

УДК 355.41

Білетов В. І., к.військ.н.;

Ворона Т. О.;

Васюхно С. І.;

Полякова О. В.

Уварова Т.В.

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

## **Формалізована модель управління підвозом матеріальних засобів в операціях (бойових діях) військ (сил).**

**Резюме.** У статті розглядається формалізована модель управління підвозом матеріальних засобів, використання якої дасть змогу підвищити ефективність управлінської діяльності завдяки автоматизації визначених процесів.

**Ключові слова:** модель управління, підвіз матеріальних засобів, критерії вибору.

**Постановка проблеми.** Досвід проведення антитерористичної операції (АТО) в Україні показав, що матеріально-технічне забезпечення (МТЗ) Збройних Сил України не відповідає сучасним вимогам. Президент України - Верховний Головнокомандувач ЗС України охарактеризував поточний стан МТЗ як критичний. Нагальною потребою є кардинальне вдосконалення системи матеріально-технічного забезпечення підрозділів Збройних Сил та інших військових формувань держави. Підвіз матеріальних засобів є важливим процесом системи МТЗ військ (сил). У першу чергу мова йде про управління підвозом матеріальних засобів.

На сьогодні управління підвозом матеріальних засобів характеризується цілою низкою проблемних питань, зокрема:

- процеси управління підвозом слабо пов'язані між собою, немає чіткої взаємодії між ними;

- переважна більшість процесів не автоматизована, хоча в розвинутих країнах світу, в першу чергу, в країнах-членах НАТО, ці процеси автоматизовані повністю;

- відсутня інтеграція всіх процесів управління підвозом матеріальних засобів для ЗС та інших військових формувань держави в єдину автоматизовану інформаційну систему.

За вказаними вище причинами існуюче управління підвозом матеріальних засобів не забезпечує потрібну йому оперативність, гнучкість, прозорість та відкритість, тобто не забезпечує необхідну ефективність цієї діяльності.

Виходячи з проблемних питань, якими характеризується існуюче управління підвозом

матеріальних засобів, метою статті є розроблення формалізованої моделі, використання якої дасть змогу підвищити ефективність управління підвозом матеріальних засобів шляхом автоматизації процесів управління.

У свою чергу для автоматизації процесів управління потрібна їх формалізація. Така модель передбачає спеціальне математичне забезпечення (СМЗ). Вона може стати важливою функціональною складовою перспективної автоматизованої системи управління (АСУ) логістичними процесами Збройних Сил України стосовно підвозу матеріальних засобів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В існуючих публікаціях питанням удосконалення МТЗ військ (сил) приділяється достатньо уваги [1-9]. При цьому розглядаються, як правило, організаційні питання. Значно менше публікацій присвячується проблемам автоматизації процесів управління МТЗ військ (сил) стосовно управління процесами підвозу матеріальних засобів.

**Виклад основного матеріалу.** Модель підвозу матеріальних засобів спрямована на формалізацію процесів забезпечення матеріальними засобами військ (сил), зокрема, визначення загальних потреб у підвозі матеріальних засобів.

Модель характеризується наступними показниками: забезпеченістю військ (сил) матеріальними засобами на визначений час; загальною потребою в матеріальних засобах; можливістю, обсягом і терміном підвозу; можливістю накопичення запасів до

встановлених норм, або поповнення їх витрат за напрямками, завданнями і конкретними потребами військових частин тощо. Крім того, модель дає змогу визначити можливості різних видів транспорту і розподілу обсягу підвозу за видами транспорту.

За своєю структурою модель може бути представлена у вигляді чотирьох блоків (часткових моделей), зокрема:

*Блок 1* – визначення загального обсягу підвозу – призначений для визначення обсягів і термінів підвозу за кожним видом матеріальних запасів на основі даних про потребу в матеріальних засобах кожного споживача, їх наявності, встановлених норм утримання незнижуваних запасів;

*Блок 2* – оцінювання можливостей за кожним видом транспорту - визначення наявності транспортних засобів і на цій основі проведення вибору маршрутів у мережі шляхів сполучення для підвозу визначеної номенклатури матеріальних засобів;

*Блок 3* - визначення загальних можливостей транспорту в системі підвозу - розрахунок загальних можливостей транспорту для виконання обсягу підвозу, а також виявлення резерву відповідно до заданих рубежів і напрямів;

*Блок 4* - розподіл транспорту за напрямками і споживачами з урахування ресурсних обмежень.

Під час прогону моделі підвозу матеріальних засобів, використовуються наступні вихідні дані:

- про прикріплення споживачів до відправників; наявність і потреби в матеріальних засобах кожного споживача; наявність запасів матеріальних засобів у кожного споживача;

- характеристики шляхів сполучення і можливості залізничного, морського, річкового і повітряного транспорту, який виділений для підвозу матеріальних засобів.

При виборі методів для реалізації часткових моделей в основному використовуються широко апробовані на практиці аналітичні залежності.

Обсяг підвозу для окремого споживача за видами матеріальних засобів може бути визначена за формулою:

$$Q_{jk}^{підв} = Q_{jk}^{потр} - Q_{kj}^{наяв} + Q_{kj}^{НЗ},$$

де  $Q_{jk}^{потр}$  - потреба для  $j$ -го споживача  $k$ -го виду матеріальних ресурсів;

$Q_{kj}^{наяв}$  - наявність матеріальних з ресурсів  $k$ -го виду у  $j$ -го споживача;

$Q_{kj}^{НЗ}$  - обсяг незнижуваних запасів матеріальних ресурсів  $k$ -го виду, встановлений для  $j$ -го споживача.

Загальний обсяг підвозу за всіма видами матеріальних ресурсів ( $n$ ) для кожного споживача:

$$Q_{заг} = \sum_{i=1}^n Q_{i\,jk}^{підв}.$$

Аналогічно визначається обсяг підвозу матеріальних засобів окремо за суховантажами та наливними транспортними засобами. Це необхідно зробити, оскільки при визначенні можливостей транспорту, призначеного для виконання обсягу підвозу, необхідно враховувати цю специфіку у зв'язку зі спеціалізацією транспортних засобів.

Визначення можливостей кожного виду транспорту починається з вибору мережі шляхів сполучення. Отримання рішення за вибором мережі шляхів сполучення при комплексному використанні різних видів транспорту в моделі підвозу матеріальних засобів може бути здійснено одним з таких методів: варіаційних рядів, теорії графів та динамічного програмування.

В якості критеріїв вибору мережі шляхів приймаються:

а) перший - час перевезень за даним маршрутом повинен бути менше або дорівнювати заданому, тобто  $T_{jk}^{підв} \leq T_{jk}^{\max}$ ;

б) другий - мінімум затрат ресурсів на підготовку, будівництво, відновлення, технічне прикриття та зміст кожного маршруту мережі шляхів сполучення.

Сутність методу варіаційних рядів при виборі мережі шляхів сполучення полягає у тому, що ефективність їх застосування визначається послідовно з використанням обох критеріїв оцінки.

На першому етапі відбираються ті маршрути з усього комплексу мережі шляхів сполучення, які задовольняють вимогам першого критерію. Це здійснюється на підставі розрахунку часу перевезень за кожним маршрутом між заданими пунктами. Крім того, порівняння може здійснюватись також за відстанню перевезень різними видами транспорту.

Для співвідношення показників при порівнянні звичайна відстань переводиться у так зване "приведена відстань" між заданими пунктами відправлення та отримання матеріальних засобів з урахуванням різних швидкостей руху транспорту та часу перерв у

русі. *Приведена відстань* - це умовна величина, яка показує, наскільки відбудеться збільшення маршруту перевезень при зміні його швидкості та часу перерви у русі з урахуванням заданого часу на перевезення.

Величину приведеної відстані можна визначити за формулою:

$$L_{ij}^{np} = V_{ij}^m \left[ \frac{L_{ij}^m}{V_{ij}^m} + T_{ij}^{зад} (1 - K_{ij}^{zom}) \right],$$

де  $L_{ij}^{np}$  - приведена відстань маршруту між  $i$ -м та  $j$ -м пунктами;

$V_{ij}^m$  - середня швидкість руху транспортних засобів на  $ij$ -му маршруті  $b$ -го виду транспорту;

$T_{ij}^{зад}$  - заданий час перевезень на  $ij$ -му маршруті;

$K_{ij}^{zom}$  - коефіцієнт, що характеризується готовністю  $ij$ -го маршруту в залежності від часу перерви руху на ньому.

Коефіцієнт готовності  $ij$ -го маршруту визначається за виразом

$$K_{ij}^{zom} = 1 - \frac{t_{ij}^{nep}}{T_{ij}^{pyx}},$$

де  $T_{ij}^{pyx}$ ,  $t_{ij}^{nep}$  - час руху та перерва у русі транспортних засобів на  $ij$ -му маршруті.

У заданому регіоні для всієї мережі шляхів складаються варіаційні ряди такого виду:

- для мережі залізничних доріг:

$$L_{z01}^{np} < L_{z02}^{np} < \dots < L_{z0N}^{np};$$

- для мережі автомобільних доріг:

$$L_{a01}^{np} < L_{a02}^{np} < \dots < L_{a0N}^{np};$$

- для мережі річкових ліній:

$$L_{p01}^{np} < L_{p02}^{np} < \dots < L_{p0N}^{np};$$

- для мережі морських ліній:

$$L_{m01}^{np} < L_{m02}^{np} < \dots < L_{m0N}^{np};$$

- для мережі повітряних ліній:

$$L_{l01}^{np} < L_{l02}^{np} < \dots < L_{l0N}^{np};$$

- для мережі трубопровідних ліній:

$$L_{t01}^{np} < L_{t02}^{np} < \dots < L_{t0N}^{np};$$

У цих рядах прийнята наступна індексація: шляхів сполучення:  $z$  - залізні дороги,  $a$  - автомобільні дороги,  $p$  - річкові шляхи,  $m$  - морські шляхи,  $l$  - повітряні шляхи,  $t$  - трубопровідні лінії. Цифри  $01$ ,  $02$ , ...,  $0N$  —

порядкові номери маршрутів у ранжируваному ряду.

У цих варіаційних рядах на першому місці будуть ті маршрути між заданими пунктами, які мають найменшу приведену відстань, а потім за мірою її збільшення.

Варіаційний ряд можна будувати і в один ряд для всіх видів шляхів сполучення.

Залежно від встановленого терміну перевезень між заданими пунктами встановлюється припустимий показник

приведеної відстані  $L_{ij}^{np}$ . Він визначається за тією ж залежністю, що і величина приведених маршрутів, але за умови, що значення коефіцієнта готовності приймається таким, коли за даним маршрутом за заданий час можливо здійснити доставку вантажів до пункту призначення один раз.

Потім всі приведені відстані в ранжируваному ряді порівнюються з показником приведеної відстані і залишаються ті маршрути, які мають приведену відстань менше або рівну допустимій. Це означає, що маршрути, які мають величину приведеної відстані більше допустимого показника, в межах заданого часу не можуть бути використані для перевезень. З подальшого порівняння за другим критерієм ці маршрути виключаються.

На другому етапі з використанням другого критерію вибір відбувається з відібраних маршрутів за першим критерієм. Для них розраховуються витрати ресурсів на підготовку, будівництво, відновлення, технічне прикриття, вміст і виконання перевезень. Визначимо ці витрати через  $C_{ij}^{nidz}$ .

Показник, за яким будується другий варіаційний ряд, може бути визначений виразом

$$E_{ij} = \frac{C_{ij}}{\prod_{ij}},$$

де  $E_{ij}$  - показник ефективності використання  $ij$ -го маршруту;

$\prod_{ij}$  - пропускна здатність  $ij$ -го маршруту для всіх видів шляхів сполучення.

Відібрані маршрути можуть використовуватися в моделі підвезення для розроблення оптимальних планів підвезення матеріальних засобів і перевезень їх різними видами транспорту. У цьому випадку завдання за розподілом обсягу підвезення по видах транспорту і розроблення планів перевезень кожним видом транспорту значно спрощуються.

Подальший вибір мережі шляхів сполучення може проводитися в заданій смузі з використанням *теорії графів*, коли мережа шляхів сполучення, що залишилася, з'являється з орієнтованим симетричним графом. При цьому під вершинами слід розуміти вузли пересічення та інші транспортні об'єкти, під дугами - ділянки, а під довжиною дуги - такі показники, як протяжність ділянки, приведена швидкість руху транспортних засобів, час руху транспортних засобів, пропускна спроможність, витрати ресурсів на підготовку, будівництво, відновлення, технічне прикриття, утримання, перевезення тощо.

Кожній вершині графа приписується показник (потенціал даної вершини), який є критерієм вибору мережі шляхів сполучення. Він повинен визначатися з урахуванням фактичних експлуатаційних показників конкретної ділянки і маршруту, а також дії на них зовнішнього середовища.

Існуючі алгоритми вибору мережі шляхів сполучення з використанням теорії графів не передбачають переходу від однієї ділянки або маршруту до іншого, якщо будуть на них перерви в русі транспортних засобів, тобто немає цілісності єдиного маршруту. Тим часом мережу шляхів сполучення в більшості випадків доведеться вибирати, коли не буде цілісності маршрутів. У цих випадках використовується метод визначення приведених відстаней залежно від величини перерви в русі, що дає змогу застосувати класичні алгоритми теорії графів.

При цьому з'явиться можливість визначити місце, де можна найефективніше проводити роботи по відновленню транспортних об'єктів.

$$B_{ijk}^n = N_{ijk}^n \cdot g_k^n \cdot m_{ijk} \cdot K_{вантk}^n \cdot K_{компл}^n \cdot K_{техн}^n,$$

де  $B_{ijk}^n$  - можливості  $n$ -го виду транспорту при використанні  $ij$ -го маршруту при підвозі  $k$ -го виду матеріальних засобів;

$N_{ijk}^n$  - кількість розрахункових транспортних засобів  $n$ -го виду транспорту, що використовується на  $ij$ -му маршруті при підвозі  $k$ -го виду матеріальних засобів;

$g_k^n$  - вантажопідйомність транспортного засобу за видами матеріальних засобів;

$m_{ijk}$  - кількість зворотів транспортних засобів на  $ij$ -му маршруті між пунктами  $i$  та  $j$  при перевезенні  $k$ -го виду матеріальних засобів;

Мережу шляхів сполучення можна вибирати з використанням методу *динамічного програмування*. При цьому мережа шляхів сполучення розглядається як фізична система, яка з часом може міняти свій стан. Цією системою можна управляти, тобто переводити її з одного стану в інший.

Можливості транспорту по кожному виду на користь підвезення матеріальних засобів повинні визначатися з урахуванням стану вибраної мережі шляхів сполучення, наявності і стану транспортних і завантажувально-розвантажувальних засобів.

При визначенні можливостей залізничного транспорту необхідно враховувати наступні особливості.

Перший випадок, коли наявний рухомий склад забезпечує перевезення при максимальній пропускній спроможності залізниць, тобто не лімітує перевезення. У цьому випадку можливості залізничного транспорту визначають за пропускною спроможністю і з врахуванням ваги вантажів.

Другий випадок, коли пересувний склад не забезпечує перевезення за максимальною пропускною спроможністю залізниць, тобто лімітує перевезення, тоді можливості залізничного транспорту визначаються за наявністю рухомого складу з врахуванням їх звороту.

У цілому для визначення можливостей будь-якого виду транспорту можна рекомендувати наступну залежність:

$K_{вантk}^n$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів у залежності від виду транспорту та матеріальних засобів;

$K_{компл}^n$  - коефіцієнт укомплектованості транспортних засобів за видами транспорту;

$K_{техн}^n$  - коефіцієнт технічної готовності транспортних засобів за видами транспорту.

Найбільшу трудомісткість представляє вибір математичних методів для реалізації часткової моделі, яка відноситься до класу моделей за розподілом ресурсів.

Крім того, обраний метод цієї часткової моделі повинен відповідати наступним вимогам:

забезпечити вибір рішення, близького до оптимального;

алгоритм, який реалізує метод, повинен бути зручним для обчислювань на сучасних ЕОМ;

точність методу і моделі підвезення матеріальних засобів мають бути співрозмірні з точністю і достовірністю вихідної (вхідної) інформації;

задовольняти вимогам оперативності реалізації всієї моделі підвозу.

Часткова модель по розподілу транспорту для виконання заданого обсягу підвезення зводиться до завдання його розподілу за видами транспорту і може бути вирішена на ЕОМ у два етапи.

На *першому етапі* розподіляється обсяг підвезення за видами транспорту між районами відправлення і отримання. У цьому випадку ставиться завдання щодо підвезення як у загальній моделі матеріального забезпечення.

При цьому виробляється принципове рішення щодо використання різних видів транспорту із виконання обсягу підвезення за напрямками, тобто між районами відправлення і прийняття матеріальних ресурсів. Цим рішенням визначаються роль і місце кожного виду транспорту у виконанні загального завдання щодо підвезення матеріальних ресурсів.

На *другому етапі* транспортні засоби (підрозділи) кожного виду транспорту розподіляються з вказівкою конкретного часу завантаження, розвантаження і маршрутів руху. По суті, на цьому етапі відпрацьовуються плани перевезень кожним видом транспорту.

Для реалізації моделі підвезення на першому етапі можуть використовуватися ті ж методи, що і в моделі матеріального забезпечення при розподілі матеріальних ресурсів, тобто метод лінійного програмування і експертних оцінок.

На другому етапі реалізації моделі підвезення розміри завдання значно збільшуються і тут необхідно, щоб при великій кількості відправників і одержувачів витримати вимогу за часом рішення. Використання методів лінійного і динамічного програмування на другому етапі реалізації моделі підвезення представляє значні труднощі. Тому, слід оцінити застосування для цих цілей таких методів, як метод гілок і кордонів, комбінаторних методів, а також еволюційно-симулятивних методів.

**Висновки.** Першим кроком на шляху автоматизації системи управління підвозом матеріальних засобів є формалізація процесів

управління цією системою, тобто розроблення формалізованої моделі, що складає мету цієї статті.

Розроблена формалізована модель за своєю структурою складається з чотирьох часткових моделей. Реалізація моделі здійснюється за допомогою аналітичних залежностей, методів варіаційних рядів, теорії графів та методу динамічного програмування.

**Подальші дослідження** доцільно спрямувати на розроблення алгоритмів автоматизації процесів матеріального забезпечення підрозділів Збройних Сил та інших військових формувань держави.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демідов Б. О. Концептуальні положення щодо створення автоматизованої системи управління протиповітряної оборони держави / Б. О. Демідов. – К.: Наука і оборона, 2014. – № 3. – С. 51-56.
2. Шелест Є. Ф. Автоматизація процесів оборонного планування та адміністративної діяльності в ЗС України / Є. Ф. Шелест. – К.: Наука і оборона, 2006. – № 4. – С. 44-47.
3. Стеценко О. О. Основи управління військами / О. О. Стеценко. – К.: Київський національний університет ім. Т. Г. Шевченка, 2009. – С. 118-121.
4. Закалад М. А., Білетов В. І. Проблеми воєнно-наукового супроводження створення автоматизованих систем управління військового призначення / М. А. Закалад, В. І. Білетов. – К.: Збірник наукових праць ЦВСД НУОУ ім. І. Черняхівського, 2013. – № 2 (48). – С. 14-19.
5. Тиханьчев О. В. Системы поддержки принятия решений – перспективное направление развития автоматизации управления войсками (силами) / О. В. Тиханьчев. – М.: Военная мысль, 2011. – № 6. – С. 45-50.
6. Алехин. Т. Ю. Методы синтеза и адаптации специального математического обеспечения комплексов средств автоматизации / Т. Ю. Алехин. – М.: Военная мысль, 2012. – № 9. – С. 19-26.
7. Протасов А. А. Планирование применения стратегических вооружений / А. А. Протасов. – М.: Военная мысль, 2013. – № 8. – С. 11-15.
8. Выпасняк В. И. Моделирование военных действий / В. И. Выпасняк. – М.: Военная мысль, 2014. – № 3. – С. 32-40.
9. Барвиненко В. В. Об автоматизации управления группировками Вооруженных сил / В. В. Барвиненко. – М.: Военная мысль, 2012. – № 6. – С. 26-30.

Стаття надійшла до редакції 16.02.2016

**Билетов В. И., к.воен.н.;**

**Ворона Т. А.;**

**Васюхно С. И.;**

**Полякова Е. В.**

**Уварова Т.В.**

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

**Формализованная модель управления подвозом материальных средств в операциях (боевых действиях) войск (сил)**

**Резюме.** В статье рассматривается формализованная модель управления подвозом материальных средств, использование которой позволит повысить эффективность управленческой деятельности за счёт автоматизации соответствующих процессов.

**Ключевые слова:** модель управления, подвоз материальных средств, критерии выбора.

**V. Biletov, Ph.D.;**

**T. Vorona;**

**S. Vasuhno;**

**E. Polyakova;**

**T. Uvarova**

Center for Military and Strategic Studies National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernykhovskij, Kyiv

**Formalized management model resupply of materiel operations (combat) troops (forces)**

**Resume.** A formalization case the transport of financial facilities frame is examined in the article, the use of which will allow promoting efficiency of administrative activity due to automation of the proper processes.

**Keywords:** case frame, transport of financial facilities, criteria of choice.