ДІВІЦЬКИЙ

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського"

І.П. НІКОЛАЄВ

Хмельницький національний університет

ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОЛОНОЮ ТЕХНІКИ

Стаття присвячена розробці методики оцінки ефективності перевезень колоною техніки на основі урахування не лише економічної, а й тактичної (військової) та технічної складових перевезень, а також її програмно-алгоритмічного забезпечення. У результаті проведеного дослідження запропоновано методику оцінки ефективності військових перевезень. Перелік найбільш значущих показників перевезення структуровано за тактичною, технічною та економічною складовими. Тактичний показник ефективності перевезень дозволяє оцінити ефективність доставки особового складу та вантажів, часу перевезення та технічного стану засобів перевезення. Технічний показник ефективності перевезень дає оцінку готовності техніки, запасу ходу по моторресурсу до чергового ремонту, використання пробігу та пасажиромісткості, вантажопідйомності та об'ємності техніки. Економічний показник ефективності перевезень оцінює витрати пального та амортизаційний знос техніки. Комплексний показник ефективності перевезень відповідно оцінює усі вищезазначені показники перевезень та надає можливість провести загальну оцінку ефективності перевезень колони техніки. У роботі також наведено програмно-алгоритмічне забезпечення запропонованого методу та продемонстровано його застосування на конкретному прикладі. Для вирішення завдання застосовано методи системного та математичного аналізу, а також сучасні інформаційні технології. Запропонований метод і його програмно-алгоритмічна реалізація можуть бути застосованими до комплексного розв'язання задач формування раціонального складу колони техніки та вибору доцільних маршрутів її руху у рамках задачі організації ефективних перевезень.

Ключові слова: методика, ефективність, показники, техніка, програмно-алгоритмічне забезпечення.

O.V. BOROVYK, L.V. BOROVYK

The National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytskyi city

A.S. DIVITSKY

Institute of Special Communication and Information Protection of

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute. I. Sikorsky"

I.P. NIKOLAYEV

Khmelnytsky National University

SOFTWARE-ALGORITHMIC PROVIDING METHODS OF ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION BY A COLUMN OF TECHNOLOGY

The article is devoted to the development of a technique for evaluating the efficiency of transportation by a column of equipment on the basis of not only economic, but also tactical (military) and technical components of transportation, as well as its software and algorithmic software. As a result of the research, a method for evaluating the effectiveness of military transportation was proposed. The list of the most significant indicators of transportation is structured by tactical, technical and economic components. The tactical indicator of the efficiency of transportation allows to evaluate the efficiency of delivery of personnel and cargoes, the time of transportation and the technical condition of the means of transportation. The technical indicator of the efficiency of transportation gives an assessment of the readiness of the equipment, the stock of the motor resource for the next repair, the use of mileage and passenger capacity, capacity and volume of the equipment. The economic efficiency of transportation estimates the cost of fuel and the depreciation of equipment. The Integrated Transportation Performance Indicator accordingly evaluates all the above transportation performance and provides an overall assessment of the transportation performance of the engineering column. The paper also provides the algorithmic software of the proposed method and demonstrates its application in a specific example. Methods of systematic and mathematical analysis as well as modern information technologies have been applied to solve the problem. The proposed method and its software-algorithmic implementation can be applied to the complex solution of problems of formation of rational composition of the column of equipment and the choice of appropriate routes of its movement within the task of organizing efficient transportation.

Keywords: methodology, efficiency, indicators, technology, software-algorithmic software.

Постановка проблеми

Ряд задач логістичного характеру у різних галузях людської діяльності (в економіці, військовій справі тощо) передбачає переміщення значної кількості сил і засобів, яке в основному здійснюється автомобільною технікою (технікою). Протягом останніх десятиріч існуючий порядок оцінки стану техніки, організації її експлуатації та оцінки ефективності перевезень значних змін не зазнав.

Події на Сході України, що пов'язані з військовою агресією, породили нові виклики, які стосуються і наукового аналізу ряду нових задач. Однією з таких є задача організації перевезень колоною техніки резервів. Новизна і складність задачі обумовлюється необхідністю підвищення вимог щодо терміновості та надійності перевезення резервів, особливо у складних дорожніх умовах.

Незважаючи на значне оновлення парку техніки перевезення здійснюються шляхом застосування як

технологічно нових зразків, так і застарілих зі значною відмінністю основних тактико-технічних характеристик. Це обумовлює необхідність комплексного вирішення задач формування раціонального складу колони техніки та вибору доцільних маршрутів її руху. Рішення наведених задач незалежно одна від іншої здійснене у роботах [1, 2]. Пошук же комплексного рішення на даний час не завершений. Аналіз можливих шляхів його відшукування дозволив зробити висновок про те, що він пов'язаний із застосуванням механізмів оцінки ефективності зазначених перевезень. Саме цим пояснюється актуальність завдання забезпечення об'єктивного оцінювання ефективності перевезень колоною техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ретельний аналіз підходів щодо оцінки ефективності перевезень проведений у роботі [3]. Однак у цій роботі аналізувалися в основному ті праці, в яких досліджувалися питання оцінки економічної ефективності перевезень. У більшості з них в якості цільової функції розглядалася максимізація прибутку від перевезень.

Досліджуване питання аналізувалося і в роботі [4]. Так, у цій праці розглядався метод оцінки ефективності перевезень вантажів однотипними автотранспортними засобами (АТЗ) для перевізника з умовою можливості найму та використанням проектного підходу при плануванні. При цьому було досліджено наступні завдання:

1. Досліджено метод розподілу вантажів, придатних до перевезення однотипними АТЗ між власними та найманими, в умовах повного забезпечення виконання договірних зобов'язань із замовником.
2. Проаналізовано показники оцінки продуктивності та ефективності при виконанні перевезень.
3. Проведено аналіз ефективності використання власних і найманих АТЗ на прикладі транспортної роботи і коефіцієнта використання пробігу.
4. Порівняно техніко-експлуатаційні та економічні показники проектного аналізу, розраховані за допомогою розробленої економіко-математичної моделі при різній кількості власних і найманих АТЗ.

Ефективність транспортного процесу було оцінено за допомогою техніко-експлуатаційних показників, які було класифіковано по групах: показники стану парку; показники використання рухомого складу; показники продуктивності. В якості показників ефективності розглядалися: своєчасність доставки вантажів; тривалість доставки вантажів; втрати у процесі транспортування; продуктивність транспортних засобів; продуктивність вантажно-розвантажувальних машин; питома трудомісткість комплексу транспортно-технологічних операцій і їх складова – питома трудомісткість спільних навантажувальних (розвантажувальних) і транспортних операцій; енергоємність комплексу транспортно-технологічних операцій і її складова – енергоємність перевезень; приведені витрати і їх складова – собівартість перевезень; прибуток автотранспортного підприємства.

Ще однією роботою, що заслуговує на окрему увагу, є робота [5]. У цій праці розглянуто підхід до прогнозування маршруту військового формування за надійністю зразків озброєння і військової техніки з використанням в якості критерію комплексного показника надійності коефіцієнта оперативної готовності. При прогнозуванні ефективності розглядаються показники динаміки руху і боєготовності зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) залежно від конструкційних особливостей, технічного стану, зовнішніх умов руху та якості організацій технічного забезпечення маршруту. Вихідними даними для реалізації процесу прогнозування ефективності є кількість зразків техніки у складі колони на початку маршруту, параметр потоку відмов системи, що забезпечує рухомість ОВТ, кількість ремонтних відділень, кількість ОВТ, що вийдуть з ладу під час маршруту, середня швидкість руху колони під час маршруту, середня тривалість проведення ремонтних робіт для зразків ОВТ, середній час очікування ремонтного відділення і тривалість маршруту. Прогнозну величину коефіцієнта оперативної готовності можна одержати за допомогою аналітичної моделі впливу надійності системи, що забезпечує рухомість ОВТ, на ефективність маршруту військового формування, за допомогою якої реалізується статистичний підхід до визначення цього показника.

Аналіз вказаних праць дозволяє зробити висновок про те, що: по-перше, в явному вигляді жоден з описаних підходів до вирішення задачі організації перевезення резервів з позиції забезпечення виконання поставлених бойових завдань, завдань оперативно-службової діяльності, проведення навчань, тренувань особового складу та завдань забезпечення основної діяльності, незастосовний; по-друге, під час оцінки ефективності військових перевезень слід насамперед застосовувати ті показники, які характеризують не лише економічну, а й тактичну (військову) та технічну складові перевезень, а це, в свою чергу, включає в себе такі складові, як своєчасність доставки вантажів, цілісність і безпечність їх доставки, а також доставки особового складу, технічний стан і готовність техніки до подальшого використання, витрати на перевезення тощо.

Метою статті є визначення підходу до розв'язання задачі оцінки ефективності перевезень, враховуючи не тільки економічну, а й тактичну (військову) та технічну складові перевезень, а також його програмно-алгоритмічне забезпечення.

Виклад основного матеріалу дослідження

Вибір значущих параметрів для моделювання досліджуваної задачі та обґрунтування системи показників, які повинні бути враховані у методиці оцінки ефективності військових перевезень, передбачає прийняття до уваги наступного. Перевезення резервів в абсолютній більшості випадків здійснюється штатною технікою. Для організації їх перевезення на основі вихідних даних (відстані, встановленого часу, кількості особового складу та вантажів тощо) необхідно виконати ряд заходів: сформувати склад колони

техніки, обрати водіїв, підготувати водіїв і техніку, визначити маршрути руху, забезпечити матеріально-технічними засобами, організувати управління, охорону та ін.

Згадана вище залежність складу колони техніки та маршруту її руху обумовлюється, зокрема, наступним. Складність маршруту, тип дорожнього покриття впливають на вибір типів і марок техніки, обраних до складу колони, і навпаки тактико-технічні характеристики обраної техніки обмежують її прохідність за певних дорожніх умов. Отже, формування складу колони техніки та вибір маршруту руху є базовими заходами організації перевезень.

Методика оцінки ефективності перевезень колоною техніки.

Особливої уваги під час проведення розрахунків ефективності перевезень потребує те, що в залежності від мети конкретного перевезення головною вимогою може бути доставка вантажу, особового складу, техніки, мінімальні витрати, вчасне прибуття в точку призначення, врахування цих заходів в комплексі або окремо та т.і. Зважаючи на це, значущими показниками ефективності перевезень мають бути тактичний, технічний та економічний показники. При цьому, доцільним є і формування узагальненого (комплексного) показника ефективності перевезень.

У подальшому тактичний показник ефективності військових перевезень називатимемо показником тактичної ефективності перевезень і позначатимемо його T_1 , технічний показник ефективності військових перевезень – показником технічної ефективності перевезень і позначатимемо його T_2 , економічний показник ефективності військових перевезень – показником економічної ефективності перевезень і позначатимемо його T_3 .

Для врахування пріоритету завдань, які визначають головну мету перевезення резервів (термін прибуття колони техніки, важливість доставки особового складу або вантажів в точку призначення та т.і.), у показники ефективності перевезень пропонується ввести вагові коефіцієнти (λ), встановлення значень яких пропонується покласти на посадових осіб, відповідальних за організацію перевезень (значення коефіцієнтів можуть бути нормованими і знаходитись, наприклад, у діапазоні $[0;1]$).

Формалізація показників ефективності перевезень з урахуванням їх змісту може мати наступний вигляд.

1. Показник тактичної ефективності перевезень:

$$T_1 = \sum_{j=1}^4 \lambda_{1j} \cdot K_{1j}, \quad (1)$$

де K_{11} – коефіцієнт ефективності перевезення особового складу;

K_{12} – коефіцієнт ефективності доставки вантажу;

K_{13} – коефіцієнт часової ефективності перевезень;

K_{14} – коефіцієнт технічної готовності засобів перевезення до подальшого застосування;

$\lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{14}$ – вагові коефіцієнти складових показника тактичної ефективності перевезень.

1.1 Коефіцієнт ефективності перевезення особового складу:

$$K_{11} = a^{\text{дост}} / a^{\text{вст}}, \quad (2)$$

де $a^{\text{дост}}$ – кількість чоловік особового складу підрозділу, яких перевезено у точку призначення технікою зі складу колони (чол.);

$a^{\text{вст}}$ – кількість чоловік особового складу підрозділу, яких необхідно перевезти у точку призначення технікою зі складу колони (чол.).

1.2 Коефіцієнт ефективності доставки вантажу:

$$K_{12} = \frac{m^{\text{дост}} \cdot V^{\text{дост}}}{m^{\text{вст}} \cdot V^{\text{вст}}}, \quad (3)$$

де $m^{\text{дост}}$ – маса вантажу, який доставлено у точку призначення технікою зі складу колони (ц);

$m^{\text{вст}}$ – маса вантажу, який необхідно перевезти у точку призначення технікою зі складу колони (ц);

$V^{\text{дост}}$ – об'єм вантажу, який доставлено у точку призначення технікою зі складу колони (м^3);

$V^{\text{вст}}$ – об'єм вантажу, який необхідно перевезти у точку призначення технікою зі складу колони (м^3).

1.3 Коефіцієнт часової ефективності перевезень:

$$K_{13} = t^{\text{вст}} / t^{\text{дост}}, \quad (4)$$

де $t^{\text{вст}}$ – нормативно встановлений час на перевезення, за який колона має досягти точки призначення (год.);

$t^{\text{дост}}$ – фактичний час перевезення, за який особовий склад та вантажі доставлено у точку

призначення (год.).

1.4 Коефіцієнт технічної готовності засобів перевезення до подальшого застосування:

$$K_{14} = x^{\text{дост}} / x^{\text{вст}}, \quad (5)$$

де $x^{\text{дост}}$ – кількість техніки, яка прибула у точку призначення в технічно справному стані (од.);

$x^{\text{вст}}$ – кількість техніки, яка вибула з вихідної точки в технічно справному стані (од.).

2. Показник технічної ефективності перевезень:

$$T_2 = \sum_{j=1}^6 \lambda_{2j} \cdot K_{2j}, \quad (6)$$

де K_{21} – коефіцієнт готовності техніки;

K_{22} – коефіцієнт запасу ходу по моторесурсу до чергового ремонту;

K_{23} – коефіцієнт використання пробігу;

K_{24} – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

K_{25} – коефіцієнт використання вантажопідйомності;

K_{26} – коефіцієнт використання габаритів;

$\lambda_{21} \cdot \lambda_{22} \cdot \lambda_{23} \cdot \lambda_{24} \cdot \lambda_{25} \cdot \lambda_{26}$ – вагові коефіцієнти складових показника технічної ефективності перевезень.

2.1 Коефіцієнт готовності техніки:

$$K_{21} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{s_{ij}} \frac{t_{ijk}^{\text{пр}}}{t_{ijk}^{\text{пр}} + t_{ijk}^{\text{в}}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} s_{ij}}, \quad (7)$$

де $t_{ijk}^{\text{пр}}$ – середній час знаходження в працездатному стані техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу (діб);

$t_{ijk}^{\text{в}}$ – середній час відновлення техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу (діб);

s_{ij} – загальна кількість техніки j -ї марки i -го типу у складі колони (од.).

2.2 Коефіцієнт запасу ходу по моторесурсу до чергового ремонту:

$$K_{22} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{s_{ij}} (3X_{ijk}^{\text{м}} - L^{\text{факт}})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{s_{ij}} 3X_{ijk}^{\text{м}}}, \quad (8)$$

де $3X_{ijk}^{\text{м}}$ – запас ходу по моторесурсу техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу перед вибуттям колони з вихідної точки (км);

$L^{\text{факт}}$ – фактичний пробіг техніки з вантажем або особовим складом у точку призначення (км).

2.3 Коефіцієнт використання пробігу:

$$K_{23} = \frac{L^{\text{факт}}}{L^{\text{вст}}}, \quad (9)$$

де $L^{\text{вст}}$ – планова відстань перевезень для доставки особового складу та вантажів у точку призначення (км).

2.4 Коефіцієнт використання пасажиромісткості:

$$K_{24} = \frac{a^{\text{дост}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{s_{ij}} x_{ijk} \cdot a_{ij}}, \quad (10)$$

де x_{ijk} – умовне позначення k -го зразка техніки j -ї марки i -го типу;

a_{ij} – кількість чоловік особового складу підрозділу, які можуть перевозитись технікою j -ї марки i -го типу (чол.).

2.5 Коефіцієнт використання вантажопідйомності:

$$K_{25} = \frac{m^{\text{дост}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot m_{ij}}, \quad (11)$$

де m_{ij} – маса вантажу, який може перевозитись технікою j -ї марки i -го типу (ц).

2.6 Коефіцієнт використання габаритів:

$$K_{26} = \frac{V^{\text{дост}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot V_{ij}}, \quad (12)$$

де V_{ij} – об'єм вантажу, який може перевозитись технікою j -ї марки i -го типу (м^3).

3. Показник економічної ефективності перевезень:

$$T_3 = \frac{C_{31}^* + C_{32}^*}{C_{31} + C_{32}}, \quad (13)$$

де C_{31}^* – планова вартість пального (грн.);

C_{31} – фактична вартість витраченого пального (грн.);

C_{32}^* – планова вартість амортизаційного зносу техніки (грн.);

C_{32} – фактична вартість амортизаційного зносу техніки (грн.).

3.1 Планова вартість пального:

$$C_{31}^* = C_{31}^{*\text{ДП}} + C_{31}^{*\text{A-92}} + C_{31}^{*\text{A-95}}, \quad (14)$$

$$C_{31}^{*\text{ДП}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{вст}} \cdot u_{ij}^{\text{ДП}}}{100} \cdot c^{\text{ДП}}, \quad (15)$$

$$C_{31}^{*\text{A-92}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{вст}} \cdot u_{ij}^{\text{A-92}}}{100} \cdot c^{\text{A-92}}, \quad (16)$$

$$C_{31}^{*\text{A-95}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{вст}} \cdot u_{ij}^{\text{A-95}}}{100} \cdot c^{\text{A-95}}, \quad (17)$$

де $u_{ij}^{\text{ДП}}$, $u_{ij}^{\text{A-92}}$, $u_{ij}^{\text{A-95}}$ – витрати пального на 100 км технікою j -ї марки i -го типу (л/100 км);

$c^{\text{ДП}}$, $c^{\text{A-92}}$, $c^{\text{A-95}}$ – вартість 1 л пального за видами (грн./л).

3.2 Фактична вартість витраченого пального:

$$C_{31} = C_{31}^{\text{ДП}} + C_{31}^{\text{A-92}} + C_{31}^{\text{A-95}}, \quad (18)$$

$$C_{31}^{\text{ДП}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{факт}} \cdot u_{ij}^{\text{ДП}}}{100} \cdot c^{\text{ДП}}, \quad (19)$$

$$C_{31}^{\text{A-92}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{факт}} \cdot u_{ij}^{\text{A-92}}}{100} \cdot c^{\text{A-92}}, \quad (20)$$

$$C_{31}^{\text{A-95}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} x_{ijk} \cdot \frac{L^{\text{факт}} \cdot u_{ij}^{\text{A-95}}}{100} \cdot c^{\text{A-95}}. \quad (21)$$

3.3 Планова вартість амортизаційного зносу техніки:

$$C_{32}^* = C_{32}^{*\text{авто}} + C_{32}^{*\text{бр}}, \quad (22)$$

$$C_{32}^{*\text{авто}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} C_{ijk}^{\text{авто}} \cdot \left(K_{\text{скз}ijk}^{\text{авто-вст}} - K_{\text{скз}ijk}^{\text{авто-вих}} \right), \quad (23)$$

$$C_{32}^{*бр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} C_{ijk}^{бр} \cdot (K_{скзijk}^{бр-вст} - K_{скзijk}^{бр-вих}), \quad (24)$$

де $C_{ijk}^{авто}$ – первісна балансова вартість автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу (грн.);
 $C_{ijk}^{бр}$ – первісна балансова вартість бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу (грн.);
 $K_{скзijk}^{авто-вст}$ – плановий сукупний коефіцієнт зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення;
 $K_{скзijk}^{авто-вих}$ – сукупний коефіцієнт зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу перед вибуттям колони з вихідного пункту;
 $K_{скзijk}^{бр-вст}$ – плановий сукупний коефіцієнт зносу бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення;
 $K_{скзijk}^{бр-вих}$ – сукупний коефіцієнт зносу бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу перед вибуттям колони з вихідного пункту.
 Сукупний коефіцієнт зносу автомобільної техніки визначається згідно [6] так:

$$K_{скзijk}^{авто-вст} = 1 - \frac{H_{1ijk}^{вст} \cdot \Pi_{ijk}^{вст} + H_{2ijk}^{вст} \cdot D_{фijk}}{100}, \quad (25)$$

$$K_{скзijk}^{авто-вих} = 1 - \frac{H_{1ijk}^{вих} \cdot \Pi_{ijk}^{вих} + H_{2ijk}^{вих} \cdot D_{фijk}}{100}, \quad (26)$$

де $H_{1ijk}^{вст}$ – плановий показник зносу на 1000 кілометрів пробігу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення;
 $H_{1ijk}^{вих}$ – показник зносу на 1000 кілометрів пробігу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу перед вибуттям колони з вихідного пункту;
 $\Pi_{ijk}^{вст}$ – планова загальна норма напрацювання автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення (тис. кілометрів (тис. мотогодин));
 $\Pi_{ijk}^{вих}$ – загальна норма напрацювання автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу перед вибуттям колони з вихідного пункту (тис. кілометрів (тис. мотогодин));
 $H_{2ijk}^{вст}$ – плановий показник зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу внаслідок її старіння після прибуття у точку призначення;
 $H_{2ijk}^{вих}$ – показник зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу внаслідок її старіння перед вибуттям колони з вихідного пункту;
 $D_{фijk}$ – строк експлуатації автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу, років.
 Сукупний коефіцієнт зносу бронетанкової техніки визначається згідно [10] так:

$$K_{скзijk}^{бр-вст} = K_{Бijk}^{вст} + K_{дijk}^{вст} + K_{зijk}^{вст}, \quad (27)$$

$$K_{скзijk}^{бр-вих} = K_{Бijk}^{вих} + K_{дijk}^{вих} + K_{зijk}^{вих}, \quad (28)$$

де $K_{Бijk}^{вст}$ – плановий коефіцієнт безвідмовності, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу бронетанкової техніки безвідмовно працювати протягом визначеного часу у визначених умовах експлуатації і необхідного обслуговування, після прибуття у точку призначення;
 $K_{Бijk}^{вих}$ – коефіцієнт безвідмовності, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу бронетанкової техніки безвідмовно працювати протягом визначеного часу у визначених умовах експлуатації і необхідного обслуговування, перед вибуттям колони з вихідного пункту;
 $K_{дijk}^{вст}$ – плановий коефіцієнт довговічності, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу бронетанкової техніки зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту, після прибуття у точку призначення;
 $K_{дijk}^{вих}$ – коефіцієнт довговічності, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу

бронетанкової техніки зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту, перед вибуттям колони з вихідного пункту;

$K_{zijk}^{вст}$ – плановий коефіцієнт зберігання, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу

бронетанкової техніки забезпечувати з дотриманням установлених допусків стабільність експлуатаційних показників протягом і після строку зберігання та транспортування, після прибуття у точку призначення;

$K_{zijk}^{вих}$ – коефіцієнт зберігання, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу

бронетанкової техніки забезпечувати з дотриманням установлених допусків стабільність експлуатаційних показників протягом і після строку зберігання та транспортування, перед вибуттям колони з вихідного пункту.

3.4. Фактична вартість амортизаційного зносу техніки:

$$C_{32} = C_{32}^{авто} + C_{32}^{бр}, \quad (29)$$

$$C_{32}^{авто} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} C_{ijk}^{авто} \cdot (K_{скзijk}^{авто-факт} - K_{скзijk}^{авто-вих}), \quad (30)$$

$$C_{32}^{бр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{S_{ij}} C_{ijk}^{бр} \cdot (K_{скзijk}^{бр-факт} - K_{скзijk}^{бр-вих}), \quad (31)$$

де $K_{скзijk}^{авто-факт}$ – фактичний сукупний коефіцієнт зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення;

$K_{скзijk}^{бр-факт}$ – фактичний сукупний коефіцієнт зносу бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення.

Фактичний сукупний коефіцієнт зносу автомобільної техніки визначається згідно [6] так:

$$K_{скзijk}^{авто-факт} = 1 - \frac{N_{1ijk}^{факт} \cdot \Pi_{ijk}^{факт} + N_{2ijk}^{факт} \cdot D_{фijk}}{100}, \quad (32)$$

де $N_{1ijk}^{факт}$ – фактичний показник зносу на 1000 кілометрів пробігу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення;

$\Pi_{ijk}^{факт}$ – фактична загальна норма напрацювання автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу після прибуття у точку призначення (тис. кілометрів (тис. мотогодин));

$N_{2ijk}^{факт}$ – фактичний показник зносу автомобільної техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу внаслідок її старіння після прибуття у точку призначення.

Фактичний сукупний коефіцієнт зносу бронетанкової техніки визначається згідно [6] так:

$$K_{скзijk}^{бр-факт} = K_{Бijk}^{факт} + K_{дijk}^{факт} + K_{зijk}^{факт}, \quad (33)$$

де $K_{Бijk}^{факт}$ – фактичний коефіцієнт безвідмовності, що враховує властивість зразка бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу безвідмовно працювати протягом визначеного часу у визначених умовах експлуатації і необхідного обслуговування, після прибуття у точку призначення;

$K_{дijk}^{факт}$ – фактичний коефіцієнт довговічності, що враховує властивість зразка бронетанкової техніки k -го зразка j -ї марки i -го типу зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонту, після прибуття у точку призначення;

$K_{зijk}^{факт}$ – фактичний коефіцієнт зберігання, що враховує властивість k -го зразка j -ї марки i -го типу бронетанкової техніки забезпечувати з дотриманням установлених допусків стабільність експлуатаційних показників протягом і після строку зберігання та транспортування, після прибуття у точку призначення.

4. Комплексний показник ефективності перевезень:

$$E = \lambda_1^* \cdot T_1 + \lambda_2^* \cdot T_2 + \lambda_3^* \cdot T_3, \quad (34)$$

де $\lambda_1^*, \lambda_2^*, \lambda_3^*$ – вагові коефіцієнти складових комплексного показника ефективності перевезень.

При прийнятті рішення посадовим особам, відповідальним за організацію перевезень, вибір значень вагових коефіцієнтів складових комплексного показника ефективності перевезень (λ) пропонується здійснювати з урахуванням ступеня важливості тактичного, технічного або економічного показника ефективності чи їх складових.

Програмно-алгоритмічне забезпечення реалізації наведеного підходу до розв'язання задачі оцінки ефективності перевезень.

Для реалізації наведеного підходу до розв'язання задачі оцінки ефективності перевезень авторами сформовано відповідний програмний додаток. Додаток реалізований на мові JavaScript. Фрагмент реалізації додатку має вигляд, що може бути оцінений нижче.

```
function getValueTact() {
    temp_array_tact=[];
    for (let index = 0; index < selected_cars.model.length; index++) {
        X_vst+=1;
    }
    A_vst=tact_eff[1];
    M_vst=tact_eff[3];
    V_vst=tact_eff[5];
    K_11=tact_eff[0]/A_vst;
    K_12=(tact_eff[2]*tact_eff[4]) / (M_vst*V_vst);
    K_13=tact_eff[6]/tact_eff[7];
    K_14=tact_eff[8]/X_vst;
    temp_array_tact.push(K_11,K_12,K_13,K_14);
    for (let index = 0; index < tact_lambda.length; index++) {
        T_1+=tact_lambda[index]*temp_array_tact[index];
    }
}
function getValueTechn() {
    for (let index = 0; index < selected_cars.model.length; index++) {
        temp_reserve_motor_fact+=selected_cars.reserve_motor[index]-L_fact;
        temp_reserve_motor+=selected_cars.reserve_motor[index];
        koef_ready_total+=selected_cars.coef_ready[index];
        temp_M_vst+=selected_cars.lift[index];
        temp_V_vst+=selected_cars.size_box[index];
        temp_A_vst+=selected_cars.passengers[index];
    }
    K_21=koef_ready_total/X_vst;
    K_22=temp_reserve_motor_fact/temp_reserve_motor;
    K_23=L_fact/L_vst;
    K_24=tact_eff[0]/temp_A_vst;
    K_25=tact_eff[2]/temp_M_vst;
    K_26=tact_eff[4]/temp_V_vst;
    temp_array_techn.push(K_21,K_22,K_23,K_24,K_25,K_26);
    for (let index = 0; index < techn_lambda.length; index++) {
        T_2+=techn_lambda[index]*temp_array_techn[index];
    }
}
function getValueEconomy(){
    for (let index = 0; index < selected_cars.model.length; index++) {
        C_31_f+=L_vst*selected_cars.spend_fuel[index]*selected_cars.fuel_price[index];
        C_32_f+=L_fact*selected_cars.spend_fuel[index]*selected_cars.fuel_price[index];
        C_31_a+=selected_cars.car_cost[index]*(selected_cars.total_wear_factor_before[index]-
        selected_cars.total_wear_factor_after_plan[index]);
        C_32_a+=selected_cars.car_cost[index]*(selected_cars.total_wear_factor_before[index]-
        selected_cars.total_wear_factor_after_fact[index]);
    }
    C_31_f/=100;
    C_32_f/=100;
    T_3=(C_31_f+C_31_a)/(C_32_f+C_32_a);
}
let complex_eff=0; //комплексна ефективність
function getComplexEff() {
    complex_eff=T_1*complex_lambda[0]+T_2*complex_lambda[1]+T_3*complex_lambda[2];
}
}
```

Результати роботи додатку, що опрацьований авторами та відповідає описаному вище методу для задачі оцінки ефективності перевезень колоною техніки, до складу якої входять АТЗ з тактико-технічними характеристиками, що наведені в табл. 1, та початковими умовами задач можуть бути оцінені з рис. 1–3.

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики та первісна балансова вартість техніки, з числа якої формується склад колони

Умовне позначення	Марка техніки	Середня швидкість руху $v_{ij}^{сер}$, км/год	Вантажопідйомність m_{ij} , ц	Пасажиромісткість a_{ij} , чол	Об'єм кузовів V_{ij} , м ³	Середня витрата пального u_{ij} , л/100км	Тип палива	Запас ходу по моторесурсу $3X_{ijk}^m$ км	Час знаходження в працездатному стані t_{ijk}^{np} , доба	Час експлуатації t_{ijk}^e , доба	Коефіцієнт готовності K_2	Строк експлуатації техніки $D_{фijk}$ рік	Напряцювання техніки P_{ijk} тис.км	Первісна балансова вартість техніки $C_{ijk}^{авто}$ тис.грн.
1	УАЗ-315195	60	0	7	0	14	А-92	3200	235	65	0,78	9	105,159	62,129
2	ВАЗ-21230	70	0	5	0	11	А-95	3800	292	8	0,97	7	198,203	159,925
3	Land Rover	60	5	5	1	12	ДП	5400	293	7	0,98	7	53,021	356,075
4	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	4200	210	90	0,70	4	33,812	929,166
5	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3700	280	20	0,93	4	14,234	929,166
6	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3300	293	7	0,98	4	12,877	929,166
7	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3800	270	30	0,90	3	29,564	879,236

Набір експериментальних даних для моделювання: вагові коефіцієнти $\lambda_{11} = 0.65$, $\lambda_{12}=0.75$, $\lambda_{13}=0.8$, $\lambda_{14}=0.9$, $\lambda_{21}=0.65$, $\lambda_{22}=0.75$, $\lambda_{23}=0.8$, $\lambda_{24}=0.9$, $\lambda_{25}=0.8$, $\lambda_{26}=0.9$, $\lambda_1=0.65$, $\lambda_2=0.75$, $\lambda_3^*=0.75$, доставлено чоловік – 3 чол, необхідно доставити чоловік – 3 чол, доставлено вантажу 100 ц, маса вантажу, яку необхідно доставити – 100, об'єм вантажу, який доставлено – 20 м³, об'єм вантажу, який необхідно доставити - 20 м³, нормативно встановлений час – 12 год, фактичний час перевезення – 12 год, кількість техніки, яка прибула справною - 3 од., планова відстань перевезень – 1000 км, фактична відстань перевезень 1200 км

Список техніки

Вибрати	Марка техніки	Середня швидкість руху км/год	Вантажопідйомність (ц)	Пасажиромісткість, чол	Об'єм кузова, м ³	Середня витрата пального, л/100км	Тип палива	Запас ходу по моторресурсу, км	Час знаходження в працездатному стані, доба	Час експлуатації, доба	Коефіцієнт готовності на 1000км	Плановий строк експлуатації, років	Плановий показник часу першої прибуття	Плановий показник часу після прибуття	Строк експлуатації, років	Вартість, тис. грн.	Первісна вартість, тис. грн.
1	УАЗ-315195	60	0	7	0	14	А92	3200	235	65	0,78	9	1,244	1,238	8	105,159	62,129
2	УАЗ-315195	60	0	7	0	14	А92	3200	235	65	0,78	9	1,244	1,238	8	105,159	62,129
3	УАЗ-315195	60	0	7	0	14	А92	4600	235	65	0,78	9	1,244	1,238	7	105,159	62,129
4	УАЗ-315195	60	0	7	0	14	А92	3000	235	65	0,78	9	1,244	1,238	8	105,159	62,129
5	ВАЗ-21230	70	0	5	0	11	А95	3800	292	8	0,97	7	1,244	1,238	7	198,203	159,925
6	ВАЗ-21230	70	0	5	0	11	А95	4200	292	8	0,97	7	1,244	1,238	7	198,203	159,925
7	Land Rover	60	5	5	1	12	ДП	5400	293	7	0,98	7	1,244	1,238	7	53,021	356,075
8	Land Rover	60	5	5	1	12	ДП	3000	293	7	0,98	7	1,244	1,238	7	53,021	356,075
9	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	4200	210	90	0,70	4	1,244	1,238	4	33,812	929,166
10	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3700	280	20	0,93	4	1,244	1,238	4	14,234	929,166
11	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3300	293	7	0,98	4	1,244	1,238	4	12,877	929,166
12	КРАЗ-6322	50	100	3	25	40	ДП	3800	270	30	0,90	3	1,244	1,238	3	29,564	879,236

Рис. 1. Інтерфейс вибору техніки

Об'єм вантажу, який доставлено V-дист (м3)

Об'єм вантажу, який необхідно доставити V-вст (м3)

Нормативно встановлений час t-вст (год)

Фактичний час перевезення t-факт (год)

Кількість техніки, яка прибула справною

Вагові коефіцієнти складових показника технічної ефективності перевезень (лямбди)
 λ21 λ22 λ23 λ24 λ25 λ26

Показники для технічної ефективності
 Планова відстань перевезень L-вст (км)

Фактична відстань перевезень L-факт (км)

Лямбди для комплексної ефективності
 λ1*
 λ2*
 λ3*

Обрахувати

Рис. 2. Інтерфейс введення даних

Результат

Коеф. еф. перевезень особого складу K11=1.000
 Коеф. еф. доставки вантажу K12=1.000
 Коеф. часової еф. перевезень K13=1.000
 Коеф. тех. готовності техніки засобів K14=0.500

Тактична ефективність T1=2.550

Коеф. готовності техніки K21=0.879
 Коеф. запасу ходу по моторесурсу K22=0.714
 Коеф. використання пробігу K23=1.200
 Коеф. використання пасажиромісткості K24=0.250
 Коеф. використання вантажопідйомності K25=1.000
 Коеф. використання об'ємності K26=0.800

Технічна ефективність T2=3.812

Планова вартість пального C*31=13776.000
 Планова вартість амортизаційного зносу C*32=3.901
 Фактична вартість пального C31=16531.200
 Фактична вартість амортизаційного зносу C32=4.748

Економічна ефективність T3=0.833

Комплексна ефективність E=5.207

Рис. 3. Поле виведення результатів

Висновки

У результаті проведеного дослідження запропоновано методику оцінки ефективності перевезень резервів. Перелік найбільш значущих показників перевезення резервів структуровано за тактичною (військовою), технічною та економічною складовими. Тактичний показник ефективності перевезень дозволяє оцінити ефективність доставки особового складу та вантажів, часу перевезення та технічного стану засобів перевезення. Технічний показник ефективності перевезень дає оцінку готовності техніки, запасу ходу по моторесурсу до чергового ремонту, використання пробігу та пасажиромісткості, вантажопідйомності та об'ємності техніки. Економічний показник ефективності перевезень оцінює витрати пального та амортизаційний знос техніки. Комплексний показник ефективності перевезень відповідно оцінює усі вищезазначені показники перевезень та надає можливість провести загальну оцінку ефективності перевезень колони техніки. Крім того, введення вагових коефіцієнтів дозволяє враховувати особливості окремих умов перевезення, бо надає можливість змінювати ступінь важливості як окремих показників перевезень так і комплексного показника ефективності перевезень.

Також у роботі описано програмно-алгоритмічне забезпечення запропонованого методу та продемонстровано його застосування на конкретному прикладі.

Перспективами подальших досліджень вбачається застосування запропонованого методу та його програмно-алгоритмічної реалізації до комплексного вирішення задач формування раціонального складу колони техніки та вибору доцільних маршрутів її руху у рамках задачі організації ефективних перевезень.

Література

1. Боровик О. В. Математична модель задачі формування складу транспортної колони прикордонної комендатури швидкого реагування та її програмно-алгоритмічна реалізація / Боровик О. В., Рачок Р. В., Боровик Л. В., Купельський В. В. // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2017. – Вип. № 55. – С. 17–30.
2. Боровик О. В. Методика вибору оптимального маршруту руху колони техніки по нестационарній мережі доріг / Боровик О. В., Рачок Р. В., Боровик Л. В., Купельський В. В. // Радіоелектроніка, інформатика, управління (РІУ). – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – Вип. № 4(51). – С. 111–120.
3. Боровик О. В. Методика оцінки ефективності військових перевезень колоною техніки / Боровик О. В., Купельський В. В. // Системи озброєння і військова техніка. – Харків : НУВПС, 2019. – Вип. № 3(59). – С. 25–35.
4. Галкін А. С. Щодо оцінки ефективності перевезень вантажів однотипними автотранспортними засобами / Галкін А. С. – 2013. – С.1–6.
5. Чорний М. В. Прогнозування ефективності маршу військового формування за надійністю зразків озброєння і військової техніки аналітичним моделюванням / Чорний М.В., Степанов С.С. – 2014. – С. 64–69.
6. Про затвердження Методики визначення залишкової вартості майна Збройних сил України та інших військових формувань : постанова Кабінету Міністрів України № 759 від 29.05.1998 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP980759.html

References

1. Borovyk O. V. Matematychna model zadachi formuvannya skladu transportnoi kolony prykordonnoi komendatury shvydkoho reahuvannya ta yii prohramno-alhorytmichna realizatsiia / Borovyk O. V., Rachok R. V., Borovyk L. V., Kupelskyi V. V. // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K. : VIKNU, 2017. – Vyp. № 55. – S. 17–30.
2. Borovyk O. V. Metodyka vyboru optymalnoho marshrutu rukhu kolony tekhniky po nestatsionarii merezhi dorih / Borovyk O. V., Rachok R. V., Borovyk L. V., Kupelskyi V. V. // Radioelektronika, informatyka, upravlinnia (RIU). – Zaporizhzhia : ZNTU, 2019. – Vyp. № 4(51). – S. 111–120.
3. Borovyk O. V. Metodyka otsinky efektyvnosti viiskovykh perevezen kolonoiu tekhniky / Borovyk O. V., Kupelskyi V. V. // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – Kharkiv : NUVPS, 2019. – Vyp. № 3(59). – S. 25–35.
4. Halkin A. S. Shchodo otsinky efektyvnosti perevezen vantazhiv odnotypnymy avtotransportnymy zasobamy / Halkin A. S. – 2013. – S.1–6.
5. Chornyi M. V. Prohnozuvannya efektyvnosti marshu viiskovoho formuvannya za nadiinistiu zrazkiv ozbroiennia i viiskovoi tekhniky analitychnym modeliuvanniam / Chornyi M.V., Stepanov S.S. – 2014. – S. 64–69.
6. Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia zalyshkovoї vartosti maina Zbroinykh syl Ukrainy ta inshykh viiskovykh formuvan : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 759 vid 29.05.1998 r. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP980759.html

Рецензія/Peer review : 14.1.2020 р.

Надрукована/Printed : 15.4.2020 р.
Стаття рецензована редакційною колегією