

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАТРАТ НА ДОСТАВКУ ВИТРАТНИХ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СПОЖИВАЧУ З УРАХУВАННЯМ СВОЄЧАСНОСТІ ЇХ ДОСТАВКИ

Статтю присвячено розробленню методичного підходу до мінімізації затрат під час перевезення витратних матеріально-технічних засобів (МтЗ) від кількох постачальників до кількох споживачів цих засобів з урахуванням забезпечення такого показника ефективності системи тилового забезпечення військ, як своєчасність доставки витратних матеріально-технічних засобів (ракет і боєприпасів, пально-мастильних матеріалів, військово-технічного майна, продовольства тощо) військам під час операції (бойових дій) транспортними засобами певного виду. У статті проведено аналіз існуючих методів обґрунтування вимог до транспортного забезпечення військ під час операції (бойових дій), визначено їх недоліки. У дослідженні розглянуто схему забезпечення військ витратними МтЗ, у якій декілька постачальників забезпечують декілька споживачів матеріально-технічних засобів. При цьому наявність запасів МтЗ у постачальників та потреба в них споживачів є у цій статті вихідними даними. Для вирішення питання щодо оптимізації затрат на доставку витратних матеріально-технічних засобів від постачальників до споживачів сформульовано та розв'язано оптимізаційну задачу, визначено умови-обмеження, які повинні враховуватися під час проведення розрахунків.

**Ключові слова:** вартість, матеріально-технічні засоби, постачальник, своєчасна доставка матеріально-технічних засобів, споживач, транспорт.

### Вступ

Необхідною умовою виконання бойових завдань з'єднаннями (частинами) Збройних Сил є своєчасне і в повному обсязі забезпечення їх витратними матеріально-технічними засобами (ракетами і боєприпасами, пально-мастильними матеріалами, військово-технічним майном, продовольством тощо). Завдання щодо своєчасного забезпечення військ (сил) МтЗ покладається на систему тилового забезпечення.

**Постановка проблеми.** Запаси витратних МтЗ для ведення бойових дій з'єднаннями (частинами, підрозділами) розподіляються за рівнями ієрархії (ешелонуються). Під час бойових дій виникає необхідність у їх підвезенні з метою забезпечення потреб військ (сил). Несвоєчасне підвезення МтЗ призводить до невиконання з'єднаннями (частинами, підрозділами) бойових завдань, які їм поставлені. Важливе значення при цьому має економічна доцільність обраного варіанта доставки запасів МтЗ.

Отже, з огляду на зазначене, визначення економічно доцільного порядку підвезення МтЗ з метою своєчасного забезпечення ними військ (сил) є важливим актуальним завданням, правильне вирішення якого створює умови для виконання військами (силами) бойових завдань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існуюча методична база обґрунтування вимог до своєчасності підвезення у війська (сили) витратних МтЗ свідчить про те, що цьому питанню приділялась значна увага [1–3]. У той

же час, аналіз літератури показує, що в останніх дослідженнях методи визначення вимог щодо своєчасності забезпечення військ (сил) МтЗ ґрунтуються на використанні систем масового обслуговування. Але можливі й інші підходи. Один з таких підходів буде розглянуто у статті.

**Метою статті** є висвітлення методичного підходу до оптимізації затрат на доставку витратних МтЗ споживачу з урахуванням своєчасності їх доставки.

### Виклад основного матеріалу дослідження

На рис.1 наведено загальну схему забезпечення військ витратними МтЗ шляхом транспортування запасів МтЗ від постачальників  $A_i$  споживачам  $B_j$ .

При цьому процес забезпечення споживачів МтЗ характеризується такими показниками:  $x_{ij}$  – вантаж, що завантажується на транспортні засоби (ТЗ) пункту забезпечення  $A_i$  та відправляється у пункт  $B_j$  одним рейсом;  $c_{ij}$  – питомі затрати на перевезення однієї тонни вантажу з  $i$ -го пункту  $A_i$  забезпечення в  $j$ -й пункт споживання  $B_j$ ;  $g$  – номінальна вантажопідйомність (т) одного ТЗ;  $n_i$  – кількість ТЗ у пункті забезпечення  $A_i$ ;  $S_{ij}$  – віддалення пункту споживання  $B_j$  від пункту забезпечення  $A_i$ ;  $v_{ij}$  – швидкість руху ТЗ, що залучаються  $i$ -ми пунктами для забезпечення  $j$ -х споживачів;  $b_j$  – кількість МтЗ, які потрібно поставити в  $j$ -й пункт споживання;  $Q_i$  – загальний запас МтЗ на  $i$ -му пункті забезпечення.

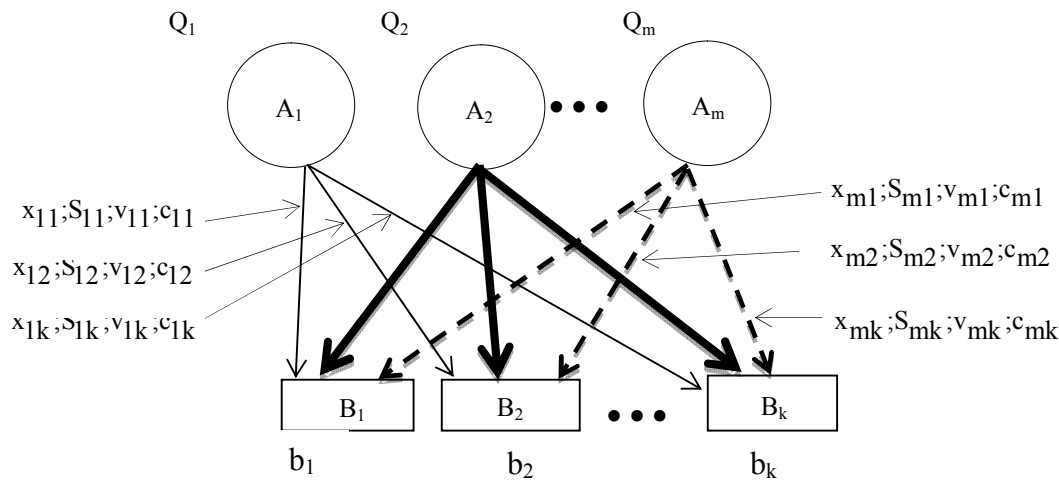


Рис. 1. Схема забезпечення військ витратними МтЗ

Одним з основних показників ефективності функціонування системи забезпечення військ під час операції є своєчасність доставки пункту споживання  $B_j$  необхідного вантажу  $b_j$ , який визначається через величину  $T_j$  – час, що витрачається на підвезення з усіх пунктів забезпечення ( $i=1, m$ ) необхідного вантажу  $b_j$  до пункту споживання  $B_j$ .

Проведемо розрахунки стосовно своєчасності забезпечення військ витратними МтЗ певним наземним транспортом.

За умови незначної відмінності значень швидкості руху ТЗ  $v_{ij}$ , а також значень віддаленості пункту споживання  $B_j$  від пункту забезпечення  $A_i$  витратними МтЗ  $S_{ij}$  витрачений час на підвезення вантажу  $Q_j$  до пункту споживання  $B_j$  одним рейсом може визначатись як середнє значення швидкості  $v_{ij}$  ТЗ, які задіяні для підвезення витратних МтЗ пункту споживання  $B_j$  за  $j$ -м напрямком:

$$v_{j\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ij}}{m}, \quad j = \overline{1, k}. \quad (1)$$

Аналогічно  $S_{j\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{m}, \quad j = \overline{1, k}. \quad (2)$

З огляду на зазначене, час  $t_{j\text{cp}}$ , який витрачається на підвезення вантажу до пункту постачання  $B_j$  одним рейсом усіма пунктами забезпечення, розраховується таким чином:

$$t_{j\text{cp}} = \frac{S_{j\text{cp}}}{v_{j\text{cp}}} = \frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{\sum_{i=1}^m v_{ij}}. \quad (3)$$

Якщо для підвезення всього необхідного вантажу  $b_j$  до пункту споживання  $B_j$  потрібно задіяти більшу кількість транспорту, ніж є в наявності у всіх пунктів забезпечення  $n_j < n_{j\text{зад}}$ , то слід здійснити кілька рейсів  $r_j$ .

Кількість додаткових рейсів  $r_j$  (окрім першого) розраховується так:

$$r_j = \frac{b_j - \sum_{i=1}^m g \cdot n_{ij}}{\sum_{i=1}^m g \cdot n_{ij}} = \frac{b_j}{\sum_{i=1}^m g \cdot n_{ij}} - 1 = \frac{b_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} - 1, \quad (4)$$

при цьому на здійснення першого рейсу витрачається час  $t_{j\text{cp}}$ , а під час наступних (рух до пункту споживання та у зворотному напрямку) витрачається час  $2 \cdot t_{j\text{cp}}$ .

Розрахунок  $T_j$  проведемо так:

де  $T_{j\text{вим}}$  – час, не пізніше якого пункт споживання  $B_j$  повинен бути забезпечений усіма пунктами забезпечення необхідною кількістю  $b_j$  витратних МтЗ.

Ураховуючи, що від усіх пунктів забезпечення в  $j$ -му напрямку доставляється вантаж  $Q_j$  одним рейсом від кожного пункту забезпечення, повинна виконуватись умова:

$$Q_j = \sum_{i=1}^m Q_{ij} = \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m g \cdot n_{ij} \geq \frac{2 \cdot b_j \cdot t_{j\text{cp}}}{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{cp}}} \quad (6)$$

або

$$\frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{cp}}}{2 \cdot t_{j\text{cp}}} \cdot \sum_{i=1}^m x_{ij} = \frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{cp}}}{2 \cdot t_{j\text{cp}}} \cdot Q_j \geq b_j, \quad (7)$$

яка зв'язує кількість МтЗ  $Q_j$ , що перевозиться усіма пунктами забезпечення (по одному рейсу від кожного пункту) в інтересах  $j$ -го споживача, з кількістю виконаних рейсів  $(1+r)$  для

задоволення потреби ( $b_j$ )  $j$ -го пункту споживання  $V_j$  за час  $T_j$ , не пізніше заданого  $T_{j\text{вим}}$  ( $T_j \leq T_{j\text{вим}}$ ).

Виконання зазначених умов забезпечить своєчасне ( $T_j \leq T_{j\text{вим}}$ ) підвезення пункту  $V_j$  необхідних йому витратних МтЗ у кількості  $b_j$  із усіх пунктів забезпечення за один або декілька рейсів.

Якщо доставка необхідного для  $j$ -го споживача вантажу  $b_j$  здійснюється всіма пунктами забезпечення за один рейс від кожного пункту забезпечення, тобто якщо  $Q_j = b_j$ , то:

$$T_{j\text{вим}} + t_{j\text{сп}} = 2 \cdot t_{j\text{сп}} \quad (8)$$

або

$$T_j = t_{j\text{сп}} = \frac{S_{j\text{сп}}}{v_{j\text{сп}}} \quad (9)$$

При цьому сумарний обсяг вантажів, що відправляються із усіх пунктів забезпечення, не може перевищувати наявного запасу витратних МтЗ у пунктах забезпечення.

У загальному випадку у разі здійснення  $(1+r_j)$  рейсів повинна виконуватись така умова:

$$(1+r_j) \cdot \sum_{i=1}^m x_{ij} = (1+r_j) \cdot \sum_{i=1}^m g \cdot n_{ij} \leq \sum_{i=1}^m Q_i \quad (10)$$

або

$$\sum_{j=1}^k b_j = (1+r_j) \cdot \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq \sum_{i=1}^m Q_i \quad (11)$$

Для своєчасного задоволення потреби всіх споживачів у витратних МтЗ усіма пунктами забезпечення сумарний обсяг вантажів, що відправляються для цього з усіх пунктів забезпечення, не може перевищувати наявного запасу МтЗ на цих пунктах забезпечення.

Найбільш економічний варіант підвезення МтЗ може бути визначений шляхом розв'язання задачі лінійного програмування за критерієм мінімуму затрат під час перевезення МтЗ.

Для цього використаємо узагальнені питомі затрати  $c_{ij}$  під час перевезення однієї тонни вантажу.

Загальні затрати  $C$  під час підвезення необхідного вантажу дорівнюватимуть:

$$\begin{aligned} \min C &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \left( \frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{сп}}}{2 \cdot t_{j\text{сп}}} \right) \cdot c_{ij} \cdot x_{ij} = \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \left( \frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{сп}}}{2 \cdot t_{j\text{сп}}} \right) \cdot c_{ij} \cdot g \cdot n_{ij}. \end{aligned} \quad (12)$$

При цьому повинні виконуватись такі умови-обмеження:

забезпечення підвезення в пункт  $V_j$  необхідних йому витратних МтЗ у кількості  $b_j$  з усіх пунктів забезпечення:

$$\frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{сп}}}{2 \cdot t_{j\text{сп}}} \cdot \sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j; \quad (13)$$

забезпечення своєчасної ( $T_j \leq T_{j\text{вим}}$ ) доставки необхідного вантажу в  $j$ -й пункт споживання:

$$t_{j\text{сп}} \cdot \left( \frac{2 \cdot b_j}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} - 1 \right) \leq T_{j\text{вим}}. \quad (14)$$

При цьому кількість вантажів, що доставляються з пункту  $A_i$  всім споживачам, не повинна перевищувати наявного запасу  $Q_i$  МтЗ у цьому пункті:

$$\sum_{j=1}^k \left( \frac{T_{j\text{вим}} + t_{j\text{сп}}}{2 \cdot t_{j\text{сп}}} \right) \cdot x_{ij} \leq Q_i, \quad (15)$$

а кількість задіяного в одному рейсі транспорту пункту забезпечення  $A_i$  не повинна перевищувати наявної в нього кількості ТЗ  $n_i$ :

$$n_i \text{ зад} = \sum_{j=1}^k \frac{x_{ij}}{g} = \frac{1}{g} \cdot \sum_{j=1}^k x_{ij} \leq n_i. \quad (16)$$

## Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, запропонований методичний підхід дозволяє забезпечити своєчасну доставку витратних МтЗ з'єднанням (частинам) з мінімальними затратами на їх транспортування.

Перспективами подальших досліджень є використання запропонованого підходу під час удосконалення методики обґрунтування вимог до інших показників системи тилового забезпечення військ під час операції (бойових дій).

оборони України; кер. Шуєнкін В. О.; викон.: Мовчан О. М., Трегубенко С. С. та ін. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2013. 147 с. № ДР 0101U001487.

**3 Трегубенко С. С.** Методологічні основи обґрунтування вимог до системи матеріально-технічного забезпечення Збройних Сил України: дис. ... доктора військ. наук: 20.01.05 / Трегубенко Станіслав Семенович. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2016. 387 с.

## Література

**1 Гриневич В. В.** Обґрунтування рекомендацій щодо складу частин та підрозділів матеріального забезпечення армійського корпусу в оборонній операції: дис. ... канд. військ. наук: 20.01.05 / Гриневич Віталій Вікторович. Київ: ЦНДІ ЗС України, 2011. 170 с. **2 Розроблення** методичного апарату обґрунтування вимог до перспективної системи матеріально-технічного забезпечення Збройних Сил України: звіт про НДР шифр «Ясен» (проміжний) / ЦНДІ ЗС України Міністерства

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ДОСТАВКУ РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОТРЕБИТЕЛЮ С УЧЕТОМ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ИХ ДОСТАВКИ**

*Игорь Васильевич Ступницкий*

*Центральный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина*

Статья посвящена разработке методического подхода к минимизации затрат при перевозке расходных материально-технических средств (МтС) от нескольких поставщиков к нескольким потребителям этих средств с учетом обеспечения такого показателя эффективности системы тылового обеспечения войск, как своевременность доставки расходных материально-технических средств (ракет и боеприпасов, горюче-смазочных материалов, военно-технического имущества, продовольствия и т.д.) войскам во время операции (боевых действий) транспортными средствами определенного вида. В статье проведен анализ существующих методов обоснования требований к транспортному обеспечению войск во время операции (боевых действий), определены их недостатки. В исследовании рассмотрено схему обеспечения войск расходными МтС, в которой несколько поставщиков обеспечивают несколько потребителей материально-технических средств. При этом наличие запасов МтС у поставщиков и потребность в них потребителей является в этой статье исходными данными. Для решения вопроса относительно оптимизации затрат на доставку расходных материально-технических средств от поставщиков к потребителям сформулирована и решена оптимизационная задача, определены условия-ограничения, которые должны учитываться при проведении расчетов.

**Ключевые слова:** материально-технические средства, поставщик, потребитель, своевременная доставка материально-технических средств, стоимость, транспорт.

**METHODICAL APPROACH TO THE COST OPTIMIZATION FOR DELIVERY OF EXPECTED MATERIAL-TECHNICAL MEANS TO CONSUMER WITH TAKING ACCOUNT THEIR OPPORTUNENESS OF DELIVERY**

*Ihor Stupnytskyi*

*Central Scientific Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

The article is devoted to the development of a methodical approach to minimizing the cost of material-technical means (MTM) transporting from several suppliers to several consumers of these means, taking into account such an indicator of the effectiveness of the logistics system of troops, as the delivery opportuneness of material-technical means (missiles and ammunition, fuel and lubricants, military-technical property, foodstuffs, etc.) to troops during the operation (combat actions) by vehicles of a certain type. The article analyzes the existing methods of substantiation of the requirements for troop transport support during the operation (combat actions), qualifies their defects. The research examines the scheme of providing troops with expendable MTM, in which several suppliers provide several consumers of material and technical means. At the same time, the availability of MTM stocks from suppliers and the need for consumers is the source of this article. To resolve the issue of optimizing the costs of material and technical means delivering from suppliers to consumers, an optimization task is formulated and solved, conditions-restrictions are defined, which should be taken into account during the calculations.

**Key words:** cost, material and technical means, supplier, timely delivery of material and technical means, consumer, transport.

**References**

**1. Grinevich V.V.** (2011) Justification of recommendations concerning the composition of the material support units and subdivisions of the army corps in the defense operation: diss. ... candidate of military sciences: 20.01.05 / Grinevich Vitalii Viktorovich. Kyiv: Central Scientific Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 170 p. **2 Development** of the methodical apparatus for substantiating the requirements for a promising system of material and technical support of the Armed Forces of Ukraine: SRW report "Yasen"

(intermediate) / CSRI of the Armed Forces of Ukraine of Ministry of Defense of Ukraine; manager Shuenkin V.O.; executors: Movchan O.M., Tregubenko S.S., and others. Kyiv: Central Scientific Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, 2013. 147 p. DR 0101U001487. **3 Tregubenko S.S.** (2016) Methodological bases of the substantiation of requirements to the system of material and technical support of the Armed Forces of Ukraine: diss. ... doctors of mill. sciences: 20.01.05 / Tregubenko Stanislav Semenovich. Kyiv: Central Scientific Research Institute of Armed Forces of Ukraine, 387 p.