

Методичний підхід щодо оцінювання ефективності забезпечення процесів експлуатації та відновлення зразків озброєння та військової техніки ресурсами

Павло Опенько ^A; Микола Миронюк ^B; Владислав Кобзев ^C; Дмитро Фоменко ^D

Received: January 29, 2020 | Revised: February 26, 2020 | Accepted: February 29, 2020

DOI: 10.33445/sds.2020.10.1.15

Анотація

Результати досліджень, що опубліковано в статті будуть корисні для фахівців логістичного забезпечення, які займаються питаннями організації забезпечення ресурсами (матеріально-технічними засобами) процесів експлуатації та відновлення озброєння та військової техніки (ОВТ). В статті розглянуто існуючі підходи до питань логістичного (матеріально-технічного) забезпечення ведення операцій (бойових дій) та методичні підходи щодо оцінки ефективності її функціонування. Проаналізовано вплив факторів та проблемних питань на створення сучасної системи логістики Збройних Сил України. Запропоновано наукове обґрунтування визначення показників ефективності доставки ресурсів в системі логістичного забезпечення з метою покращення функціонування системи доставки ресурсів для подальшого врахування під час планування діяльності. За результатами проведеного аналізу визначено актуальність швидкого і правильного прийняття рішення при управлінні забезпеченням необхідними ресурсами. Встановлена залежність ефективності забезпечення ресурсами від типу ресурсів, інтенсивності заявок на їх використання та можливостей системи забезпечення щодо створення та поповнення запасів ресурсів. Проведено уточнення основних понять та типових структур системи доставки ресурсів для відпрацювання матеріалів дослідження.

На підставі проведеного аналізу встановлено, що оцінювання ефективності функціонування системи забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОВТ ресурсами потрібно здійснювати за результатами оцінювання ефективності забезпечення ресурсами кожного типу окремо і подальшого визначення показників ефективності системи в цілому з урахуванням відповідних сумарних витрат на забезпечення ресурсами, що дозволило запропонувати методичний підхід щодо оцінювання ефективності забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОВТ ресурсами, якій дозволяє враховувати реалізовану стратегію поповнення запасів ресурсів та раціональність обраної транспортної мережі в умовах як мирного часу, так і ведення бойових дій.

На основі запропонованого методичного підходу, визначені напрямки подальших досліджень щодо: визначення переліку вихідних даних для визначення характеристик маршрутів доставки ресурсів; визначення кількості характеристик, які оптимізуються; формування методичного підходу щодо визначення раціональної транспортної мережі в системі логістичного забезпечення.

^A Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Україна, к.т.н., начальник науково-дослідного відділу інституту авіації та протиповітряної оборони, e-mail: pavel.openko@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7777-5101

^B Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Україна, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу інституту авіації та протиповітряної оборони, e-mail: usrex83@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7164-2700

^C Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру, e-mail: vladiskob@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0954-8887

^D Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, к.т.н., старший науковий співробітник науково-дослідного відділу наукового центру, e-mail: ndv_rabota@i.ua, ORCID: 0000-0002-3620-4297

Ключові слова: логістичне забезпечення, зразки озброєння та військової техніки, експлуатація, відновлення, ресурси.

Постановка проблеми

Сучасні погляди на форми і способи ведення бойових дій, триваючий процес реформування Збройних Сил (ЗС) України та видів забезпечення дій військ (сил) вимагають приділяти значну увагу ролі і місцю системи логістичного забезпечення (ЛЗ) військ в сучасних умовах ведення збройної боротьби, особливо в питаннях своєчасного реагування на швидкоплинний

стан бойової обстановки. Постійна готовність озброєння та військової техніки до використання за призначенням, ефективність її застосування досягається своєчасною і повною організацією відповідного всебічного забезпечення військових частин (підрозділів) військ, які залучаються до виконання завдань, які виконуються у відповідності до [1–4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідженню питань організації логістичного (матеріально-технічного) забезпечення ведення операцій (бойових дій) Збройних Сил (ЗС) України постійно приділяється значна увага. Так, в публікаціях [2–4] наведені підходи щодо створення сучасної державної системи логістики ЗС України та визначені методичні підходи щодо оцінки ефективності системи логістичного (матеріально-технічного) забезпечення ЗС України.

Питанням дослідження методів, що дозволяють врахувати оцінку впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконання службово-бойових завдань, факторів впливу на формування раціональної структури системи матеріального забезпечення та здійснювати аналіз стійкості структури складних організаційно-технічних систем присвячені [5–7; 13]. На підставі аналізу факторів, які впливають на створення сучасної системи логістики ЗС України та вивчення її проблемних питань наведені основні функціональні складові логістичної діяльності, які обумовлені умовами, факторами та системою логістичної діяльності щодо забезпечення військ (сил) при виконанні ними завдань за

призначенням та визначені основні напрями розвитку даної системи [8–14]. Отже, розвиток теоретичного опрацювання даних питань базується на пошуку шляхів вирішення невідповідності між бажаним і фактичним станом ЛЗ, які розглянуто у наведених публікаціях.

Крім того, результати дослідження подібних систем свідчать, що основна увага приділялась дослідженню питань забезпечення ресурсами (матеріальними засобами) експлуатації та відновлення ОВТ в одній, окремо взятій службі ЛЗ, в якості показників були вибрані ймовірність задоволення потреб споживачів у матеріальних засобах, ймовірність своєчасного освоєння ремонтного фонду (під час ремонту) за окремим видом ремонту, коефіцієнт нанесення збитків противнику. Але такий показник, як ймовірність задоволення потреб споживачів у матеріальних засобах може бути застосований тільки як частковий, а інші показники взагалі не можуть бути застосовані для оцінки ефективності функціонування системи забезпечення ресурсами процесів експлуатації та відновлення ОВТ як в мирний час, так і в ході бойових дій.

Постановка завдання

Вплив внутрішніх та зовнішніх факторів потребує постійної відповідності системи забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОБТ угруповань військ (сил) відповідними ресурсами умовам, що склалися. Саме тому виникає необхідність наукового обґрунтування визначення показників ефективності доставки ресурсів в системи ЛЗ з метою покращення ефективності функціонування системи доставки для подальшого використання в ході проведення оперативних та оперативно-тактичних розрахунків в визначений період часу.

Під системою забезпечення ресурсами (матеріальними засобами) будемо розуміти сукупність матеріальних, транспортних, інформаційних та інших компонентів, персоналу для функціонування даної системи із заданою ефективністю. Основним завданням системи забезпечення ресурсами є своєчасне поповнення запасів ресурсів та доставка їх споживачам. При цьому у зв'язку зі

значним просторовим рознесенням споживачів ресурсів, основу яких складають складні технічні засоби, від баз зберігання і ремонту стає актуальною задача швидкого і правильного прийняття рішення при управлінні забезпеченням необхідними ресурсами.

Отже, наукове завдання полягає в подальшому розвитку методичного апарату оцінювання ефективності функціонування системи забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОБТ ресурсами.

Метою статті є формування методичного підходу щодо оцінювання ефективності забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОБТ ресурсами, якій дозволить враховувати реалізовану стратегію поповнення запасів ресурсів та раціональність обраної транспортної мережі в умовах як мирного часу, так і ведення бойових дій.

Виклад основного матеріалу

Ефективне виконання завдань системою забезпечення ресурсами процесів експлуатації та відновлення ОБТ як у мирний час, так в ході ведення бойових дій вважається однією з найбільш важливих функцій логістичного забезпечення.

Ефективність забезпечення ресурсами значною мірою залежить від типу ресурсів, інтенсивності заявок на їх використання, а також від можливостей системи забезпечення з утворення та поповнення запасів ресурсів. Для покращення викладення проведемо уточнення основних понять, які будуть використовуватися в подальшому.

В методичному підході запропоновано використання наступних термінів:

– відмова системи забезпечення – подія, яка полягає в тому, що заявка на ресурс будь-якого з доступних типів, яка надійшла, не задовольняється через те, що на момент надходження заявки ресурс цього типу

відсутній (запас вичерпався раніше і ще не відновлений);

– інтенсивність заявок на ресурс – середня кількість заявок на ресурс даного типу, які надходять за одиницю часу;

– запас ресурсу – сукупність одиниць ресурсу одного типу (тіпономінала, типорозміру), яка характеризується початковим рівнем, сумарними витратами, стратегією поповнення і показником ефективності забезпечення;

– стратегія поповнення запасу – сукупність правил, на підставі яких поповнюється (відновлюється) запас ресурсів. Правила регламентують момент видачі заявки (вимоги) на поповнення, тривалість, джерело і порядок її реалізації;

– середній час екстреної доставки ресурсу – середній час від моменту відмови системи забезпечення по ресурсу даного типу до моменту позапланового (екстреного) відновлення запасу з джерела поповнення

(при стратегії, яка передбачає екстрені доставки);

– середній час доставки ресурсів $T_{\text{дост}}$ – середній час від моменту витрати одиниці ресурсу до моменту відновлення запасу з джерела поповнення (при стратегії, яка передбачає поповнення запасу після витрати кожної одиниці ресурсу), величина $T_{\text{дост}}$ розраховується за формулою:

$$T_{\text{дост}} = T_3 + T_{\phi} + T_{\text{тр.}\Sigma}, \quad (1)$$

де T_3 – час збору інформації про наявність ресурсу у споживачів;

T_{ϕ} – час формування схеми транспортування ресурсу;

$T_{\text{тр.}\Sigma}$ – сумарний час транспортування ресурсу.

– сумарний час транспортування ресурсу $T_{\text{тр.}\Sigma}$ – алгебраїчна сума часових інтервалів транспортування даного типу ресурсу через всі вузли та ділянки маршруту, величина $T_{\text{тр.}\Sigma}$ визначається за співвідношенням:

$$T_{\text{тр.}\Sigma} = \sum_{i_b=1}^{N_b} t_{\text{тр.}i_b} + \sum_{i_d=1}^{N_d} t_{\text{тр.}i_d}, \quad (2)$$

де $t_{\text{тр.}i_b}$ – час виконання операцій в i_b – му вузлі даного маршруту транспортної мережі при транспортуванні ресурсу;

$t_{\text{тр.}i_d}$ – час транспортування ресурсу i_d – тою ділянкою даного маршруту транспортної мережі;

N_b, N_d – кількість вузлів та ділянок відповідно на даному маршруті транспортної мережі.

– показник ефективності забезпечення ресурсом – кількісна характеристика, яка визначає вплив рівня запасу ресурсу та порядку його поповнення на якість обслуговування заявок щодо використання цього ресурсу;

– показник ефективності системи забезпечення ресурсами – кількісна характеристика, яка визначає вплив рівня запасів всіх типів ресурсів в системі забезпечення та порядку їхнього поповнення на рівень обслуговування заявок щодо використання цих ресурсів;

– середній час затримки в задоволенні заявки в системі забезпечення $\Delta t_{\text{сз}}$ –

стаціонарне значення відношення математичного сподівання суми інтервалів часу затримок в задоволенні заявок на ресурс, викликаних відмовами системи забезпечення по ресурсу даного (будь-якого) типу за деякий період часу, до математичного сподівання загальної кількості заявок на ресурс цього (будь-якого) типу, що надійшли за той же період, величина $\Delta t_{\text{сз}}$ розраховується за формулою:

$$\Delta t_{\text{сз}} = \frac{(\sum_{i=1}^N \Lambda_i \Delta t_i)}{(\sum_{i=1}^N \Lambda_i)}, \quad (3)$$

де Λ_i – інтенсивність заявок на i -ий тип ресурсу в системі забезпечення;

Δt_i – середній час затримки в задоволенні заявок на i -ий тип ресурсу в системі забезпечення;

N – кількість типів ресурсів в системі забезпечення.

– коефіцієнт ефективності забезпечення ресурсом – ймовірність того, що в довільний момент часу при прийнятій стратегії поповнення запасу ресурсу даного типу відмова системи забезпечення по ньому не станеться;

– коефіцієнт ефективності забезпечення $K_{\text{е3}}$ ресурсами – ймовірність того, що в довільний момент часу при прийнятих стратегіях поповнення запасів ресурсів всіх типів відмова системи забезпечення не відбудеться, коефіцієнт ефективності забезпечення $K_{\text{е3}}$ розраховується за формулою:

$$K_{\text{е3}} = \prod_{i=1}^N K_{\text{е3},i}, \quad (4)$$

де $K_{\text{е3},i}$ – коефіцієнт ефективності забезпечення i -го типу ресурсу в системі забезпечення.

Для показників ефективності в системі забезпечення справедливе співвідношення:

$$K_{\text{е3}} = \exp\{-\Delta t_{\text{сз}} \sum_{i=1}^N \Lambda_i\}. \quad (5)$$

Крім того, додатковим економічним показником, який використовується при оцінюванні ефективності забезпечення ресурсами, є сумарні витрати на ресурси.

Сумарні витрати на ресурси – алгебраїчна сума добутоків кількості ресурсів конкретного

типу до витрат на одну одиницю даного типу ресурсу. Сумарні витрати на ресурси всіх типів в системі забезпечення визначаються за співвідношенням:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N L_i c_i, \quad (6)$$

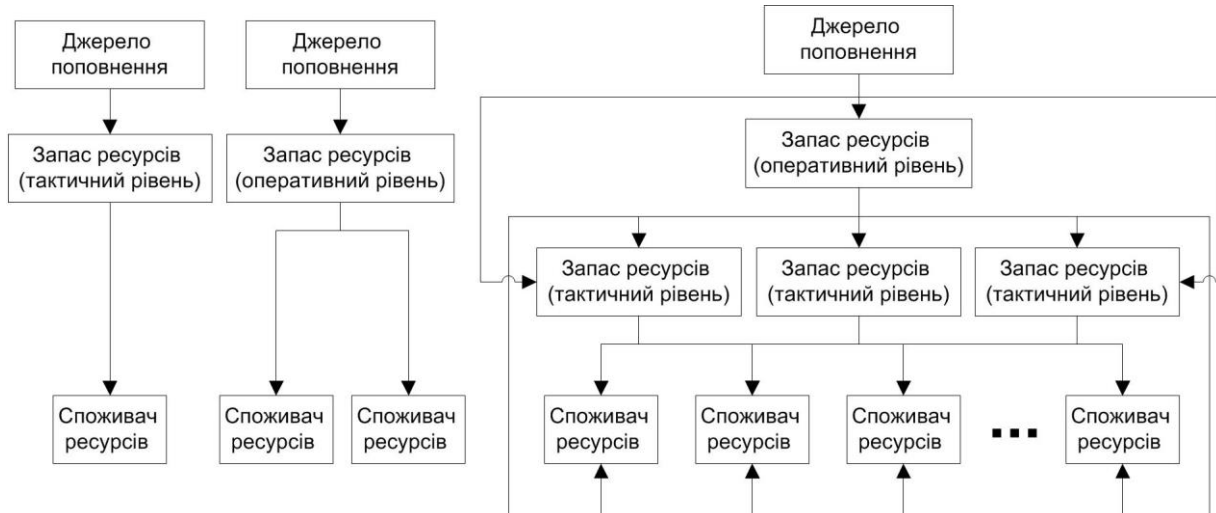
де c_i – витрати (вартість, об'єм, маса тощо) на одну одиницю i -го типу ресурсу в системі забезпечення;

L_i – рівень запасу i -го типу ресурсу в системі забезпечення.

Сумарні витрати на ресурси можуть вимірюватися в одиницях вартості, обсягу, ваги, тощо. В межах одного конкретного розрахунку (оцінки ефективності) витрати на ресурси всіх типів повинні задаватися в однакових одиницях. При необхідності в розрахунках сумарних витрат на ресурси можуть враховуватися додаткові грошові витрати на транспортування (доставку) ресурсів в системі забезпечення з різних джерел поповнення.

Сумарні витрати на транспортування ресурсу $C_{\text{тр.}\Sigma}$ – алгебраїчна сума витрат на транспортування даного типу ресурсу через всі вузли та ділянки маршруту. Величина $C_{\text{тр.}\Sigma}$ визначається за співвідношенням:

$$C_{\text{тр.}\Sigma} = \sum_{i_e=1}^{N_e} C_{\text{тр.}i_e} + \sum_{m_d=1}^{N_d} C_{\text{тр.}i_d}, \quad (7)$$



Мал. 1 – Типові структури систем доставки ресурсів

Під коригуванням запасу ресурсу задовольнятиме вимогам до показника розуміють визначення його рівня, який ефективно забезпечення (пряма задача)

де $C_{\text{тр.}i_e}$ – витрати на виконання операцій в i_e -му вузлі даного маршруту транспортної мережі при транспортуванні ресурсу;

$C_{\text{тр.}i_d}$ – витрати на транспортування ресурсу i_d -ою ділянкою даного маршруту транспортної мережі.

Сумарні витрати на транспортування ресурсу необхідно нормувати, тобто визначати в розрахунку на одну доставку ресурсу i -го типу і включати у вартість одиниці ресурсу відповідного типу.

В методичному підході будемо розглядати типові структури систем доставки ресурсів, які включають джерело поповнення, запас ресурсів оперативного рівня, запас ресурсів тактичного рівня, споживачі ресурсів. Графічне зображення цих типових структур наведено на мал. 1.

При цьому будемо передбачати, що:

– поповнення запасів ресурсів здійснюється з баз постачання, які вважаються джерелами поповнення, що задовольняють усі заявки на ресурси без затримок;

– у дворівневій структурі запаси ресурсів нижчого рівня безперервно поповнюються за рахунок запасів ресурсів вищого рівня.

або обмеженням на сумарні витрати на забезпечення ресурсами (зворотна задача) при заданій стратегії поповнення.

Для визначення ефективності функціонування системи забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОБТ ресурсами необхідно оцінювати ефективність забезпечення ресурсами кожного типу окремо та визначати на їх основі показники ефективності системи в цілому та відповідні сумарні витрати на забезпечення ресурсами.

Забезпечення ресурсами вважається організованим якісно, якщо розраховане значення відповідного показника ефективності забезпечення відповідає вимогам, а сумарні витрати на забезпечення ресурсами є мінімально можливими.

Послідовність заходів, які виконуються при організації забезпечення ресурсами, наведена у вигляді блок-схеми на мал. 2.

На початковому етапі в блоці 1 запаси ресурсів та маршрути транспортування ресурсів встановлюються згідно умови мінімуму сумарних витрат на забезпечення.

По завершенні вищезазначених розрахунків по всіх типах ресурсів в системі забезпечення розраховуються величини показників ефективності системи забезпечення.

В методичному підході для проведення заходів з організації забезпечення ресурсами будемо використовувати наступні вихідні дані (блок 1):

- вид показника ефективності забезпечення ($\Delta t_{\text{сз}}$ або $K_{\text{сз}}$);
- найменування ресурсів, загальна кількість їх типів (розмір номенклатури) в системі забезпечення;
- параметри ресурсів кожного типу (інтенсивність заявок на ресурс, тип і величина витрат на одиницю ресурсу, тип і параметри стратегії поповнення, рівень запасу ресурсу);
- тип структури системи забезпечення;
- початковий та кінцевий вузли для кожного типу ресурсів;
- типи та характеристики транспортних

засобів, використовуваних при транспортуванні ресурсів;

- характеристики ділянок шляхів транспортної мережі (тип рельєфу місцевості, наявність і розміри населених пунктів, наявність і довжина мостів через водяні перепони, наявність і характеристики паромних переправ, наявність і довжина тунелів, наявність і час очікування на залізничних переїздах, пора року, стану погоди, інтенсивність руху автотранспорту).

Наступним кроком в блоці 2 для кожного типу ресурсу на основі вихідних даних розраховуються:

- сумарний час транспортування ресурсу даного (i -го) типу j -им маршрутом;
- сумарні витрати на транспортування ресурсу даного (i -го) типу j -им маршрутом;
- середня кількість заявок A_{ij} на ресурс даного (i -го) типу, яка поступає до системи забезпечення за період поповнення (час доставки) j -им маршрутом);
- проміжний розрахунковий показник $R_{ij}(A_{ij}, L_i, j)$, L_i – рівень запасу ресурсу даного (i -го) типу, j – номер маршруту транспортування ресурсів;
- середній час затримки в задоволенні заявок на ресурс даного (i -го) типу;
- витрати c_{ij} на одну одиницю ресурсу даного (i -го) типу з урахуванням її транспортування j -им маршрутом.

Розрахунок вищезазначених величин та їх складових здійснюється наступним чином.

Середня кількість заявок на ресурс i -го типу A_{ij} , яка поступає до системи забезпечення за період поповнення (час доставки) j -им маршрутом, розраховується відповідно:

$$A_{ij} = \lambda_i T_{n,i}, \text{ при стратегіях } a_i = \overline{1,2}; A_{ij} = \lambda_i T_{n,i} \quad (8)$$

$$A_{ij} = \lambda_i T_{d,ij}, \text{ при стратегіях } a_i = \overline{3,4}; \quad (9)$$

Для кожного типу ресурсу розраховується проміжний розрахунковий показник $R_{ij}(A_{ij}, L_i, j)$ за наступними співвідношеннями:



Мал. 2 – Блок-схема виконання заходів при організації забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОБТ ресурсами

а) при періодичному поповненні ($a_j=1$):

$$R_{ij}(A_{ij}, L_i, j) = -\ln K_{\text{ез.і}}(A_i, L_i), \quad (10)$$

$$K_{\text{ез.і}}(A_{ij}, L_i) = 1 - P_{\Pi}(A_{ij}, L_i) + \frac{L_i+1}{A_{ij}} P_{\Pi}(A_{ij}, L_i + 1), \quad (11)$$

$$P_{\Pi}(A_{ij}, L_i) = 1 - \sum_{k=0}^{L_i-1} \frac{(A_{ij})^k}{k!} e^{-A_{ij}}; \quad (12)$$

б) при періодичному поповненні з екстремими доставками ($a_j=2$):

$$R_{ij}(A_{ij}, L_i, j) = -\ln \left\{ 1 - \frac{T_{\text{ед.іj}}}{T_{\Pi.і}} P_{\Pi.ед}(A_{ij}, L_i) \right\}, \quad (13)$$

$$P_{\Pi.ед}(A_{ij}, L_i) = \sum_{n=0}^{\infty} P_{\Pi}(A_{ij}, n(L_i + 1)) = \sum_{n=0}^{\infty} n \sum_{k=n(L_i+1)}^{n(L_i+1)+L_i} \frac{(A_{ij})^k}{k!} e^{-A_{ij}}; \quad (14)$$

в) при безперервному поповненні ($a_j=3$):

$$R_{ij}(A_{ij}, L_i, j) = -\ln \left\{ 1 - \frac{(A_{ij})^{L_i+1}}{(L_i+1)! \sum_{k=0}^{L_i+1} \frac{(A_{ij})^k}{k!}} \right\}; \quad (15)$$

г) при поповненні за рівнем незнижуваного запасу m_i ($a_i=4$):

$$R_{ij}(A_{ij}, L_i, j) = -\ln \left\{ 1 - \frac{(A_{ij})^{m_i+2}}{(A_{ij})^{m_i+2} + (A_{ij+1})^{m_i+1} (L_i - m_i)} \right\}, \text{ при } L_i \geq 2m_i + 2, \quad (16)$$

$$R_{ij}(A_{ij}, L_i, j) = -\ln \left\{ 1 - \frac{(A_{ij})^{m_i+2}}{(A_{ij+1})^{m_i+1} (L_i - m_i + A_{ij})} \right\}, \text{ при } L_i = 2m_i + 1. \quad (17)$$

Середній час затримки в задоволенні заявок на ресурс i -го типу при поповненні (доставки) j -им маршрутом, визначається за формулою

$$\Delta t_{сз.ij} = \frac{R_{ij}(A_{ij}, L_i, j)}{\Lambda_i}. \quad (18)$$

Показниками ефективності у дворівневій структурі системи доставки є показники ефективності, які характеризують тактичний ("нижній") рівень системи. Проте величини цих показників повинні бути розраховані з урахуванням обмеженості вищого рівню системи доставки. Урахування обмеженості запасу ресурсів оперативного ("верхнього") рівня здійснюється шляхом збільшення параметрів стратегій поповнення запасів ресурсів тактичного ("нижнього") рівня, попередньо обраних в припущенні, що запаси ресурсів вищого рівня не обмежені, тобто:

$$T_{д.і.нр} = T_{д.і.нр.∞} + \Delta t_{сд.і.вр}, \quad T_{ед.і.нр} = T_{ед.і.нр.∞} + \Delta t_{сд.і.вр}, \quad (19)$$

де $T_{д.і.нр}$ – час доставки ресурсу i -го типу з запасу нижнього рівня з урахуванням обмеженості запасів верхнього рівня;

$T_{д.і.нр.∞}$ – час доставки ресурсу i -го типу з запасу нижнього рівня без урахування обмеженості запасів верхнього рівня;

$T_{ед.і.нр}$ – час екстреної доставки ресурсу i -го типу з запасу нижнього рівня з урахуванням обмеженості запасів верхнього рівня;

$T_{ед.і.нр.∞}$ – час екстреної доставки ресурсу i -го типу без урахування

обмеженості запасів верхнього рівня;

$\Delta t_{сд.і.вр}$ – середній час затримки в задоволенні заявок на ресурс i -го типу запасом верхнього рівня.

Якщо зафіксувати сукупність маршрутів транспортування ресурсів та позначити їх, як $\{r_i\}$, то для утвореної транспортної мережі величини показників ефективності системи забезпечення розраховуються за формулами

$$K_{ез} = \exp\{-\sum_{i=1}^N R_i(A_i, L_i, r_i)\}, \quad (20)$$

$$\Delta t_{сз} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i(A_i, L_i, r_i)}{\sum_{i=1}^N \Lambda_i}. \quad (21)$$

В блоці 3 розрахована величина показника ефективності забезпечення перевіряється на відповідність вимогам. У разі невідповідності вимогам величини запасів ресурсів та маршрутів транспортування цих ресурсів в блоці 4 коригуються для визначення їхніх оптимальних величин. Це коригування здійснюється з використанням методу найшвидшого покоординатного спуску, який реалізується у вигляді алгоритму "покрокової" оптимізації, при якій на кожному наступному "кроці" розрахунку міняються тільки ті характеристики, зміна яких на цьому "кроці" дає найбільший приріст ефективності забезпечення в розрахунку на одиницю витрат.

Для цього стосовно кожного типу ресурсу розраховуються:

– величина проміжного розрахункового показника $R_{ij}(A_{ij}, L_i, j)$ та витрат c_{ij} на одиницю ресурсу для поточної кількості ресурсу даного (i -го) типу при транспортуванні r_i -им маршрутом ($j = r_i$);

– величина проміжного розрахункового показника $R_{ij}(A_{ij}, L_i + 1, j)$ та витрат c_{ij} на одиницю ресурсу для збільшеної на одиницю кількості ресурсу даного (i -го) типу при транспортуванні r_i -им маршрутом ($j = r_i$);

– величини проміжного розрахункового показника $R_{ij}(A_{ij}, L_i, j)$ та витрат c_{ij} на одиницю ресурсу для поточної кількості ресурсу даного (i -го) типу при

транспортуванні всіма іншими j -ими маршрутами ($j \neq r_i$).

Тобто, для поточного маршруту транспортування розрахунковий показник та витрати визначаються відносно збільшеного запасу ресурсу, а для інших маршрутів – відносно поточного запасу ресурсу.

В блоці 5 визначається величина приросту ефективності забезпечення ресурсу Δ_{ij} для кожного типу ресурсу на j -ому маршруті з розрахунку на одиницю витрат. Співвідношення для розрахунку має вигляд

$$\Delta_{ij} = \frac{R_{ir_i}(A_{ir_i, L_i, r_i}) - R_{ij}(A_{ij, L_i+1, j})}{c_{ij}}, \text{ якщо } j = r_i; \quad (22)$$

$$\Delta_{ij} = \frac{R_{ir_i}(A_{ir_i, L_i, r_i}) - R_{ij}(A_{ij, L_i, j})}{c_{ij}}, \text{ якщо } j \neq r_i. \quad (23)$$

В блоці 6 здійснюється перевірка приросту ефективності на поточному маршруті на максимальне значення. При цьому на кожній k -ій ітерації алгоритму виконується одна з дій:

– збільшується запас ресурсу i -го типу, якщо величина приросту ефективності забезпечення цим ресурсом найбільша на поточному маршруті транспортування (блок 7);

– змінюється маршрут транспортування ресурсу, якщо величина приросту ефективності

забезпечення цим ресурсом найбільша при поточному рівні його запасів (блок 8).

Таким чином, одночасно здійснюється пошук оптимального рішення по всій номенклатурі типів ресурсів як за рівнем запасів ресурсів, так і за маршрутами їх транспортування. В результаті нове значення запасу ресурсу збільшується $L_i(k) = L_i(k-1) + 1$ або номер маршруту транспортування ресурсу змінюється на j -ий ($r_i = j$).

З урахуванням нових результатів в блоці 9 розраховуються значення показників ефективності забезпечення та в блоці 3 порівнюються з граничними величинами.

У разі їх відповідності отримується результат про якісну організацію забезпечення ресурсами, а саме – зафіксована сукупність $\{L_i\}$ є оптимальним за витратами запасом ресурсів, а сукупність $\{r_i\}$ утворює раціональну транспортну мережу.

В протилежному випадку для нового значення $L_i(k)$ або нового номеру маршруту транспортування r_i розраховуються $R_{ir_i}(A_{ir_i, L_i, r_i})$, $R_{ij}(A_{ij, L_i, j})$, $R_{ij}(A_{ij, L_i+1, j})$, c_{ij} , $\Delta_{ij}(k)$. Процес пошуку рішення продовжується шляхом виконання розрахунків в блоці 4 на новій ітерації.

Висновки

Таким чином, в статті запропоновано методичний підхід щодо оцінювання ефективності забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОВТ ресурсами, якій дозволяє враховувати реалізовану стратегію поповнення запасів ресурсів та раціональність обраної транспортної мережі в умовах як мирного часу, так і ведення бойових дій.

Застосування розробленого методичного підходу щодо оцінювання ефективності забезпечення процесів експлуатації та відновлення ОВТ ресурсами дозволить покращити ефективність системи логістичного забезпечення шляхом обґрунтування раціональних рішень щодо створення запасів ресурсів та транспортної мережі їх доставки.

Наведений підхід доцільно використовувати органами логістичного забезпечення всіх рівнів при проведенні відповідних оперативних та оперативно-тактичних розрахунків в ході планування заходів логістичного забезпечення.

На основі запропонованого методичного підходу, напрямком подальших досліджень можуть розглядатися наступні:

– визначення переліку вихідних даних для визначення характеристик маршрутів доставки ресурсів (найменування або шифри ресурсів, загальна кількість їх типів (розмір номенклатури) в системі доставки; початковий та кінцевий вузли для кожного типу ресурсів; тип витрат на ресурс і одиниця їх виміру; типи та характеристики транспортних

засобів, використовуваних при транспортуванні ресурсів; характеристики ділянок шляхів транспортної мережі);

– визначення кількості характеристик, які оптимізуються (наприклад: час доставки ресурсів; витрати на доставку ресурсів; час

доставки ресурсів при обмеженнях витрат на доставку; витрати на доставку ресурсів при обмеженнях на час доставки);

– формування методичного підходу щодо визначення раціональної транспортної мережі в системі логістичного забезпечення.

Список використаних джерел

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 грудня 2016 року про Державну програму розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року: Указ Президента України від 22.03.2017 № 73/2017 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0017525-16>.
2. Про затвердження Порядку логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканності: Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2018 № 1208 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1208-2018-p>.
3. Про затвердження Основних положень логістичного забезпечення Збройних Сил України: Наказ Міністра оборони України від 11.10.2016 № 522 / [Копія]. Київ : МО України.
4. Інструкція з проведення експерименту зі створення та функціонування системи логістичного забезпечення Збройних Сил України: Наказ начальника Генерального штабу – Головнокомандувача Збройних Сил України від 26.03.2018 № 131.
5. Городнов В. П., Власюк В. В., Овчаренко В. В. Модель і методика оцінки впливу елементів матеріального забезпечення на показник втрати спроможності виконання службово-бойових завдань підрозділами Національної гвардії України в особливий період. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2016. № 3(48). С. 172–181.
6. Гурін О.М. Методика формування раціональної структури системи матеріального забезпечення повітряного командування Повітряних Сил Збройних Сил України у повітряній операції. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. №2(51). С. 35–39.
7. Voinov V. V., Kachurovskiy H. M., Shevchenko A. F., Hurin O. M. (2018) Creating a database of existing weapon system. *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*. № 3(57). PP. 38–42. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.57.06>.
8. Кивлюк В. С., Клонцак М. Я. Вироблення єдиних поглядів щодо створення сучасної державної системи логістики ЗС України. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка*. 2016. № 51. С. 100–110.
9. Tyurin V., Mirnenko V., Salii A., Open'ko P., Avramenko O. (2019) Reviews on the development of the theory of logistic support of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. *VUZF REVIEW*. № 4(4). PP. 58-67. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3595920>.
10. Романченко І. С., Хазанович О. І., Трегубенко С. С. Моделювання систем матеріально-технічного забезпечення: монографія. Львів: Національна академія Сухопутних військ ЗС України, 2015. 156 с.
11. Ролін І. Ф., Морозов І. Є., Минько О. В. Зміст основних термінів у сфері логістичного забезпечення військових формувань. *Системи озброєння і військова техніка*. 2017. Вип. 1 (49). С. 61–64.
12. Шуєнкін В. О., Закусило П.С., Хазанович О.І. Теоретичні основи матеріально-технічного забезпечення військ (сил). Київ: ЦНДІ ЗС України, 2010. 723 с.
13. Смірнов Є. Б., Ткаченко В. І. Основні поняття методології дослідження систем

управління і визначення структур військової організації. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2012. № 2(8). С. 20-28.

14. Смірнов Є.Б., Ткаченко В.І., Рубан І.В.,

Малюга В.Г., Тристан А.В. Теоретичні основи формування та деградації складних організаційно-технічних систем: монографія. Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 162 с.

Методический подход к оцениванию эффективности обеспечения процессов эксплуатации и восстановления образцов вооружения и военной техники ресурсами

Павел Опенько ^А; Николай Миронюк ^В; Владислав Кобзев ^С; Дмитрий Фоменко ^Д

^АНациональный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского,
e-mail: pavel.openko@ukr.net, к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела
института авиации и противовоздушной обороны

^ВНациональный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского,
e-mail: usrex83@gmail.com, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела
института авиации и противовоздушной обороны

^СХарьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба,
e-mail: vladiskob@ukr.net, к.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник
научно-исследовательского отдела

^ДХарьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба,
e-mail: ndv_rabota@i.ua, к.т.н., старший научный сотрудник
научно-исследовательского отдела

Аннотация

Результаты исследований, опубликовано в статье будут полезны для специалистов логистического обеспечения, которые занимаются вопросами организации обеспечения ресурсами (материально-техническими средствами) процессов эксплуатации и восстановления вооружения и военной техники (ВВТ). В статье рассмотрены существующие подходы к вопросам логистического (материально-технического) обеспечения ведения операций (боевых действий) и методические подходы к оценке эффективности ее функционирования. Проанализировано влияние факторов и проблемных вопросов на создание современной системы логистики Вооруженных Сил Украины. Предложено научное обоснование определения показателей эффективности доставки ресурсов в системе логистического обеспечения с целью улучшения функционирования системы доставки ресурсов для дальнейшего учета при планировании деятельности. По результатам проведенного анализа определены актуальность быстрого и правильного принятия решения при управлении обеспечением необходимыми ресурсами. Установлена зависимость эффективности обеспечения ресурсами от типа ресурсов, интенсивности заявок на их использование и возможностей системы обеспечения по созданию и пополнению запасов ресурсов. Проведено уточнение основных понятий и типовых структур системы доставки ресурсов для обработки материалов исследования.

На основании проведенного анализа установлено, что оценка эффективности функционирования системы обеспечения процессов эксплуатации и восстановления ВВТ ресурсами нужно осуществлять по результатам оценки эффективности обеспечения ресурсами каждого типа отдельно и последующего определения показателей эффективности системы в целом с учетом соответствующих суммарных расходов на обеспечение ресурсами, что позволило предложить методический подход к оценке эффективности обеспечения процессов эксплуатации и восстановления ВВТ ресурсами, которой позволяет учитывать реализованную стратегию пополнения запасов ресурсов и рациональность выбранной транспортной сети в условиях как мирного времени, так и ведения боевых действий.

На основе предложенного методического подхода, определены направления дальнейших исследований: определение перечня исходных данных для определения характеристик маршрутов доставки ресурсов; определение количества характеристик, которые оптимизируются; формирование методического подхода к определению рациональной транспортной сети в системе логистического обеспечения.

Ключевые слова: логистическое обеспечение, образцы вооружения и военной техники, эксплуатация, восстановление, ресурсы.

Method for evaluate the effectiveness of providing the exploitation and renewal of armament and military equipment resources

Pavlo Open'ko^A, Mykola Myroniuk^B, Vladislav Kobzev^C, Dmytro Fomenko^D

^AThe National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi,
e-mail: pavel.openko@ukr.net, Ph.D.,

Head of the Scientific-research Department of the Aviation and Air Defence Institute

^BThe National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi,
e-mail: ycpex83@gmail.com, Senior Researcher of the Scientific-research

Department of the Aviation and Air Defence Institute

^CIvan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, e-mail: vladiskob@ukr.net, Ph.D.,
Senior Researcher, Senior Researcher of the Scientific-research Department

^DIvan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, e-mail: ndv_rabota@i.ua,
Ph.D., Senior Researcher of the Scientific-research Department

Abstract

The results of the research published in the article will be useful for logistics specialists who are engaged in the organization of the provision of resources (material and technical means) for the processes of operation and renewal of armament and military equipment (AME). The article discusses existing approaches to logistic support of operations (combat actions) and methodological approaches to assess the effectiveness of its operation. The influence of factors and problematic issues on the creation of a modern logistics system of the Armed Forces of Ukraine is analyzed. The scientific substantiation of determination of indicators of efficiency of delivery of resources in the system of logistic support is offered with the purpose of improvement of functioning of the system of delivery of resources for further consideration during planning of activity. According to the results of the analysis, the urgency of making a quick and correct decision in managing the provision of necessary resources was determined. The dependence of resource efficiency on the type of resources, the intensity of applications for their use, and the capabilities of the system to create and replenish resources have been established. The basic concepts and typical structures of the resource delivery system for working out of the research materials are clarified.

Based on the analysis, it was found that the evaluation of the efficiency of the system of maintenance of the processes of operation and restoration of AME resources should be carried out by the results of the evaluation of the efficiency of providing the resources of each type individually and further determination of the system performance indicators as a whole, taking into account the corresponding total costs for providing the resources, which allowed to offer methodological an approach to assessing the effectiveness of operating processes and the renewal of AME resources themselves, which allows to take into account the implemented strategy of replenishment of resources and rationality of the selected transport network in the conditions of both peacetime and fighting.

On the basis of the proposed methodological approach, the directions of further researches were determined concerning: determination of the list of initial data for determining the characteristics of the routes of resource delivery; determining the number of characteristics

that are being optimized; forming a methodological approach for determining a rational transport network in the logistics system.

Keywords: logistical support, samples of armament and military equipment, operation, reconstruction, resources.

References

1. Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 29 hrudnia 2016 roku pro Derzhavnu prohramu rozvytku Zbroinykh Syl Ukrainy na period do 2020 roku: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 22.03.2017 № 73/2017 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0017525-16>.
2. Pro zatverdzhennia Poriadku lohistrychnoho zabezpechennia syl oborony pid chas vykonannia zavdan z oborony derzhavy, zakhystu yii suverenitetu, terytorialnoi tsilisnosti ta nedotorkannosti: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27.12.2018 № 1208 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1208-2018-p>.
3. Pro zatverdzhennia Osnovnykh polozhen lohistrychnoho zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy: Nakaz Ministra oborony Ukrainy vid 11.10.2016 № 522. Kyiv : MO Ukrainy.
4. Instruktsiia z provedennia eksperymentu zi stvorennia ta funktsionuvannia systemy lohistrychnoho zabezpechennia Zbroinykh Syl Ukrainy: Nakaz nachalnyka Heneralnogo shtabu – Holovnokomanduvacha Zbroinykh Syl Ukrainy vid 26.03.2018 № 131.
5. Horodnov V.P., Vlasiuk V.V., Ovcharenko V.V. (2016) Model i metodyka otsinky vplyvu elementiv materialnogo zabezpechennia na pokaznyk vtraty spromozhnosti vykonannia sluzhbovo-boiovykh zavdan pidrozdilamy Natsionalnoi hvardii Ukrainy v osoblyvyi period. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl*. № 3(48). SS. 172-181.
6. Hurin O. M. (2017) Metodyka formuvannia ratsionalnoi struktury systemy materialnogo zabezpechennia povitrianooho komanduvannia Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy u povitriani operatsii. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnogo universytetu Povitrianykh Syl*. № 2(51). SS. 35-39.
7. Voinov V. V., Kachurovskiy H. M., Shevchenko A. F., Hurin O. M. (2018) Creating a database of existing weapon system. *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*. № 3(57). SS. 38-42. <https://doi.org/10.30748/zhups.2018.57.06>.
8. Kyvliuk V.S., Klontsak M. Ia. (2016) Vyroblennia yedynykh pohliadiv shchodo stvorennia suchasnoi derzhavnoi systemy lohistryky ZS Ukrainy. *Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnogo universytetu im. T. Shevchenka*. № 51. SS. 100-110.
9. Tyurin V., Mirnenko V., Salii A., Open'ko P., Avramenko O. (2019) Reviews on the development of the theory of logistic support of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine. *VUZF REVIEW*. № 4(4). PP. 58-67. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3595920>.
10. Romanchenko I. S., Khazanovych O. I., Trehubenko S. S. Modeliuvannia system materialno-tekhnichnogo zabezpechennia: monohrafiia. Lviv: Natsionalna akademiia Sukhoputnykh viisk ZS Ukrainy, 2015. 156 s.
11. Rolin I. F., Morozov I. Ie., Mynko O.V. (2017) Zmist osnovnykh terminiv u sferi lohistrychnoho zabezpechennia viiskovykh formuvan. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*. №. 1(49). SS. 61-64
12. Shuienkin V. O., Khazanovych O. I., Zakusylo P. S. Teoretychni osnovy materialno-tekhnichnogo zabezpechennia viisk (syl). Kyiv: TsNDI ZS Ukrainy, 2010. 723 s.
13. Smirnov Ye.B., Tkachenko V.I. (2012) Osnovni poniattia metodolohii doslidzhennia system upravlinnia i vyznachennia struktur viiskovoi orhanizatsii. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy*. № 2(8). SS. 20-28.
14. Smirnov E.B., Tkachenko V.I., Ruban S.B., Maluga V.H., Tristan A.V. Teoretychni osnovi formuvannia ta degradazii skladnykh orhanizatsiino-tekhnichnykh system: monografia Kharkiv, 2018. 162 s.