

**РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОЕТАПНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ**

*Прокудін Г.С., доктор технічних наук*  
*Прокудін О.Г.,*  
*Печенко С.М.*

**Постановка проблеми і аналіз останніх публікацій.** В процесі вантажних перевезень часто виникає ситуація, коли обсяги поставок вантажу, що перевозиться, перевищує можливості складських приміщень його замовника. В цьому випадку ми стикаємося з необхідністю використання проміжних пунктів для тимчасового зберігання надлишків вантажу і як слідство багатоетапною транспортною задачею.

Припустимо ми маємо  $m$  постачальників однорідного вантажу  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , які мають його, відповідно, в об'ємах  $a_1, a_2, \dots, a_m$  і  $n$  його одержувачів  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , які мають заявки на нього в об'ємах, відповідно,  $b_1, b_2, \dots, b_n$ . [1-3] Причому загальні об'єми поставок цього вантажу перевищують загальні об'єми заявок на нього, а саме:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j. \tag{1}$$

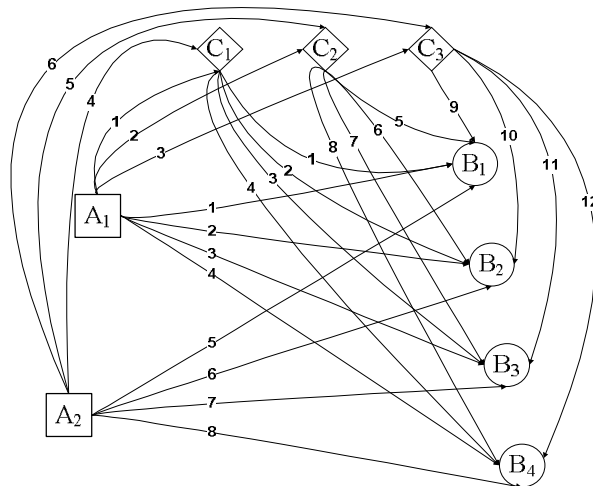
Припустимо також, що є  $l$  проміжних пунктів  $C_1, C_2, \dots, C_l$  для тимчасового зберігання надлишків вантажу  $\Delta = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$ , які можуть вміщати його в об'ємах, відповідно,  $c_1, c_2, \dots, c_l$ , при цьому можуть виникнути три різних варіанта співвідношень  $\sum_{i=1}^m a_i, \sum_{j=1}^n b_j$  і  $\sum_{k=1}^l c_k$  при обов'язковому виконанні умови (1):

$$\text{1-й варіант} - \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{k=1}^l c_k, \tag{2}$$

$$\text{2-й варіант} - \sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{k=1}^l c_k, \tag{3}$$

$$\text{3-й варіант} - \sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{k=1}^l c_k. \tag{4}$$

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо ці три варіанти на конкретному прикладі перевезень вантажу (рис. 1), у якого:



*Рис. 1. Вихідна схема перевезення вантажу*

4. кількість постачальників вантажу  $m = 2$ ;  $a_1 = 35$  одиниць вантажу (о.в.),  $a_2 = 35$  о.в.;

5. кількість одержувачів вантажу  $n = 4$ ;  $b_1 = 10$  о.в.,  $b_2 = 10$  о.в.;  $b_3 = 10$  о.в.,  $b_4 = 20$  о.в.;
6. кількість проміжних пунктів зберігання вантажу  $l = 3$ ;  $c_1 = 5 \div 10$  о.в.,  $c_2 = 5 \div 10$  о.в.,  $c_3 = 5 \div 10$  о.в.;
7. вартість перевезення о.в. між транспортними вузлами вказана на дугах, які їх з'єднують.

На рис. 2 представлена Excel-таблиця розв'язання першого варіанту перевезення вантажу (2), а на рис.3 – оптимальна схема його перевезення (об'єми перевезень вантажу між відповідними вузлами вказані на дугах, які їх з'єднують). Як видно з Excel-таблиці (див. рис. 2) перший варіант перевезення вантажу може бути виконаний за два етапи (перевезення вантажу 1-ого етапу зображені на рис. 3 у вигляді одинарних ліній, 2-го етапу – пунктирними).

На першому етапі 1-го варіанту перевезення вантажу повністю задовольняються усі його одержувачі ( $A_1 \rightarrow B_1 = 10$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_2 = 10$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_3 = 4$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_4 = 11$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_3 = 6$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_4 = 9$  о.в.) і надлишки вантажу  $\Delta$  перевозяться на проміжні пункти для тимчасового їх зберігання ( $A_2 \rightarrow C_1 = 5$  о.в.,  $A_2 \rightarrow C_2 = 5$  о.в.,  $A_2 \rightarrow C_3 = 10$  о.в.). Потім на другому етапі (через певний час) ці надлишки з проміжних пунктів транспортуються до відповідних їх одержувачів ( $C_1 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.,  $C_2 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.,  $C_3 \rightarrow B_2 = 10$  о.в.).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси	
2	A1	1	2	3	4	1	2	3	35		C1	1	2	3	4	5	
3	A2	5	6	7	8	4	5	6	35		C2	5	6	7	8	5	
4	Заявки	10	10	10	20	5	5	10			C3	9	10	11	12	10	
5											Заявки	10	10	10	20		
6																	
7		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси	
8	A1	10	10	4	11	0	0	0	35		C1	5	0	0	0	5	
9	A2	0	0	6	9	5	5	10	35		C2	5	0	0	0	5	
10	Заявки	10	10	10	20	5	5	10			C3	0	10	0	0	10	
11	305	10	20	54	116	20	25	60			Заявки	10	10	0	0		
12				1-й етап								130	30	100	0	0	
13													2-й етап				
14										435							

Рис. 2. Excel-таблиця розв'язання 1-го варіанту перевезення вантажу

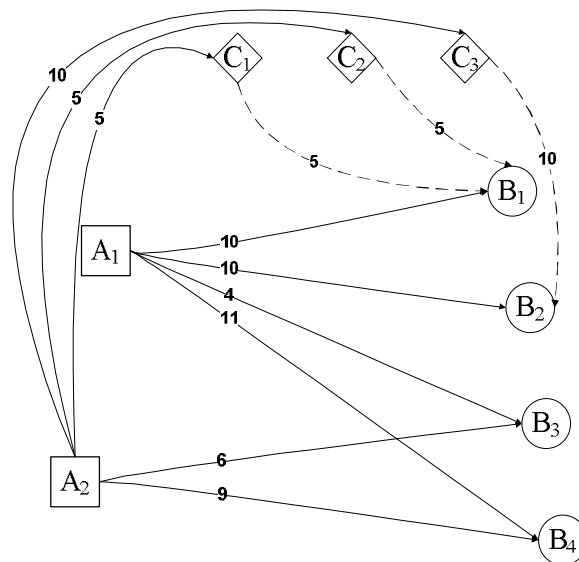


Рис. 3. Оптимальна схема розв'язання 1-го варіанту перевезення вантажу

На рис. 4 представлена Excel-таблиця розв'язання другого варіанту перевезення вантажу (3), а на рис.5 – оптимальна схема його перевезення (об'єми перевезень вантажу між відповідними вузлами вказані на дугах, які їх з'єднують). Як видно з Excel-таблиці (див. рис. 4) другий варіант перевезення

вантажу може бути виконаний також за два етапи (перевезення вантажу 1-ого етапу зображені на рис. 5 у вигляді одинарних ліній, 2-го етапу – пунктирними).

На першому етапі 1-го варіанту перевезення вантажу повністю задовольняються усі його одержувачі ( $A_1 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_2 = 10$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_3 = 6$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_4 = 14$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_3 = 4$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_4 = 6$  о.в.) і надлишки вантажу  $\Delta$  перевозяться на проміжні пункти для тимчасового їх зберігання ( $A_2 \rightarrow C_1 = 10$  о.в.,  $A_2 \rightarrow C_2 = 10$  о.в.). Потім на другому етапі (також через певний час) ці надлишки з проміжних пунктів транспортуються до відповідних їх одержувачів ( $C_1 \rightarrow B_1 = 10$  о.в.,  $C_2 \rightarrow B_2 = 10$  о.в.).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси
2	A1	1	2	3	4	1	2	3	35		C1	1	2	3	4	10
3	A2	5	6	7	8	4	5	6	35		C2	5	6	7	8	10
4	Заявки	10	10	10	20	10	10	10			C3	9	10	11	12	0
5											Заявки	10	10	10	20	
6																
7		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси
8	A1	5	10	6	14	0	0	0	35		C1	10	0	0	0	10
9	A2	5	0	4	6	10	10	0	35		C2	0	10	0	0	10
10	Заявки	10	10	10	20	10	10	0			C3	0	0	0	0	0
11	290	30	20	46	104	40	50	0			Заявки	10	10	0	0	
12				1-й етап							70	10	60	0	0	
13												2-й етап				
14									360							

Рис. 4. Excel-таблиця розв'язання 2-го варіанту перевезення вантажу

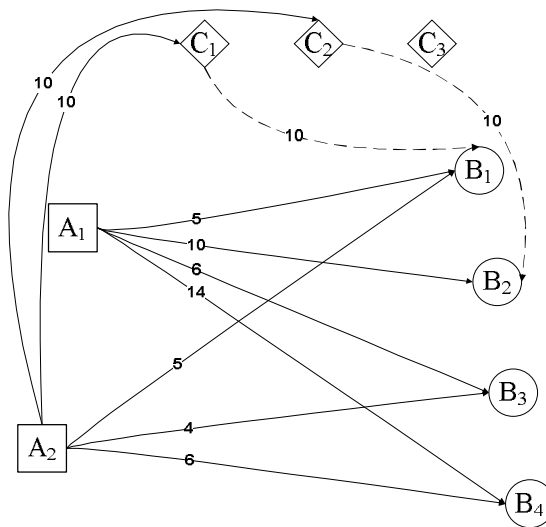


Рис. 5. Оптимальна схема розв'язання 2-го варіанту перевезення вантажу

На рис. 6 представлена Excel-таблиця розв'язання третього варіанту перевезення вантажу (4), а на рис. 7 – оптимальна схема його перевезення (об'єми перевезень вантажу між відповідними вузлами вказані на дугах, які їх з'єднують). Як видно з Excel-таблиці (див. рис. 6) третій варіант перевезення вантажу може бути виконаний вже за три етапи (перевезення вантажу 1-ого етапу зображені на рис. 7 у вигляді одинарних ліній, 2-го етапу – пунктирними а 3-го – штрих-пунктирними).

На першому етапі 1-го варіанту перевезення вантажу повністю задовольняються усі його одержувачі ( $A_1 \rightarrow B_1 = 10$  о.в.,  $A_1 \rightarrow B_4 = 20$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_2 = 10$  о.в.,  $A_2 \rightarrow B_3 = 10$  о.в.), а надлишки вантажу  $\Delta$  перевозяться на проміжні пункти для тимчасового їх зберігання ( $A_2 \rightarrow C_1 = 5$  о.в.,  $A_2 \rightarrow C_2 = 5$  о.в.,  $A_2 \rightarrow C_3 = 5$  о.в.).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси
2	A1	1	2	3	4	1	2	3	35		C1	1	2	3	4	5		A1	1	2	3	4	5
3	A2	5	6	7	8	4	5	6	35		C2	5	6	7	8	5		A2	5	6	7	8	0
4	Заявки	10	10	10	20	5	5	5			C3	9	10	11	12	5		Заявки	10	10	10	20	
5											Заявки	10	10	10	20								
6																							
7		B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси			B1	B2	B3	B4	Запаси
8	A1	10	0	0	20	0	0	0	30		C1	2	3	0	0	5		A1	5	0	0	0	5
9	A2	0	10	10	0	5	5	5	35		C2	5	0	0	0	5		A2	0	0	0	0	0
10	Заявки	10	10	10	20	5	5	5			C3	3	2	0	0	5		Заявки	5	0	0	0	
11	295	10	60	70	80	20	25	30			Заявки	10	5	0	0			5	5	0	0	0	
12					1-й етап						80	54	26	0	0								
13																							
14											380												

Рис. 6. Excel-таблиця розв'язання 3-го варіанту перевезення вантажу

Потім, через певний час, на 2-ому етапі ці надлишки транспортуються до відповідних їх одержувачів ( $C_1 \rightarrow B_1 = 2$  о.в.,  $C_1 \rightarrow B_2 = 3$  о.в.,  $C_2 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.,  $C_3 \rightarrow B_1 = 3$  о.в.,  $C_3 \rightarrow B_2 = 2$  о.в.). І, наприкінці, на третьому етапі остатки вантажу  $\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{k=1}^l c_k$  також транспортуються до відповідних їх одержувачів ( $A_1 \rightarrow B_1 = 5$  о.в.).

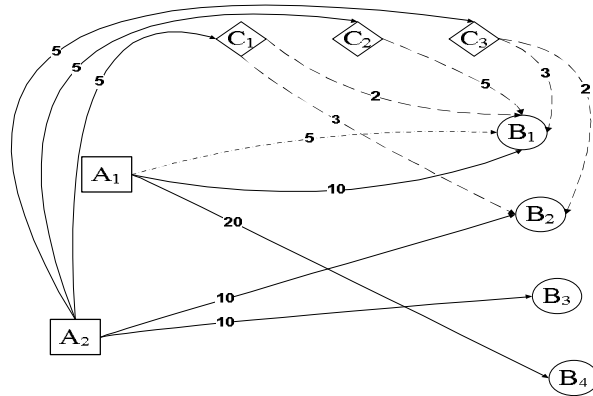


Рис. 7. Оптимальна схема розв'язання 3-го варіанту перевезення вантажу

**Висновки.** Представлений в роботі підхід до рішення багатоетапної транспортної задачі показує один з напрямів цього рішення, але разом з тим не претендує на загальність і єдиність, що пов'язане з наявністю в цьому підході наступних припущень:

на 2-ом і 3-ім етапах всіх трьох варіантів перевезення вантажу зроблено припущення про готовність всіх його одержувачів до розміщення цього вантажу в об'ємах, відповідних їх первинним заявкам;

не розглянутий четвертий варіант перевезення вантажу, в якому  $\sum_{i=1}^m a_i \gg \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{r=1}^l c_k$  (знак  $\gg$

означає "значно більше"), що повинне спричинити за собою багатократне повторення всіх трьох вищеописаних етапів перевезення вантажу;

представлена модель організації перевезень вантажу не є мережевою.

Всі перераховані вище допущення були використані в описаному підході виходячи з обмеженості середовища його реалізації – табличного процесора *Excel*. У подальших наукових і експериментальних дослідженнях передбачається ці допущення зняти за рахунок використання прогресивніших програмних засобів сучасних інформаційних технологій.

### Література

1. Прокудін Г.С. Розв'язання мережевих транспортних задач у середовищі Excel / Г.С. Прокудін // Проблеми транспорту, вип. 4. – К.: НТУ, 2007. – С. 23–30

2. Кузьмичов А.І. Електронно-табличне математичне моделювання задач оптимального розвитку комунікаційних мереж / А.І. Кузьмичов, Г.С. Прокудін // Автошляховик України. Окремий випуск віснику Центрального наукового центру ТАУ. – К.: 2008. – № 11. – С. 48–52

3. Прокудін Г.С. Інформаційна система оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах / Г.С. Прокудін, В.Д. Данчук, О.Г. Прокудін // Проблеми транспорту, вип. 6. – К.: НТУ, 2009. – С. 90–95

УДК 656.13

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ ПРИ УЧАСТІ У РОЗБУДОВІ МТК

*Процик О.П., кандидат технічних наук*  
*Сілантьєва Ю.О., кандидат технічних наук*

**Постановка проблеми.** На даний час нагальним питанням для транспортної галузі України є інтеграція національної транспортної системи в світову, затвердження країни як транзитної держави з метою залучення додаткових обсягів перевезень та валютних надходжень, скорочення транспортних витрат, наближення до міжнародних стандартів перевезень пасажирів та вантажів, енергетичних та екологічних показників роботи транспорту і збільшення частки експортного потенціалу України на міжнародному ринку транспортних послуг шляхом значного підвищення конкурентоспроможності українських перевізників. Одним із шляхів вирішення даної проблеми вбачається використання передових технологій та ефективних транспортних засобів, що найбільш повно відповідають умовам перевезень, на базі участі у створенні та модернізації міжнародних транспортних коридорів (МТК). Також перспективним напрямом розвитку транспортної системи є збільшення пропускної та провізної спроможності шляхом ефективного використання транспортної мережі і транспортних засобів. Розгляд даного питання проведено на прикладі МТК «ТРАСЕКА».

На актуальність досліджень в цьому напрямку вказують: «Концепція створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні», «Угода про погоджений розвиток міжнародних транспортних коридорів, що проходять територією держав - учасниць СНД», «Основна багатостороння угода про міжнародний транспорт щодо розвитку коридору «Європа-Кавказ -Азія» та інші урядові рішення стосовно розвитку транспортної системи України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальні питання ефективності управління транспортом розглянуті у фундаментальних працях таких вчених як Воркут А.І., Великанов М.І., Миротин Л.Б., Дмитриченко М.Ф. та інших. Визначена в цих працях методологія сприяє розробці науково обгрунтованої методики оцінки ефективності роботи транспортної системи країни чи регіону. В питаннях розвитку транспортної системи країни та її входження у світову на перші місця висуваються також проблеми політичного, екологічного, економічного, соціального та іншого спрямування. Аналіз прийнятих угод по розвитку МТК між країнами-учасниками даних проектів, існуючих міждержавних договорів та врахуванням потреб транспортних систем держав, по територіям яких проходить транспортний коридор, вказує на необхідність участі засновників даного проекту в розбудові не тільки власної транспортної інфраструктури, але і дорожньо-транспортних комплексів інших держав, учасників проекту, для гармонізації технічних, технологічних, митних, правових та інших аспектів. Це надасть можливість якісного, безпечного та своєчасного перевезення вантажів між зацікавленими сторонами.

**Постановка завдання.** Метою роботи є визначення можливостей розвитку транспортної системи при участі та розробці міжнародних транспортних коридорів, на прикладі МТК «ТРАСЕКА».

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Кожен з МТК створюється, насамперед, для забезпечення безперервного доступу на міжнародний ринок виробників та споживачів товарів і сировини. Країни, територією яких вони проходять, зацікавлені в отриманні прибутку не тільки за рахунок більш вільного доступу необхідних товарів, а також і за рахунок надання послуг при транзиті товарів між іншими країнами. Створення транспортних коридорів та входження їх до міжнародної транспортної системи є пріоритетним загальнодержавним напрямом розвитку транспортно-дорожнього комплексу. На прикладі МТК «ТРАСЕКА» можемо зазначити основні завдання, які переслідують держави-учасники: