

УДК 656.02:355.69

Сисоєв В.В.

**УПРАВЛІННЯ ДОСТАВКОЮ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ
В ЕШЕЛОНОВАНІЙ СКЛАДСЬКІЙ СИСТЕМІ
ПРИ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ**

Розглянуто проблему управління доставкою матеріальних ресурсів усередині системи матеріально-технічного забезпечення силових структур. Розроблена економіко-математична модель процесу доставки матеріальних ресурсів з урахуванням ешелонованої структури складської системи та змішаних перевезень.

Головними складовими інфраструктури макрологістичних систем матеріально-технічного забезпечення (СМТЗ), що залишилися у спадок ще з часів централізованого планового постачання силових структур, є багаторівневі системи складування, організовані за видами забезпечення (продовольчого, речового, паливно-мастильного та ін.). Особливістю побудови таких систем є їх ешелонована структура, яка полягає в акумулюванні основних обсягів запасів матеріальних ресурсів (МР) на складах вищого рівня та періодичного поповнення запасів складів нижнього рівня зі складів найближчого вищого рівня [1].

В умовах ринкової економіки, коли існує широка конкуренція постачальників продукції на різних ринках збуту (національному, регіональних, місцевих), застосовуються гуртові знижки на великі обсяги закупівель, активно розвивається сфера транспортно-експедиційних послуг, ешелонована організація складської системи має нові переваги, зумовлені зменшенням логістичних витрат на закупівлю й транспортування МР, зберігання їх запасів. Цьому сприяє і децентралізація управління матеріально-технічним забезпеченням силових структур, що дозволяє закуповувати необхідну продукцію на тих ринках, які надають найбільш вигідні пропозиції щодо умов її закупівлі та доставки за такими критеріями, як асортимент, ціна і якість продукції, надійність й своєчасність постачання та ін.

Широка номенклатура і асортимент МР, що використовуються для забезпечення життєдіяльності та службово-бойової діяльності структурних підрозділів силових структур, велика кількість їх постачальників та часто змінювана кон'юнктура на ринках збуту створюють постійні великі матеріальні потоки між складами різних рівнів в розгалуженій СМТЗ силових структур. За цих умов, ключовою проблемою управління матеріально-технічним забезпеченням силових структур стає організація ефективної доставки МР від центральних і регіональних складів до локальних складів структурних підрозділів із застосуванням різних видів транспорту та типів транспортних засобів.

Управління доставкою МР включає цілий комплекс задач раціонального вибору способу транспортування, перевізника, виду транспорту, транспортних засобів, маршрутів та інших параметрів транспортного процесу [2-4].

Особливий інтерес науковців викликають задачі управління змішаними перевезеннями, які дозволяють шляхом організації взаємодії різних видів транспорту і транспортних засобів на основі співставлення витрат на перевезення реалізувати принцип доставки вантажів “від дверей до дверей” [5,6].

Сучасна методологія вдосконалення процесів перевезення вантажів в умовах взаємодії різних видів транспорту і типів транспортних засобів ґрунтується на логістичному підході, який розглядає транспортний процес як потоковий, що протікає в рамках інтегрованих логістичних ланцюгів і забезпечує переміщення по ним матеріальних потоків від постачальників до споживачів продукції [7-9].

Логістична постановка задачі управління доставкою МР є актуальною і для СМТЗ силових структур, які, як правило, здійснюють перевезення призначених їм МР тільки власними транспортними засобами, незважаючи на іноді значні логістичні витрати, нехтуючи можливостями, що надає сучасний ринок транспортно-експедиційних послуг.

Метою статті є розробка економіко-математичної моделі процесу доставки матеріальних ресурсів в ешелонованій складській системі СМТЗ силових структур з використанням змішаних перевезень.

Для зменшення вимірності транспортної задачі розглянемо ешелоновану систему складування тільки за одним видом матеріально-технічного забезпечення. Враховуючи ідею побудови сучасних СМТЗ силових структур за територіальним принципом організаційна структура складської системи є ієрархічною з трьома рівнями складів (рис. 1).

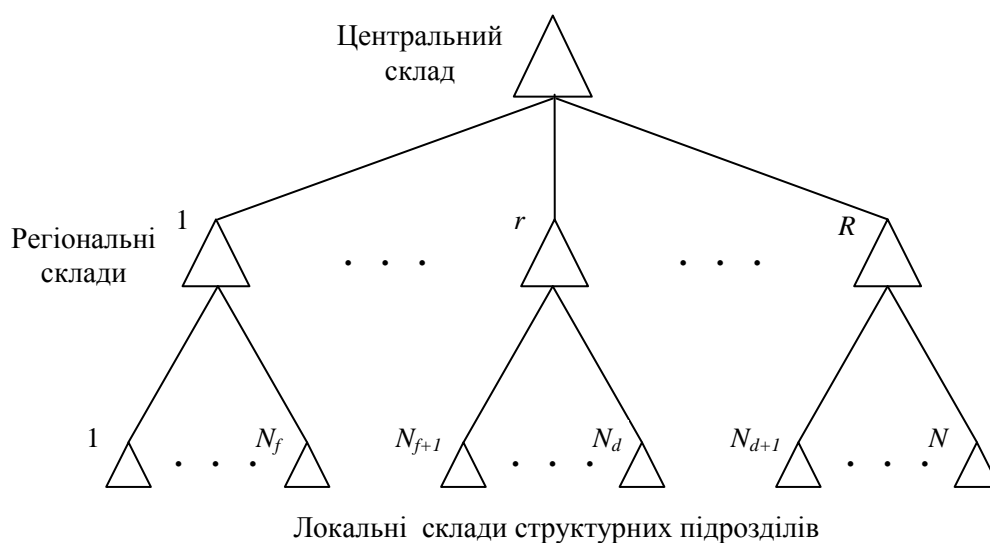


Рис. 1 - Організаційна структура ешелонованої складської системи

Рух матеріальних потоків в такій системі (доставка вантажів МР) здійснюється за схемою (рис. 2):

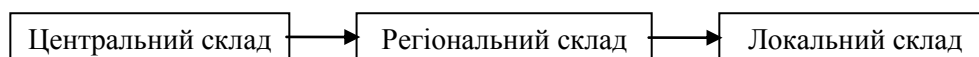


Рис. 2 - Схема руху матеріальних потоків

З центрального складу доставляються МР, що закуповуються у центральних постачальників, з регіонального складу – що надходять від центрального складу та закуповуються у регіональних постачальників, на локальний склад поступають МР, що надходять від регіонального складу та закуповуються у місцевих постачальників. В даній постановці транспортної

задачі не будуть враховуватися логістичні витрати на складування і зберігання МР на складах, за виключенням регіональних складів. При цьому, останні розглядаються тільки як розподільчо-перевалочні пункти, в яких МР, що надходять від центрального складу не зберігаються, а пересортовуються, перекомплектовуються, консоліднуються та перевантажуються з одного виду транспорту чи транспортних засобів на інший з урахуванням тари перевезення.

Розглянемо вихідні дані для розв'язання даної задачі:

R – кількість регіональних складів за одним видом матеріально-технічного забезпечення (будемо вважати, що в кожному регіоні існує тільки один склад за певним видом матеріально-технічного забезпечення);

N – кількість локальних складів за одним видом ресурсного забезпечення структурних підрозділів силових структур (нумерація наскрізна незалежно від регіональної приналежності) ;

S – кількість типів МР за одним видом матеріально-технічного забезпечення;

Z – кількість видів транспортних засобів, що використовуються для доставки МР від складу до складу;

$K_s^{II}, s = \overline{1, S}$ – кількість МР s -го типу, що закуповується у центральних постачальників на центральний склад;

$K_{sr}^{P3}, s = \overline{1, S}, r = \overline{1, R}$ – кількість МР s -го типу, що закуповується у регіональних постачальників r -го регіону;

$K_{sn}^{L3}, s = \overline{1, S}, n = \overline{1, N}$ – кількість МР s -го типу, що закуповується на n -тий локальний склад у місцевих постачальників;

$U_z, z = \overline{1, Z}$ – середня технічна швидкість транспортного засобу z -го виду;

$|L_r^{\dot{O}-D}|, r = \overline{1, R}$ – вектор відстаней від центрального складу до регіональних складів;

$\|L_{rn}^{P-\ddot{E}}\|$, $r = \overline{1, R}$, $n = \overline{1, N}$ – матриця відстаней від регіональних складів до локальних складів структурних підрозділів, дислокованих у відповідному регіоні;

C_{sz}^{s-P} , $s = \overline{1, S}$, $z = \overline{1, Z}$ – собівартість завантаження і розвантаження однієї одиниці МР s -го типу на(з) транспортний(ого) засіб(обу) z -го виду;

$C_{sz}^{i\ddot{a}} (\tilde{N}_{sz}^{\ddot{a}\ddot{a}})$, $s = \overline{1, S}$, $z = \overline{1, Z}$ – собівартість доставки на відстань в 1 км однієї одиниці МР s -го типу транспортним засобом z -го виду при підвезенні(вивезенні) їх до(з) місця завантаження(розвантаження) магістрального транспорту;

C_{sz}^i , $s = \overline{1, S}$, $z = \overline{1, Z}$ – собівартість доставки на відстань в 1 км однієї одиниці МР s -го типу при перевезенні їх магістральним транспортним засобом z -го виду;

$C_{sr}^{i\ddot{a}\ddot{d}}$, $s = \overline{1, S}$, $r = \overline{1, R}$ – витрати на пересортування, перекомплектування і консолідування однієї одиниці МР s -го типу з урахуванням тари перевезення на r -му регіональному складі;

$t_{sr}^{i\ddot{a}\ddot{d}}$, $s = \overline{1, S}$, $r = \overline{1, R}$ – час пересортування, перекомплектування і консолідування однієї одиниці МР s -го типу з урахуванням тари перевезення на r -му регіональному складі;

t_{sz}^{s-P} , $s = \overline{1, S}$, $z = \overline{1, Z}$ – час завантаження і розвантаження однієї одиниці МР s -го типу на (з) транспортний(ого) засіб(обу) z -го виду.

Будемо вважати, що обсяги закупівель на усіх трьох рівнях: центральному, регіональному і місцевому – дорівнюють потребам структурних підрозділів в МР, що надходять на локальні склади. Тобто має місце система балансових рівнянь:

1. Якщо на r -тий регіональний склад надходять МР s -го типу у кількості:

$$K_{sr}^D = K_{sr}^{DC} + K_{sr}^{\ddot{O}-D}, \quad (1)$$

де K_{sr}^{U-P} – кількість МР s -го типу, що доставляються на r -тий регіональний склад із центрального складу (визначається за замовленнями r -го регіонального складу),

то кількість МР s -го типу, що поступають на усі регіональні склади з центрального складу має відповідати кількості МР цього ж типу, що відправляються із центрального складу:

$$K_s^U = \sum_{r=1}^R K_{sr}^{U-P}. \quad (2)$$

2. Якщо на n -тий локальний склад надходять МР s -го типу у кількості:

$$K_{sn}^{\ddot{E}} = K_{sn}^{\ddot{E}\zeta} + K_{srn}^{\mathcal{D}-\ddot{E}}, \quad (3)$$

де $K_{srn}^{P-\mathcal{L}}$ – кількість МР s -го типу, що доставляються на n -тий локальний склад із r -го регіонального складу (визначається за замовленнями n -го локального складу окремого структурного підрозділу),

то кількість МР s -го типу, що поступають на усі локальні склади з усіх регіональних складів має відповідати кількості МР цього ж типу, що відправляються із регіональних складів (K_s^P):

$$K_s^P = \sum_{r=1}^R K_{sr}^{\mathcal{D}} = \sum_{r=1}^R \sum_{n=1}^N K_{srn}^{\mathcal{D}-\ddot{E}}. \quad (4)$$

3. Таким чином, потреби усіх структурних підрозділів в МР s -го типу (P_s) дорівнюють кількості МР цього типу, що поступають на їхні локальні склади ($K_s^{\mathcal{L}}$):

$$P_s = K_s^{\ddot{E}} = \sum_{n=1}^N K_{sn}^{\ddot{E}\zeta} + \sum_{r=1}^R K_{sr}^{\mathcal{D}\zeta} + K_s^{\ddot{O}}. \quad (5)$$

В практиці перевезень вантажів в СМТЗ силових структур застосовується декілька варіантів доставки МР, які розрізняються видами транспорту та транспортних засобів (табл. 1), що використовуються, при цьому кожний вид транспортного засобу має свій унікальний номер $z = \overline{1, Z}$.

Таблиця 1 – Види транспорту та транспортних засобів, що використовуються для перевезень вантажів в СМТЗ силових структур

Пункти доставки Вид транспорту	Між центральним складом і регіональними складами	Між регіональними і локальними складами
Авіаційний транспорт	Транспортні літаки	Транспортні гелікоптери
Залізничний транспорт	Залізничні вагони основних типів	Залізничні вагони основних типів
Автомобільний транспорт	Вантажні автомобілі великої вантажності	Вантажні автомобілі середньої та великої вантажності

Слід підкреслити, що авіаційні та автомобільні транспортні засоби можуть бути як власними для силових структур, так і найманими у транспортних організаціях, що надають транспортно-експедиційні послуги, залізничні транспортні засоби – тільки найманими. Ці відмінності зумовлюють різні транспортні тарифи чи ціни на надання транспортних послуг.

Вибір того чи іншого виду транспорту чи транспортних засобів вимагає також врахування певних особливостей їх використання, а саме:

наявність спеціальних мереж доставки (залізничної колії, автомобільних шляхів) чи терміналів (аеродромів);

при використанні авіаційного і залізничного видів транспорту як магістрального транспорту доставка вантажів від складу-відправника до пункту відправки та від пункту призначення до складу-одержувача здійснюється допоміжним видом транспортних засобів – власним автомобільним транспортом чи транспортними гелікоптерами в умовах пошкодження наземних шляхів доставки з урахуванням характеристик відповідних вантажних робіт;

вважається, що час доставки вантажів не залежить від кількості МР, що перевозиться, тобто відсутні обмеження щодо кількості транспортних засобів будь-якого виду для здійснення перевезень будь-якої кількості МР.

Враховуючи особливості перевезень різних типів МР моделювання процесу доставки вантажів в ешелонованій складській системі доцільно здійснювати за окремими типами МР з урахуванням видів транспорту чи

транспортних засобів, що використовуються на тих чи інших етапах доставки, шляхом завдання відповідних характеристик. Головними показниками ефективності управління доставкою МР між складами різних рівнів СМТЗ силових структур, враховуючи неприбутковий характер діяльності цих систем, є логістичні витрати та час доставки.

Сукупні логістичні витрати на доставку одиниці МР s -го типу транспортним засобом z -го виду від центрального складу до r -го регіонального складу розраховуються за формулою:

$$F_{s zr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} = d^{i\hat{a}} (\tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} + \tilde{N}_{sz}^{i\hat{a}} L^{i\hat{a}}) + (C_{sz}^{\zeta-\delta} + C_{sz}^i L_r^{\ddot{O}-\ddot{D}}) + d^{\hat{a}\hat{a}} (\tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} + \tilde{N}_{sz}^{\hat{a}\hat{a}} L^{\hat{a}\hat{a}}), \quad (6)$$

де $d^{i\hat{a}}$ ($d^{\hat{a}\hat{a}}$) – бінарні величини, що показують використання допоміжних транспортних засобів для підвезення(вивезення) вантажів до(від) магістрального транспорту:

$$d^{i\hat{a}} (d^{\hat{a}\hat{a}}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} \neq 0 \text{ і } \tilde{N}_{sz}^{i\hat{a}} \neq 0, \\ 0, & \text{якщо } \tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} = 0 \text{ і } \tilde{N}_{sz}^{i\hat{a}} = 0; \end{cases}$$

$L^{i\hat{a}}$ ($L^{\hat{a}\hat{a}}$) – відстань підвезення(вивезення) вантажів до(від) місця завантаження(розвантаження) магістрального транспорту.

Сукупні логістичні витрати на доставку одиниці МР s -го типу транспортним засобом z -го виду від r -го регіонального складу до n -го локального складу розраховуються за формулою:

$$F_{s zrn}^{\ddot{D}-\ddot{E}} = d^{i\hat{a}} (\tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} + \tilde{N}_{sz}^{i\hat{a}} L^{i\hat{a}}) + (C_{sz}^{\zeta-\delta} + C_{sz}^i L_{rn}^{\ddot{D}-\ddot{E}}) + d^{\hat{a}\hat{a}} (\tilde{N}_{sz}^{\zeta-\delta} + \tilde{N}_{sz}^{\hat{a}\hat{a}} L^{\hat{a}\hat{a}}). \quad (7)$$

Сукупні логістичні витрати на доставку одиниці МР s -го типу в ешелонованій складській системі СМТЗ силових структур з урахуванням переробки вантажів на регіональних складах становлять:

$$F_s^{\ddot{O}-\ddot{E}} = \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R F_{s zr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} + \sum_{r=1}^R C_{sr}^{i\hat{a}\delta} + \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \sum_{n=1}^N F_{s zrn}^{\ddot{D}-\ddot{E}}. \quad (8)$$

Час доставки вантажів МР s -го типу транспортним засобом z -го виду від центрального складу до r -го регіонального складу визначається як:

$$t_{s zr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} = d^{i\hat{a}} (t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{sr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} + L^{i\hat{a}} / U_z) + t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{sr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} + L_r^{\ddot{O}-\ddot{D}} / U_z + t_z^{\ddot{u}\hat{i}} + d^{\hat{a}\hat{a}} (t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{sr}^{\ddot{O}-\ddot{D}} + L^{\hat{a}\hat{a}} / U_z), \quad (9)$$

де $t_z^{\delta o}$ – час на додаткові операції в процесі перевезення вантажів магістральним транспортним засобом z -го виду.

Час доставки вантажів МР s -го типу транспортним засобом z -го виду від r -го регіонального складу до n -го локального складу визначається як:

$$t_{szrn}^{D-\ddot{E}} = d^{i\hat{a}} (t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{srn}^{D-\ddot{E}} + L^{i\hat{a}} / U_z) + t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{srn}^{D-\ddot{E}} + L_{rn}^{D-\ddot{E}} / U_z + t_z^{\hat{a}i} + d^{\hat{a}\hat{a}} (t_{sz}^{\zeta-\delta} K_{srn}^{D-\ddot{E}} + L^{\hat{a}\hat{a}} / U_z). \quad (10)$$

Враховуючи, що процес доставки та переробки вантажів здійснюється паралельно за усіма напрямками, будемо вважати, що всі перевезення закінчуються в момент, коли завершується найбільш тривале із них, а отже загальний час доставки вантажів МР s -го типу від центрального складу до усіх локальних складів структурних підрозділів становить:

$$\max t_s^{\ddot{O}-\ddot{E}} = \max t_{s zr}^{\ddot{O}-D} + \max (t_{sr}^{i\hat{a}\delta} K_{sr}^D) + \max t_{s zrn}^{D-\ddot{E}}. \quad (11)$$

Оптимізаційна задача управління доставкою МР в ешелонованій складській системі від центрального складу до локальних складів структурних підрозділів силових структур може мати два формулювання:

1) при запланованому терміні доставки МР s -го типу (T_s^C) досягти мінімуму сукупних витрат на їх перевезення:

$$\sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R F_{s zr}^{\ddot{O}-D} K_{sr}^{\ddot{O}-D} + \sum_{r=1}^R C_{sr}^{i\hat{a}\delta} K_{sr}^D + \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \sum_{n=1}^N F_{s zrn}^{D-\ddot{E}} K_{srn}^{D-\ddot{E}} \rightarrow \min ,$$

при обмеженнях (2), (4), а також:

$$K_{sr}^{\ddot{O}-D} > 0, K_{sr}^D > 0, K_{srn}^{D-\ddot{E}} > 0,$$

$$T_s \leq T_s^C.$$

2) при обмежених фінансових ресурсах (C_s^B), виділених на перевезення МР s -го типу, досягти мінімуму часу їх доставки.

$$T_s = \max t_s^{\ddot{O}-\ddot{E}} \rightarrow \min ,$$

при обмеженнях (2), (4), а також:

$$K_{sr}^{\ddot{O}-D} > 0, K_{sr}^D > 0, K_{srn}^{D-\ddot{E}} > 0,$$

$$C_s \leq C_s^B.$$

Управління доставкою МР в ешелонованій складській системі вимагає чіткого розуміння процесу перевезення вантажів та урахування усіх можливих варіантів його організації із використанням різних видів транспорту та транспортних засобів. Розроблена економіко-математична модель процесу доставки МР від центрального складу до локальних складів СМТЗ силових структур дозволяє сформулювати дві основні оптимізаційні задачі управління доставкою МР за критеріями мінімуму сукупних логістичних витрат та часу на їх перевезення.

Подальші дослідження даної проблеми доцільно направити на розробку конкретних моделей та методів оптимізації управління доставкою МР в СМТЗ силових структур з урахуванням змішаних перевезень.

Література:

1. Хазанович О.І. Система матеріально-технічного забезпечення: ретроспектива розвитку та напрями удосконалення // Наука і оборона. – 2007. – № 1. – С. 53–57.
2. Кутах О.П. Моделювання транспортних систем / Монографія . – К.: Київський університет економіки і технологій транспорту, 2004. – 196 с.
3. Прокудін Г.С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах. Монографія. – К.: НТУ, 2006. – 224с.
4. Левковец П.Р., Товкун Д.Л. Управление перевозками грузов и логистика / Национальный транспортный ун-т. – К.: НТУ, 2002. – 144 с.
5. Милославская С.В., Плужников К.И. Мультимодальные и интермодальные перевозки. – М.: РосКонсульт, 2001. – 368 с.
6. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. и научн.ред. проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 976 с.
7. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Гудков В.А., Ширяев С.А., Некрасов А.Г. Транспортная логистика. Учебник / Л.Б. Миротин (общ. ред.). – М.: ЭКЗАМЕН, 2003. – 512 с.
8. Неруш Ю.М. Логистика: учеб. для вузов. 4-е изд., пере раб. и доп. – М.: Проспект, 2005. – 389 с.
9. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики / В.С. Лукинский. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.