

ОПТИМІЗАЦІЯ ОБСЯГІВ ДОДАТКОВИХ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАПАСІВ І БОЙОВОГО ЕКІПРУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Дем'янчук Б. О.

*доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автотехнічного забезпечення
Військової академії (м. Одеса)
ORCID ID: 0000-0002-2862-9412*

Маханьков В. А.

*доцент кафедри автотехнічного забезпечення
Військової академії (м. Одеса)
ORCID ID: 0000-0002-6923-7343*

Малиновський О. А.

*старший викладач кафедри автотехнічного забезпечення
Військової академії (м. Одеса)
ORCID ID: 0000-0002-4048-3903*

Щеглов А. І.

*начальник факультету підготовки спеціалістів тилу
Військової академії (м. Одеса)
ORCID ID: 0009-0009-1082-1885*

Анотація. Для визначення оптимальних обґрунтованих обсягів додаткових запасів необхідних комплектів ремонтного обладнання та бойового екіпування для технічного забезпечення дій підрозділів транспортної логістики доцільно застосувати метод дискретної оптимізації.

Це потребує розгляду питань: постановки завдань оптимізації часу, обсягу й ешелонування додаткових запасів для дій протягом усього часу, що є потрібним для повноцінного виконання завдання; обґрунтування теорії рішення завдання оптимізації часу, обсягу й ешелонування додаткових запасів цих засобів із метою всебічного забезпечення дій підрозділів транспортної логістики; визначення обсягу додаткових запасів для забезпечення цих дій на основі врахування прогностичних втрат і витрат запасів, у разі бойового протистояння з нападами противника; вирішення завдання конкретної потрібної кількості додаткових запасів, які доцільно доставити за умови потреби для успішного виконання підрозділами транспортної логістики заключної частини їхнього бойового завдання, навіть у разі, якщо частина запасів є витраченою або втраченою через дії противника.

Тому ухвалення рішення з оптимізації часу, обсягу й ешелонування додаткових запасів для технічного забезпечення підрозділів транспортної логістики без прогнозування ймовірних бойових дій, ризиків призводить до великих втрат і нераціонального розподілу ресурсів.

Ключові слова: матеріально-технічне забезпечення, логістика, ешелонування, оперативний облік, процес управління запасами, метод дискретної оптимізації, моделі створення запасів, додаткові запаси.

Demyanchuk B. O., Makhankov V. A., Malinovskyi O. A., Shcheglov A. I.

OPTIMIZATION OF ADDITIONAL MATERIAL STOCKS AND COMBAT EQUIPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS UNITS

Abstract. To determine the optimal justified volumes of additional stocks of necessary repair equipment and combat equipment for the technical support of the actions of transport logistics units, it is advisable to apply the method of discrete optimization. This requires consideration of the following issues: setting tasks for optimization of time, volume and echeloning of additional stocks for actions during the entire time required for the full execution of the task; substantiation of the theory of solving the task of optimization of time, volume and echeloning of additional stocks of these means in order to comprehensively ensure the operation of transport logistics units; determining the volume of additional reserves to ensure these actions based on taking into account forecast losses and costs of reserves, in the event of a combat confrontation with enemy attacks; solving the task of a specific required number of additional supplies, which should be delivered under

conditions of need for the successful completion by transport logistics units of the final part of their combat mission, even in the event that part of the supplies is spent or lost due to the actions of the enemy. Therefore, making a decision to optimize the time, volume and echelon of additional stocks for the technical support of transport logistics units without forecasting likely hostilities and risks leads to large losses and irrational distribution of resources.

Key words: material and technical support, logistics, echeloning, operational accounting, inventory management process, discrete optimization method, inventory generation models, additional inventory.

Вступ. У бойових умовах виконання бойових завдань підрозділів існує випадковий характер «попиту» на ремонтне обладнання та бойове екіпірування.

З початком операції пересування транспортного потоку спостерігається випадкова й антагоністична невизначеність витрати та бойових втрат вказаних засобів.

Зважаючи на необхідність заощадження часу у процесі забезпечення дій підрозділів транспортної логістики, доцільно створювати систему науково обґрунтованого належного та своєчасного забезпечення підготовки та здійснення цих дій під час пересування. Функціями цієї системи є, наприклад, такі:

1. По-перше, на основі розвідувальних даних і даних прогнозу доцільно прогнозувати кількість підрозділів транспортної логістики, які мають ризик понести витрати та втрати ремонтних засобів і бойового екіпірування ще до початку виконання заключної частини їхнього бойового завдання, наприклад здійснення конкретного пересування матеріальних засобів у кожному із транспортних потоків.

2. По-друге, необхідно визначати з урахуванням даних прогнозу про дії противника та про ймовірні витрати часу для постачання матеріальних засобів у реальних умовах, під час загострення обстановки, навіть у тилу противника.

3. По-третє, часто постає необхідність вирішувати завдання постачання оптимальної кількості комплектів додаткових запасів ремонтних засобів і засобів бойового екіпірування за допомогою критерію мінімальних загальних витрат часу на доставку цих додаткових комплектів підрозділам транспортної логістики.

4. По-чверте, доцільно за допомогою методики оптимізації процесу постачання додаткових комплектів вказаних засобів або за допомогою діалого-інформаційної моделі вирішувати завдання оптимізації обсягу запасів, який може змінюватися протягом часу виконання завдання підрозділами транспортної логістики.

Отже, критерієм для якісного забезпечення згаданими засобами є своєчасність поповнення та належний обсяг запасів в умовах їх дефіциту протягом загального часу виконання бойового завдання.

Водночас запаси вказаних додаткових комплектів засобів не мають бути надмірними, з метою збереження маневреності транспортних потоків, а також для запобігання надлишковим втратам через імовірну інтенсивну вогневу дію противника під час дій підрозділів логістики.

Однак треба брати до уваги, що постачання потрібних додаткових запасів у район розташування підрозділів у тилу противника пов'язане з більш суттєвими витратами часу на доставку, через ризик бойових втрат запасів на шляху постачання, коли противник виявив розвідгрупи та перекрив канали зв'язку бази постачання з ними.

Порівняно з витратами та втратами до початку активних дій розвідгруп і зберігання цих запасів у сховищі району розвідувальних дій, доставка протягом або після бою зазвичай пов'язана також зі значними витратами часу на перевезення, через пошкодження комунікацій і посилення охорони комунікацій противником в умовах бойових дій.

Постановка завдання оптимізації часу, обсягу й ешелонування додаткових запасів інженерних засобів і продовольства для забезпечення дій розвідувальних груп. У цієї моделі оптимізації (за результатами оцінки противника та сил оборони, що здійснюють підготовку до бою, відомо, що міра очікуваних (імовірних) втрат інженерних засобів і продовольства в "k" групах розвідки характеризується ймовірністю:

$$W(x, y, k) = W(x, y) + \Delta W(x, y, k),$$

$$\forall k = 1, \dots, \infty, \quad (1)$$

де $x = \{x_1, x_2, \dots\}$ – сукупність варіантів дій сил розвідгруп із метою зниження очікуваних втрат інженерних засобів і продовольства;

$y = \{y_1, y_2, \dots\}$ – сукупність варіантів дій сил противника, що спрямовані на збільшення втрат інженерних засобів і продовольства розвідгруп;

$W(x, y, k)$ – імовірнісна міра загальних втрат інженерних засобів і продовольства середньої кількості “ k ” розвідгруп (за даними прогнозу бойових втрат сил розвідки);

$\Delta W(x, y, k)$ – імовірнісна прогнозна міра поточного прирощення втрат інженерних засобів і продовольства протягом бою розвідгруп із противником у нальоті або під час диверсії.

Відомо, що час на доставку матеріальних засобів до початку або після бою “ k ” розвідгрупам характеризуються величиною t_1 . Витрати часу на доставку цих засобів під час нальоту або після нього, у разі браку інженерних засобів і продовольства, характеризуються істотно більшою величиною: $t_2 > t_1$.

Необхідно визначити ту кількість матеріально-технічних засобів для N розвідгруп, що братимуть участь у нальоті або після нальоту – у диверсії та до цього ризикують

зазнати втрат інженерних засобів і продовольства. Тому ці запаси необхідно додатково створити до початку диверсії, щоб сумарні витрати часу на доставку МТЗ під час підготовки розвідгруп до операції та середні витрати часу (із-за нестачі запасів інженерних засобів і продовольства в разі нальоту або диверсії) були б мінімальними.

Саме ці загальні середні витрати часу на забезпечення виконання бойового завдання розвідгрупами в системі військової логістики частіше є цільовою функцією. Побудуємо далі цільову функцію забезпечення дій розвідгруп інженерними засобами та продовольством.

Позначимо через $t(N)$ – математичне очікування часу, тобто сумарні середні витрати часу, що зазвичай відповідають часу постачання деякого запасу інженерних засобів і продовольства, рівному N комплектів. Для цієї функції $t(N)$, тобто для цільової функції, складемо залежність у вигляді її математичного очікування, яке дорівнює:

$$t(x, y, N) = t_1(x, y) \sum_{k=0}^V W(x, y, k) (Vk) t_2(x, y) \sum_{k=V+1}^{\infty} W(x, y, k) (kN). \quad (2)$$

Цільову функцію t необхідно мінімізувати, відшукавши таке ціле, не негативне число N , яке приводить до мінімального значення цієї функції $t(N)$ в умовах, коли противником створюються найменш сприятливі умови для забезпечення дій розвідгруп, а дії сил розвід-

груп спрямовані протилежно. Це означає, що, за умов застосування принципу мінімакса, математичний вираз для цільової функції (2), з урахуванням позначень (1), має такий (узгальнений) вираз і враховує варіанти протидії сторін у вигляді:

$$t^* = t(N^*) = \min_N \min_{x_i} \max_{y_j} \left[t_1 \sum_{k=0}^N W(k) (V-k) + t_2 \sum_{k=V+1}^{\infty} W(k) (k-N) \right]. \quad (3)$$

Рішення завдання оптимізації часу, обсягу й ешелонування додаткових запасів інженерних засобів і продовольства для дій розвідгруп.

Поточне значення функції (2) має вигляд:

$$t(N) = t_1 \sum_{k=0}^N (V-k) W(k) + t_2 \sum_{k=V+1}^{\infty} (k-N) W(k). \quad (4)$$

Визначимо умови, яким має задовольняти оптимальне число N^* комплектів додаткових запасів інженерних засобів і продовольства. Оскільки саме цій величині відповідає най-

менший рівень середніх витрат часу $t(N^*)$ на доставку цих комплектів у район розташування розвідгруп, то це означає, що, якщо від цього найкращого значення величини N , рівного N^* (чи від його еквівалента V^*) відняти або до нього додати одиницю, середні витрати часу можуть лише зрости, тому маємо нерівності:

$$t(N^* - 1) - t(N^*) \geq 0; \quad t(V^* + 1) - t(N^*) \geq 0. \quad (5)$$

Далі перейдемо до відшукування оптимальної величини потрібних додаткових запасів інженерних засобів і продовольства, N^* .

У виразі (4) замінимо N спочатку на $N + 1$. У результаті перетворень (4) отримаємо залежність:

$$t(N+1) = t_1 \sum_{k=0}^{N+1} (N+1-k)W_k + t_2 \sum_{k=N+2}^{\infty} (k-N-1)W_k = \\ = t_1 \sum_{k=0}^N (N-k)W(k) + t_1 \sum_{k=0}^N W(k) + t_2 \sum_{k=N+1}^{\infty} W(k-N) - t_2 \sum_{k=N+1}^{\infty} W(k). \quad (6)$$

З урахуванням умови нормування ймовірностей для повної групи випадкових явищ, тобто випадкового рівня величини N , завжди маємо співвідношення $\sum_{k=0}^{\infty} W(k) = 1$, тому отримаємо залежність у вигляді:

$$1 - \sum_{k=0}^N W(k) = \sum_{k=N+1}^{\infty} W(k).$$

Тоді співвідношення (6), згідно із (4), набуває вигляду:

$$t(N+1) = t(N) + (t_1 + t_2) \sum_{k=0}^N W(k) - t_2. \quad (7)$$

Замінимо в (7) аргумент N на $(N - 1)$, отримаємо ще одне співвідношення:

$$t(N-1) = t(N) - (t_1 + t_2) \sum_{k=0}^{N-1} W(k) + t_2. \quad (8)$$

Підставимо (7) і (8) в умови (6), приходимо до системи нерівностей:

$$\begin{cases} (t_1 + t_2) \sum_{k=0}^{N^*} W(k) - t_2 > 0 \\ -(t_1 + t_2) \sum_{k=0}^{N^*-1} W(k) + t_2 > 0. \end{cases} \quad (9)$$

Рішення системи (9) дає шукану залежність для визначення оптимальної додаткової кількості N^* комплектів запасу для загальної сукупності розвідгруп, що повинні подовжувати виконання бойового завдання в тилу противника. З нерівностей (9), після розв'язання системи нерівності, знаходимо, що найкращим є той додатковий запас інженерних засобів і продовольства, який задовольняє новій результуючій нерівності:

$$\sum_{k=0}^{N^*-1} W(k) < \frac{t_2}{t_1 + t_2} < \sum_{k=0}^{N^*} W(k). \quad (10)$$

Повертаючись до загальнішого запису, подібного до (4), знаходимо, що найбільш прийнятним є запас такої кількості комплектів, N^* , інженерних засобів і продовольства, тобто запас цих комплектів на таку кількість, N^* , розвідгруп, за якої справедлива нерівність, яка сприяє також подоланню невизначеності антагоністичного типу, тобто пов'язаної з непередбаченою протидією противника. Ця результуюча нерівність має вигляд:

$$\begin{aligned} & \min_{x_i} \max_{y_j} \sum_{k=0}^{N^*-1} W(x, y, k) < \\ & < \min_{x_i} \max_{y_j} \frac{t_2(x, y)}{t_1(x, y) + t_2(x, y)} < \\ & < \min_{x_i} \max_{y_j} \sum_{k=0}^{N^*} W(x, y, k). \end{aligned} \quad (11)$$

З отриманого результату видно, що цей не самий кращий, але *гарантований рівень оптимального додаткового запасу комплектів інженерних засобів і продовольства для належного забезпечення дій сукупності розвідгруп*, визначається:

- співвідношенням годин постачання цих засобів на етапі підготовки до нальоту або диверсії та годин постачання засобів на етапі нальоту на противника;
- достовірністю врахування очікуваних варіантів дії супротивника, наприклад, за результатами аналізу даних досвіду попередньої розвідки;
- адекватністю підготовлених і вживаних розвідгрупами протидій протягом виконання бойового завдання;
- розподілом (за кількістю пошкоджених і витрачених комплектів інженерних засобів і продовольства) імовірнісних бойових втрат і витрат цих засобів протягом часу виконання розвідгрупами бойового завдання.

Визначення обсягу додаткових запасів для забезпечення дій розвідгруп з урахуванням їхніх втрат і витрат, які очікуються протягом нальоту.

Нехай у результаті оцінки типових протидій противника та розвідгруп відомо, що

найбільш серйозні втрати та витрати *запасів комплектів* інженерних засобів і продовольства (за найбільш несприятливих (для розвідників) варіантів дії противника та найбільш сприятливих варіантів дії розвідників) очікуються на ділянці, наприклад, узбережжя завдрвжки 30 км.

Нехай час постачання запасів інженерних засобів і продовольства з району Одеси в район указанного узбережжя, яке заняте противником, становить: до початку нальоту: $t_1 = 2$ години; у процесі нальоту або диверсії: $t_2 = 4$ години.

а) визначимо спочатку кількість комплектів запасу інженерних засобів, які відповідають критерію мінімальних витрат часу на їх постачання з урахуванням втрат і витрат цих запасів, які очікуються за даними попередньої розвідки, а саме, визначимо оптимальний запас найбільш доцільної кількості додаткових комплектів запасу інженерних засобів, N_{in}^* .

Розподіл імовірностей $W(k)$ бойових пошкоджень і витрати запасів цих засобів у 10 розвідгрупах, що діють у тилу противника на цьому узбережжі, за даними прогнозу, характеризуються таблицею 2, де k – кількість комплектів запасу інженерних засобів, які, під час нальоту або диверсії, можуть додатково знадобитися розвідгрупам на вказаній смузі (табл. 1).

Приклад рішення завдання забезпечення дій розвідгруп у нальоті за прогнозом потрібних запасів інженерних засобів.

Згідно з алгоритмом (10), витратами часу та конкретними втратами та витратами інженерних засобів, які очікуються за даними попередньої розвідки, отримуємо нерівність:

$$\sum_{k=0}^{N^*-1} W(k) < \frac{4}{2+4} < \sum_{k=0}^{N^*} W(k), \quad (12)$$

яка, відповідно до таблиці 1, для розподілу ймовірностей втрат і витрат інженерних засобів є справедливою лише за оптимальної кількості потрібних додаткових комплектів цих засобів, що дорівнює $N^* = 6$.

Тому оптимальний обсяг додаткових комплектів інженерних засобів для забезпечення дій розвідгруп під час нальоту дорівнює 6-ти, що відповідає таким складникам цих інженерних засобів, як:

- 1) вибухові пакети: $B = N^* \cdot 2 = 12$ од. б. комплекту;
- 2) сигнальні ракети: $G = N^* \cdot 3 = 18$ одиниць;
- 3) устаткування сапера: $U = N^* \cdot 1$ к-т = 6 одиниць;
- 4) запасні комплекти для відновлення спорядження: $Y = N^* \cdot 1$ к-т = 6 комплектів;

б) визначимо далі кількість комплектів запасу продовольства, які відповідають критерію мінімальних витрат часу на їх постачання з урахуванням втрат і витрат цих запасів, які очікуються за даними попередньої розвідки, тобто визначимо оптимальний запас найбільш доцільної кількості додаткових комплектів запасу продовольства, N_{np}^* .

Якщо розподіл імовірностей $W(k)$ пошкоджень і витрати запасів цих засобів у 10 розвідгрупах, що діють у тилу противника на узбережжі, за даними попередньої розвідки, характеризується таблицею 3, де k – кількість комплектів запасу продовольства, які можуть під час нальоту або після нього додатково знадобитися розвідгрупам на вказаній смузі їх розташування (табл. 2).

Приклад рішення завдання забезпечення дій розвідгруп у нальоті за прогнозом

Таблиця 1

Імовірності бойових втрат і витрати запасів інженерних засобів, що очікуються в розвідгрупах за даними прогнозування

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W(k)$	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	0,08	0,06

Таблиця 2

Імовірності бойових втрат і витрати запасів продовольства, що очікуються в розвідгрупах за даними прогнозування

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W(k)$	0,16	0,16	0,12	0,12	0,12	0,10	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02

потрібних додаткових запасів продовольства.

б) згідно з алгоритмом (11) і конкретними втратами та витратами продовольства, які визначені за даними попередньої розвідки, знов застосовуємо нерівність, але з використанням імовірностей таблиці 2:

$$\sum_{k=0}^{N^*-1} W(k) < \frac{4}{2+4} < \sum_{k=0}^{N^*} W(k), \quad (13)$$

яка, відповідно до таблиці 2 розподілу ймовірностей втрат і витрат продовольства, є справедливою лише за оптимальної кількості потрібних додаткових комплектів, що дорівнює $N^* = 4$.

Тому оптимальний обсяг додаткових комплектів продовольства для забезпечення дій 10 розвідгруп під час нальоту або після диверсії дорівнює 4-м комплектам, що відповідає таким складовим частинам цих додаткових запасів:

- 1) білки: $B = N^* \cdot 2 = 8$ комплектів;
- 2) жири: $G = N^* \cdot 3 = 12$ одиниць;
- 3) вуглеводи: $U = N^* \cdot 1$ к-т = 4 одиниці;
- 4) мінерали: $Y = N^* \cdot 1$ к-т = 4 комплекти;
- 5) вітаміни; $D = N^* \cdot 1$ к-т = 4 комплекти.

Саме цей набір продовольства сприяє забезпеченню кожного розвідника раціоном із добовою енергоємністю на потрібному рівні – у середньому 20 000 кДж/доб.

Визначені оптимальні додаткові комплекти запасів продовольства й інженерних засобів для розвідгруп забезпечитимуть необхідні умови для виконання їхнього бойового завдання та повернення на основну базу розташування.

Наведені приклади ілюструють ефективність, адекватність і універсальність алгоритму (11) оптимізації часу й обсягів додаткових запасів матеріальних засобів для забезпечення підготовки та здійснення нальоту або диверсії сукупності розвідгруп.

Окрім того, з отриманого алгоритму видається наочною послідовність дій для знаходження відповідей на питання, що зазвичай становлять серйозну трудність для командирів, штабів і організаторів забезпечення військ у період підготовки та вирішення завдань

забезпечення розвідувальних дій, наприклад, згідно із завданнями армійського штабу.

За умов, що відомі основні та додаткові запаси всіх видів за результатами попередньої оцінки противника та дій розвідників (див. таблиці 2 і 3), нескладно визначити втрати, потрібну кількість їхніх складових частин і визначити очікувані витрати цих матеріально-технічних засобів протягом виконання завдань розвідгрупами.

Потрібні оцінки можливостей поповнення запасів на початку розвідувальних дій і протягом цих дій. У мить початку бойового протистояння під час нальоту або диверсії необхідно приділити увагу також вирішенню завдання оцінювання живучості кожної з розглянутих підсистем забезпечення розвідників, наприклад шляхом оснащення кожного розвідника відповідним речовим майном для його надійного захисту від засобів спостереження противником удень і вночі, захисту взимку від морозної погоди за допомогою надійного речового майна універсального призначення.

Висновки

1. Для оперативного вирішення завдань забезпечення сухопутних військ суттєво актуальнішою стає роль наземної розвідки сил, засобів і планів бойових дій противника.

Запропонована методика оптимізації часу й обсягів додаткових матеріальних запасів розвідгруп є досить ефективною, за умов достовірних прогностичних даних про бойовий потенціал і поточні плани противника.

2. Під час бойових дій, через випадкову й антагоністичну невизначеність бойових втрат і витрат матеріально-технічних засобів, доцільно застосувати модель дискретної оптимізації процесу поповнення цих засобів.

Метою є науково обґрунтоване всебічне та своєчасне забезпечення підготовки та здійснення дій розвідгруп під час виконання завдань: військової розвідки, нальоту або диверсії.

3. Критерієм оптимізації процесу забезпечення сукупності розвідгруп саме інженерними засобами та продовольством є своєчасність, точніше, мінімум часу поповнення та достатність запасів в умовах їх дефіциту.

Література:

1. Гуляк О.В., Дем'янчук Б.О. Основи військової логістики. Прогнозні моделі забезпечення : навчальний посібник. Військова академія. Одеса, 2019. С. 220–230.
2. Дем'янчук Б.О., Верпівський С.М. Основи автотехнічного забезпечення. Моделювання процесів : навчальний посібник. Військова академія. Одеса, 2016. С. 98–120.
3. Гуляк О.В. Модель для оцінки варіантів адаптивного відновлення працездатності складної системи забезпечення. *Економічна кібернетика* : колективна монографія / О.В. Гуляк, Б.О. Дем'янчук. Дніпро : Пороги. С. 242–269.
4. Дем'янчук Б.О., Малишкін О.В. Узагальнена модель системи технічного забезпечення бойових дій. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*. Харків : ХУПС, 2014. Вип. № 2 (39). С. 3–8.
5. Дем'янчук Б.О., Косарев В.М. Методичні основи оцінки ймовірності інвестування в безпеку країни в умовах невизначеності. *Європейський вектор економічного розвитку*. Дніпровський університет імені Альфреда Нобеля. 2015. № 2 (19). С. 44–54.

References:

1. Huliak, O.V., Demianchuk, B.O. (2019). *Osnovy viiskovoi lohistyky. Prohnozni modeli zabezpechennia. Navchalnyi posibnyk* [Fundamentals of military logistics. Predictive support models. Textbook]. Military Academy of Odesa. pp. 220–230 [in Ukrainian].
2. Demianchuk, B.O., Verpivskiy, S.M. (2016). *Osnovy avtotekhnichnoho zabezpechennia. Modeliuvannia protsesiv. Navchalnyi posibnyk* [Fundamentals of automotive support. Process modeling. Textbook]. Military Academy of Odesa. pp. 98–120 [in Ukrainian].
3. Huliak, O.V., Demianchuk, B.O. (2016). *Model dlia otsinky variantiv adaptivnoho vidnovlennia pratsezdatnosti skladnoi systemy zabezpechennia* [A model for evaluating options for adaptive recovery of a complex support system]. Collective monograph. *Economic Cybernetics*. Dnipro : Porohy. pp. 242–269 [in Ukrainian].
4. Demianchuk, B.O., Malyshkin, O.V. (2014). *Uzahalnena model systemy tekhnichnoho zabezpechennia boiovykh dii* [Generalized model of combat technical support system]. *Collection of scientific works of Kharkiv University of the Air Force*. Kharkiv : HUPS. № 2 (39). pp. 3–8 [in Ukrainian].
5. Demianchuk, B.O., Kosarev, V.M. (2015). *Metodychni osnovy otsinky ymovirnosti investuvannia v bezpeku krainy v umovakh nevyznachenosti* [Methodological bases for estimating the probability of investing in the security of the country in conditions of uncertainty]. *European vector of economic development*. Alfred Nobel Dnieper University. № 2 (19). pp. 44–54 [in Ukrainian].