

УДК 355.6

С.С. Трегубенко

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ З УРАХУВАННЯМ ОБМЕЖЕННЯ У ЧАСІ НА ПІДВЕЗЕННЯ ЦИХ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

У статті йдеться про метод визначення оптимального варіанта використання транспорту різних видів під час забезпечення військ (сил) матеріально-технічними засобами. Метод враховує можливі обмеження у часі підвезення матеріально-технічних засобів військам (силам).

Ключові слова: матеріально-технічні засоби, підвезення матеріально-технічних засобів.

Вступ

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Одним з найважливіших завдань системи матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) під час операції (бойових дій) є своєчасне підвезення у війська необхідних запасів матеріально-технічних засобів (МТЗ), яке, в загальному випадку, може здійснюватися наземним (залізничним або автомобільним), водним (річковим або морським) чи авіаційним транспортом [1]. При цьому, в залежності від конкретної оперативнотактичної обстановки, можливостей системи МТЗ, стану району бойових дій тощо для доставки МТЗ у війська можуть бути застосовані різні варіанти використання зазначених видів транспорту, які характеризуватимуться різними затратами, насамперед, фінансових ресурсів, на їх реалізацію.

У зв'язку з цим під час організації МТЗ військ (сил) в операції (бойових діях) може виникнути завдання вибору найбільш економічного варіанта використання різних видів транспорту для підвезення МТЗ, що з урахуванням сучасного стану ресурсного забезпечення Збройних Сил України є актуальним і потребує залучення відповідного методичного апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні накопичена досить велика методична база вирішення завдання оптимального розподілу (подачі) матеріальних ресурсів між споживачами, місцями утримання тощо [2 – 5].

Разом з тим, зазначене завдання не розглядалося стосовно системи транспортно-логістичного забезпечення військ (сил), зокрема в інтересах оптимального (раціонального) використання транспорту різних видів під час забезпечення військ (сил) МТЗ в операції (бойових діях) з урахуванням можливих обмежень у часі подачі МТЗ споживачам.

Тому, **метою статті** є викладення методу визначення оптимального варіанта використання різних видів транспорту під час забезпечення військ (сил)

матеріально-технічними засобами з урахуванням можливих обмежень у часі їх подачі споживачам.

Основна частина

Для формування задачі розглянемо систему забезпечення МТЗ, яка нараховує m постачальників і k споживачів матеріально-технічних засобів.

Припустимо, що постачальники МТЗ знаходяться у різних місцях (пунктах) A_i ($i = \overline{1, m}$). При цьому, у кожного i -го виду (у цьому разі кількість видів транспорту дорівнює кількості постачальників МТЗ) для підвезення МТЗ споживачам, які знаходяться у пунктах B_j ($j = \overline{1, k}$) і віддалені від постачальників на відстань S_{ij} .

Будемо вважати, що кожний постачальник у змозі забезпечити наявними транспортними засобами кожного j -го споживача потрібними МТЗ вагою b_j тонн. Припустимо також, що на кожній i -й вид транспортних засобів можуть бути завантажені МТЗ загальною вагою Q_i тонн.

Позначимо через x_{ij} обсяг вантажу (у тоннах), який планується до відправлення від i -го постачальника j -му споживачеві. Тоді обсяг вантажу, який планується до відправлення j -му споживачеві від усіх постачальників МТЗ A_i становитиме:

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{mj}.$$

Оскільки в пункт B_j має бути подано b_j тонн вантажу, то повинна виконуватись рівність

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{mj} = \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j.$$

Отже, можна записати умову забезпечення j -го споживача необхідною кількістю МТЗ b_j , які подаються в пункт B_j різними видами транспорту з m пунктів забезпечення:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j.$$

Кількість таких рівнянь дорівнює k – кількості споживачів МТЗ.

Зауважимо, що загальний обсяг вантажів, що відправляються з пункту A_i усім споживачам j , не може перевищувати Q_i тонн, внаслідок чого виникає обмеження:

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{mj} = \sum_{j=1}^k x_{ij} \leq Q_i .$$

Отже, умова відповідності можливостей i -го постачальника потреби у забезпеченні усіх споживачів МтЗ набуває вигляду:

$$\sum_{j=1}^k x_{ij} \leq Q_i .$$

Кількість таких нерівностей дорівнює кількості m постачальників МтЗ. Зазначеним співвідношенням можна поставити у відповідність так звану матрицю перевезень. Приклад схеми підвезення МтЗ від двох ($m = 2$) постачальників трьом ($k = 3$) споживачам наведений на рис. 1., а матриці перевезень для $m = 5$ і $k = 6$ – табл. 1.

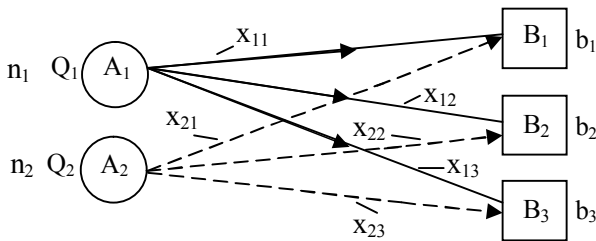


Рис. 1. Схема підвезення матеріально-технічних засобів (для $m=2, k=3$)

Таблиця 1
Матриця перевезень (для $m=5, k=6$)

| Постачальники ($m=5$) | Споживачі ($k=6$) | | | | | | Обсяг МтЗ |
|-------------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | |
| A_1 | x_{11} | x_{12} | x_{13} | x_{14} | x_{15} | x_{16} | Q_1 |
| A_2 | x_{21} | x_{22} | x_{23} | x_{24} | x_{25} | x_{26} | Q_2 |
| A_3 | x_{31} | x_{32} | x_{33} | x_{34} | x_{35} | x_{36} | Q_3 |
| A_4 | x_{41} | x_{42} | x_{43} | x_{44} | x_{45} | x_{46} | Q_4 |
| A_5 | x_{51} | x_{52} | x_{53} | x_{54} | x_{55} | x_{56} | Q_5 |
| Потр. в підв. МтЗ | b_1 | b_1 | b_1 | b_1 | b_1 | b_1 | |

За відомими питомими витратами фінансових ресурсів c_{ij} на перевезення однієї тонни вантажу i -м видом транспорту j -му споживачеві (витрати на доставку МтЗ до місць навантаження, завантаження МтЗ на транспортні засоби та їхнє перевезення) можна розрахувати загальні витрати C фінансових ресурсів на підвезення вантажів від усіх постачальників до усіх споживачів:

$$C = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{1k}x_{1k} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + \dots + c_{2k}x_{2k} + \dots + c_{i1}x_{i1} + c_{i2}x_{i2} + \dots + c_{ik}x_{ik} + \dots + c_{m1}x_{m1} + c_{m2}x_{m2} + \dots + c_{mk}x_{m2},$$

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij}x_{ij} ,$$

де c_{ij} – питомі витрати на перевезення однієї тонни від i -го постачальника A_i до j -го споживача B_j ; x_{ij} – обсяг вантажів, що перевозяться відповідним видом транспорту від i -го постачальника A_i до j -го споживача B_j .

Нехай для підвезення вантажів вагою x_{ij} тонн від i -го постачальника до j -го споживача буде задіяно n_{ij} од. транспортних засобів i -го виду у кожному рейсі, а всього може здійснено r_{ij} рейсів. Якщо номінальна вантажопідйомність одного транспортного засобу i -го виду становить g_i , справедливе співвідношення:

$$x_{ij} = g_i \cdot n_{ij} \cdot r_{ij} .$$

Оскільки кількість транспортних засобів i -го виду у постачальника A_i обмежена і дорівнює n_i , має виконуватись нерівність

$$n_{i1} + n_{i2} + \dots + n_{ij} + \dots + n_{ik} = C_i = \sum_{j=1}^k n_{ij} \leq n_i .$$

Кількість таких нерівностей дорівнює m . З урахуванням наведеного вище вирази набувають вигляду:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m g_{ij} n_{ij} r_{ij} = b_j ;$$

$$\sum_{j=1}^k x_{ij} = \sum_{j=1}^k g_{ij} n_{ij} r_{ij} \leq Q_i ;$$

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij} x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij} g_{ij} n_{ij} r_{ij} .$$

Зауважимо, що під час забезпечення споживачів МтЗ велике значення має своєчасність подачі матеріально-технічних засобів у місця призначення.

У загальному випадку час T_{ij} підвезення вантажів j -му споживачеві від i -го постачальника в обсязі тонн залежить від: відстані S_{ij} між пунктами A_i і B_j ; середньої швидкості руху V_{ij} транспортних засобів між пунктами A_i і B_j ; кількості n_{ij} задіяних для підвезення вантажів транспортних засобів; номінальної вантажопідйомності одного транспортного засобу i -го виду g_i ; кількості здійснюваних транспортними засобами рейсів r_{ij} . При цьому час t_{ij} , що витратиться на здійснення першого рейсу з вантажем $g_i n_{ij}$, дорівнює S_{ij}/V_{ij} . Час, що витратиться на здійснення другого і подальших рейсів з вантажем $g_i n_{ij}$ кожний, дорівнює $2t_{ij}$ (враховується час t_{ij} , потрібний для повернення транспорту).

Таким чином, у загальному випадку для підвезення усього вантажу в обсязі тонн з пункту A_i в пункт B_j необхідно здійснити один (перший) рейс з витратами часу t_{ij} і $(r_{ij} - 1)$ рейсів з витратами часу $2t_{ij}$. У цьому разі загальний час T_{ij} , що витратиться на підвезення з пункту A_i в пункт B_j необхідного вантажу x_{ij} партіями по $g_i n_{ij}$ тонн r_{ij} рейсами, з урахуванням того, що $t_{ij} = S_{ij}/v_{ij}$, дорівнюватиме:

$$T_{ij} = t_{ij} + 2 \cdot (r_{ij} - 1) \cdot t_{ij} = t_{ij} + 2 \cdot r_{ij} \cdot t_{ij} - 2 \cdot t_{ij} = 2 \cdot r_{ij} \cdot t_{ij} - t_{ij} = S_{ij}/v_{ij} \cdot (2 \cdot r_{ij} - 1) \leq T_{ijmp},$$

де T_{ijmp} – припустимий час, упродовж якого споживач у пункті B_j має бути забезпечений необхідною кількістю b_j МтЗ. Як бачимо, за $r_{ij} = 1$ має місце:

$$T_{ij} = t_{ij} = S_{ij}/v_{ij} .$$

З урахуванням вищевказаного може бути сформульована задача визначення оптимального варіанта використання транспорту різних видів під час забезпечення військ (сил) МтЗ:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij} x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k c_{ij} g_{ij} n_{ij} r_{ij} \rightarrow \min (1)$$

$$\text{при} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m g_{ij} n_{ij} r_{ij} = b_j ; \\ \sum_{j=1}^k x_{ij} = \sum_{j=1}^k g_{ij} n_{ij} r_{ij} \leq Q_i ; \\ n_{i1} + n_{i2} + \dots + n_{ij} + \dots + n_{ik} = C_i = \sum_{j=1}^k n_{ij} \leq n_i ; \\ T_{ij} = s_{ij} / v_{ij} \cdot (2 \cdot r_{ij} - 1) \leq T_{j\text{imp}} ; \\ x_{ij} = g_i \cdot n_{ij} \cdot r_{ij} \leq b_i ; n_{ij}, r_{ij} \geq 0 ; n_{ij}, r_{ij} \in Z. \end{array} \right. \quad (2)$$

Як бачимо, у якості цільової функції у наведеній постановці задачі застосовані загальні витрати фінансових ресурсів C на підвезення вантажів від усіх постачальників до всіх споживачів. При цьому, невідомими змінними у задачі є n_{ij} і r_{ij} (невідомими змінними у задачі також можуть бути $x_{ij} \leq 0$ та r_{ij}).

З огляду на вид цільової функції та обмежень, наведена задача належить до цілочисельних задач лінійного програмування [2].

Розв'язання задачі забезпечує вибір оптимального варіанта використання різних видів транспорту під час забезпечення військ (сил) матеріально-технічних засобів з урахуванням можливих обмежень у часі їх подачі споживачам.

Зауважимо, що вид цільової функції дає підстави вважати запропонований метод методом мінімізації витрат фінансових ресурсів на перевезення вантажів різними видами транспорту.

Отже, задача визначення оптимального варіанта використання транспорту різних видів під час забезпечення військ (сил) МтЗ може бути сформульована таким чином:

за наведеними вихідними даними знайти такі цілочисельні невід'ємні значення перемінних (кількість транспортних засобів i -го виду, що залучаються для підвезення МтЗ від i -го постачальника j -му споживачеві) та (кількість здійснюваних цими транспортними засобами рейсів), які задовольняють системі обмежень (2) і обертають лінійну функцію (1) – загальні витрати фінансових ресурсів на підвезення вантажів від усіх постачальників до усіх споживачів – у мінімум.

Висновки

Таким чином, запропонований метод забезпечує вибір такого варіанта використання транспорту різних видів під час забезпечення військ (сил) МтЗ, за якого забезпечуються своєчасне підвезення усім споживачам необхідних обсягів матеріально-технічних засобів при мінімальних витратах фінансових ресурсів на підвезення МтЗ.

За своїм змістом описаних метод є методом мінімізації загальних витрат фінансових ресурсів на перевезення вантажів різними видами транспорту. У цілому, наведений метод усуває існуючу на сьогодні прогалину в методичній базі оптимізації розподілу ресурсів стосовно системи транспортно-забезпечення військ (сил), зокрема в галузі оптимального (раціонального) використання транспорту різних видів під час підвезення запасів МтЗ споживачам.

Перспективи подальших досліджень є удосконалення розробленого методу для випадку, коли кожний з постачальників МтЗ має декілька видів транспорту для підвезення МтЗ.

Список літератури

1. Технічне забезпечення військ (сил) у операції і бою [Текст] : підруч. / В.О. Шуєнкін, О.І. Хазанович та ін.; під ред. М.І. Шепталенка. – К.: НАОУ, 2001. – 616 с.
2. Венцель, Е.С. Исследование операций [Текст]: учебн. / Е.С. Венцель. – М.: Сов. радио, 1972. – 552 с.
3. Кремер, Н.Ш. Исследование операций в экономике [Текст]: учебн. пос. / Н.Ш. Кремер. – М.: Банки и биржи, 1999. – 406 с.
4. Хруцкий, Е.А. Экономика-математические методы в планировании материально-технического снабжения [Текст] / Е.А. Хруцкий. – М.: Экономика, 1976. – 287 с.
5. Шуєнкін, В.О. Основи математичного програмування [Текст] / В.О. Шуєнкін, І.А. Жуков. – К.: КМУЦА, 1999. – 308 с.

Надійшла до редколегії 22.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.О. Шуєнкін, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА ВО ВРЕМЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ НА ПОДВОЗ ЭТИХ МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

С.С. Трегубенко

В статье идет речь о методе определения оптимального варианта использования транспорта разных видов во время обеспечения войск (сил) материально-техническими средствами. Метод учитывает возможные ограничения во времени подвоза материально-технических средств войскам (силам)

Ключевые слова: материально-технические средства, подвоз материально-технических средств.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM VARIANT OF USING DIFFERENT KINDS OF TRANSPORT WHILE PROVIDING THE FORCES WITH MATERIAL MEANS TAKING INTO ACCOUNT LIMIT OF TIME FOR BRINGING THESE MATERIAL MEANS

S.S. Tregubenko

The article deals with determination of the optimum variant of using different kinds of transport while providing the forces with technical and material means taking into account limit of time for bringing these material means. The method takes into account possible limits of time while delivering technical and material means to forces.

Key words: technical and material means, delivering technical and material means.