

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ В СИСТЕМІ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*МАШКАНЦЕВА С.О., К.Е.Н., ДОЦЕНТ,  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Інтеграція України в світову господарську систему, підвищення рівня товарообміну між країнами, міжнародна конкуренція, формування транспортно-логістичної інфраструктури сприяють активізації розвитку системи мультимодальних перевезень, яка забезпечує організаційно-технологічну взаємодію різних видів транспорту, координацію та синхронізацію процесів транспортно-логістичного обслуговування, встановлення партнерських відносин між усіма учасниками ланцюга доставки вантажів на вигідних умовах. Високий рівень організації перевезень вантажів, використання сучасних інформаційних систем обліку даних, посилення кооперації і налагоджений формат економічних відносин учасників такого перевезення виділяє їх серед інших видів перевезень і створює переваги для споживачів транспортних послуг [3, с. 130].

Система мультимодальних перевезень має такі переваги:

- прискорена доставка вантажів, особливо на великі відстані;
- фіксований графік перевезення;
- схоронність вантажів, що транспортуються на всьому шляху проходження;
- збільшення обсягів та регулярності перевезень;
- збереження та зменшення завантаженості автомобільних доріг;
- зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище;
- конкурентоспроможна, порівняно з альтернативними видами транспорту, вартість перевезення [5].

Особливої уваги в процесі здійснення мультимодальних перевезень набуває розрахунок витрат на транспортування продукції. Відповідно до галузевого підходу до критеріїв транспортних витрат відносять: надійність, доступність, час тощо. На вартість перевезення вантажу впливають: відстань перевезення; маса, час перевезення вантажу, рентабельність капіталу, рівень логістичного обслуговування перевізником. Логістичний підхід передбачає досягнення мінімальних

транспортних витрат за акцептованих умов перевезення, тобто субоптимальне «транспортне» рішення і оптимальне «логістичне» рішення, що вимагає об'єктивної оцінки рівня транспортних витрат; встановлення чинників, щодо яких є еластичними ціни. Відтак, актуальності набуває питання лінійного програмування оптимізації транспортних витрат з використанням транспортної задачі.

Застосування даної задачі полягає в знаходженні плану перевезення певних обсягів вантажів від постачальників до споживачів, з урахуванням витрат на транспортування. Тому постає завдання: отримати оптимальний план між усіма складовими системи мультимодального перевезення для розподілу матеріальних, трудових і фінансових ресурсів [5, с. 114].

З метою розробки планів такого типу використовують методи складання опорного плану транспортної задачі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання дослідження організації мультимодальних перевезень та взаємодії усіх видів транспорту вивчали М. Постан, С. Резер, Н. Правдин, В. Подкопаяв, Г. Левіков, В. Тарабанько, Л. Савченко. Проблеми оптимізації витрат на функціонування транспортної галузі висвітлені в працях: М. Котлубая, О. Котлубая, Л. Сотниченко, Ю. Цветова, О. Корнієцького. Методичні основи складання опорного плану розв'язування транспортної задачі розглядаються у роботах таких учених, як: О. Зайченко, О. Ісакова, О. Шевченка, С. Наконечного, С. Савіна тощо. Однак, питання висвітлення методики складання транспортної задачі для забезпечення мінімум витрат в системі мультимодальних перевезень залишається недостатньо вивченим.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є вивчення методичних аспектів постановки та рішення транспортної задачі в системі мультимодальних перевезень для забезпечення оптимальності транспортних витрат.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Транспортна задача – одна з найбільш поширених задач математичного програмування. При розподілі однорідного виду продукції та відсутності умови лімітування від кого з постачальників її отримувати, завдання транспортної задачі формулюється таким чином: маємо ряд пунктів виробництва  $A_1, A_2, \dots, A_m$  з обсягами виробництва в одиницю часу, рівними відповідно  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , та пункти споживання  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , використовуючи за той же проміжок часу відповідно  $b_1, b_2, \dots, b_n$  продукції.

Основні питання, які вирішуються за допомогою транспортної задачі в системі мультимодальних перевезень – це розробка

оптимальних планів перевезень, оптимізація схем вантажопотоків для окремих видів транспорту, оптимізація маршрутів руху транспортних засобів, раціональний вибір виду транспорту для перевезень.

Формулювання мети оптимізації транспортних витрат характеризує економічний аспект задачі, а знання економіко-математичних методів дозволяє ефективніше вирішувати цю задачу [1, 3].

У випадку якщо вирішується закрита (збалансована) задача, сума обсягів виробництва на всіх « $m$ » пунктах-постачальниках дорівнює сумі об'ємів споживання на всіх « $n$ » пунктах-одержувачах:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (1)$$

Крім того, відомі витрати по перевезенню одиниці продукції від кожного постачальника до кожного одержувача, котрі позначаються  $C_{ij}$ . Як невідомі величини виступають об'єми продукції, що перевозиться з кожного пункту виробництва в кожен пункт споживання, позначаються відповідно  $X_{ij}$ . Тоді, найбільш раціональним прикріпленням постачальників до споживачів буде таке, при якому сумарні витрати на транспортування будуть найменшими.

Оскільки добуток  $C_{ij}x_{ij}$  визначає витрати на перевезення вантажу від  $i$ -го постачальника  $j$ -му споживачеві, то сумарні витрати на перевезення всіх вантажів дорівнюють:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}x_{ij} \quad (2)$$

За умовами задачі потрібно забезпечити мінімум сумарних витрат. Отже, цільова функція має вигляд:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}x_{ij} \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}x_{ij}$$

Система обмежень завдання складається з двох груп рівнянь. Перша група з « $m$ » рівнянь описує той факт, що запаси всіх « $m$ » постачальників вивозяться повністю:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, (i=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

Друга група з «*m*» рівнянь виражає вимогу повністю задовольнити запити всіх «*m*» споживачів:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = b_j, (j=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

Постачання від якого-небудь пункту виробництва до того, або іншого пункту споживання, не може бути менше нуля:

$$X_{ij} \geq 0, (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

Змінними транспортної задачі є  $x_{ij}$  (де  $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ) – об'єми перевезень від кожного  $i$ -го постачальника кожному  $j$ -му споживачеві.

Таким чином, математичну модель завдання можна записати так [4, 5]:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} - \min \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, (i = 1, 2, \dots, m) \quad ; \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, (j = 1, 2, \dots, n) \quad ; \quad (9)$$

$$X_{ij} \geq 0, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n); \quad (10)$$

У транспортних задачах під постачальниками та споживачами розуміються різні промислові та сільськогосподарські підприємства, заводи, фабрики, склади, магазини тощо. Однорідними вважаються вантажі, які можуть бути перевезені одним видом транспорту і прийнятні для всіх споживачів. Під вартістю перевезень розуміються тарифи, відстані, час, витрата палива та інші параметри транспортного процесу. Рішення транспортної задачі починають із складання вихідного опорного плану перевезень. Відомі наступні методи складання вихідного плану: метод північно-західного кута, метод мінімального елемента, метод подвійної переваги, метод апроксимації Фогеля тощо. Значення цільової функції при планах, побудованих перерахованими методами, в різній мірі відхилятимуться від оптимального її значення, до того ж всі перераховані методи, більшою чи меншою мірою, пристосовані для реалізації на ЕОМ і для виконання розрахунків вручну. У кожному з перерахованих методів по-різному визначається пріоритет – послідовність завантаження клітинок, тобто

відшукання значення  $x_{ij}$  при побудові плану перевезень. Транспортна задача вирішена, тобто для неї існує хоч би один план і цільова функція обмежена, якщо для неї виконується умова балансу [2, с. 37].

Алгоритм рішення транспортної задачі методом потенціалів полягає в наступному:

- складається вихідний опорний план  $X$  одним з відомих методів;
- будується система  $m + n$  чисел  $u_i$  та на основі системи рівності з ознаки оптимальності;
- план  $X$  досліджується на оптимальність за допомогою системи нерівностей.

Якщо план  $X$ , побудований на попередньому етапі, не оптимальний, він складається з наступних трьох операцій:

- план  $X$  покращується, тобто замінюється планом  $X^1$  за допомогою процедури перерахунку за циклом. Цикл будується для тієї вільної клітинки, в якій розбіжність  $\delta_{ij} = V_j - u_i - C_{ij}$  максимальна;
- плану  $X^1$  ставиться у відповідність нова система потенціалів  $v_j^1, u_i^1$  на основі співвідношень;
- план  $X^1$  досліджується на оптимальність з використанням співвідношення [4, 5].

Процедура загального етапу повторюється, поки не буде отриманий оптимальний план або безліч оптимальних планів. Останнє матиме місце, якщо хоч би для однієї з вільних клітинок виконуватиметься співвідношення  $V_j - U_i = C_{ij}$ . Вихідний опорний план може бути виродженим. Якщо при визначенні величини перевезення в зайнятій клітинці  $x_{ij} = \min \{a_i, b_j\}$  величини  $a_i$  та  $b_j$  дорівнюють один одному, тоді прикріплення  $A_i$  до  $B_j$  одночасно повністю задовольняється попит  $b_j$  та забезпечується повне перевезення продукту в кількості  $a_i$ . Для того, щоб провести оптимізацію виродженого плану методом потенціалів, необхідно збільшити число зайнятих клітинок цього плану до  $m + n - 1$ . Перевезення в таких додатково зайнятих клітинках приймають рівними «явним» нулю. Клітинка з «явним» нулем розглядається в процесі рішення як зайнята на відміну від вільних клітинок, в яких величини перевезень теж нульові.

Науковці виокремлюють такі критерії при рішенні транспортних задач:

- витрати роботи транспорту (для автомобільного та залізничного – тонно-кілометри, для морського – тоннаже-милями. Застосовується для оптимізації роботи одного виду транспорту при перевезенні однорідного вантажу);

– провізна плата (застосовується, якщо необхідно мінімізувати транспортні витрати, що враховуються на балансі підприємств: вантажовідправників, вантажоодержувачів, посередницьких організацій);

– експлуатаційні витрати на транспортування (відображає економічність перевезень різними видами транспорту. Основний недолік його – в складності калькуляції собівартості перевезень за ділянками. При розрахунках на перспективу використовують як показник повної собівартості перевезень з обліком можливих реконструкцій, нового будівництва, модернізації, комп'ютеризації, тобто всіх змін в технології перевезення і перевантаження);

– загальні витрати часу на транспортування вантажів (використовується для обґрунтування схем перевезення вантажів різними видами транспорту);

– приведені загальні витрати (розрахунок залежить від конкретних умов оптимізації: розміщення виробництва, потреба в нових капіталовкладеннях. Наприклад, для вибору оптимального плану перевезень при заданому розміщенні виробництва в цьому критерії необхідно враховувати: поточні витрати транспорту, залежні від розмірів рухів; капіталовкладення в пересувний склад; оборотні кошти, вкладені у вантаж) [1, с. 68; 6].

Відтак, кожен критерій оптимальності має переваги та недоліки, які пов'язані з забезпеченням інформацією у вигляді масиву коефіцієнтів при невідомих в цільовій функції та сферою його застосування. Вибір та обґрунтування критерію оптимальності виконуються з врахуванням всіх цих обставин у кожному конкретному випадку.

**Висновки.** Транспортування – це ключова комплексна активність, пов'язана з переміщенням матеріальних ресурсів, незавершеного виробництва або готової продукції певним транспортним засобом у логістичному ланцюзі. Розвиток мультимодальної системи перевезення вантажів сприяє вирішенню економічних питань регіону; забезпечує координацію та організаційно-технологічну взаємодію всіх ланок ланцюга доставки вантажів; забезпечує розвиток інфраструктури ринку транспортних послуг. В сучасних умовах розроблено безліч різних алгоритмів рішення транспортної задачі. У практиці організації перевезень вантажів нерідко спостерігаються випадки, коли доставка вантажів здійснюється з одного пункту в інший через третій пункт, який найчастіше є складом або пунктом перевалки. Можливі різні варіанти постановки транспортної

задачі з врахуванням цієї вимоги. Транспортні задачі представляють собою вибір оптимального варіанта логістики від пунктів виробництва до пунктів споживання з врахуванням усіх реальних можливостей. Використання розрахунків транспортних задач знижує транспортні витрати на 10-30 %. Зазвичай її математичну модель можна розглядати як модель розподільної задачі лінійного програмування. В подальшому в процесі дослідження заслуговує на увагу вивчення факторів, які впливають на вибір виду транспорту: час доставки; частота відправлень вантажу; надійність дотримання графіка доставки; спроможність перевозити різні вантажі; спроможність доставити вантаж у будь-яку точку; вартість перевезення.

### Література.

1 **Алексієв В.О.** Управління розвитком транспортних систем: монографія. Харків: ХНАДУ, 2008. 268 с.

2. **Іваницька О.В., Рощина Н.В., Сербуд С.** Транспортна задача лінійного програмування. *Агросвіт*. 2015. № 14. С. 35-40.

3. Розвиток транспорту з метою відновлення і зростання української економіки: наукова доповідь / за ред. д-ра екон. наук **О.І. Никифороук**. К., 2018. 200 с.

4. Розв'язування задач лінійного програмування. URL: <http://www.vevivi.ru/best/Rozvyazannyazadachliniogoprogramuvannyaref193370.html>

5. **Соколова О.Є.** Концептуальні засади формування мультимодальної системи перевезення вантажів. *Наукоємні технології*. 2014. № 1. С. 114-118.

6. **Лагодієнко В.В., Корнієцький О.В.** Логістика по-японськи: підвищення ефективності діяльності підприємств. *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 275. С. 207-210.

### References.

1. **Aleksiiiev V.O.** (2008). *Upravlinnia rozvytkom transportnykh system [Transport Systems Development Management]*. Kharkiv: KhNADU, p. 268 [in Ukrainian].

2. **Ivanytska O.V., Roshchyna N.V., & Serbul S.** (2015). *Transportna zadacha liniinoho prohramuvannia [Transport problem of linear programming]*. *Abrosvit – Agro-world*, no. 14, pp. 35-40 [in Ukrainian].

3. *Rozvytok transportu z metoiu vidnovlennia i zrostannia ukrainskoi ekonomiky [Transport Development for the Recovery and Growth of the Ukrainian Economy]*. (2018). **O.I. Nykyforuk** (Ed.). Kyiv, p. 200 [in Ukrainian].

4. *Rozviazuvannia zadach liniinoho prohramuvannia [Solving linear programming problems]*. [www.vevivi.ru](http://www.vevivi.ru). Retrieved from: <http://www.vevivi.ru/best/Rozvyazannyazadachliniogoprogramuvannyaref193370.html> [in Ukrainian].

5. **Sokolova O.Ie.** (2014). Kontseptualni zasady formuvannia multymodalnoi systemy perevezennia vantazhiv [Conceptual bases of formation of multimodal cargo transportation system]. *Naukoiemni tekhnolohii – Technology-intensive*, no. 1, pp. 114-118 [in Ukrainian].

6. **Lagodiienko V.V., & Kornietsky O.V.** (2014). Lohistyka po-yapons'ky: pidvyshchennya efektyvnosti diyal'nosti pidpnyemstv [Logistics in Japanese: Increasing Business Efficiency]. *Kultura narodov Prychernomor'ya – Culture of the Black Sea peoples*, no. 275, pp. 207-210 [in Ukrainian].

#### **Анотація.**

**Машканцева С.О. Методичні аспекти оптимізації витрат в системі мультимодальних перевезень.**

*Розвиток мультимодальних перевезень є одним із потенціалів збільшення обсягів перевезення вантажів. Мультимодальні перевезення виступають одним з головних напрямів сучасної європейської транспортної політики. Основним проблемним питанням в процесі здійснення мультимодальних перевезень є розрахунок витрат на транспортування продукції. В сучасних умовах розроблено безліч різних алгоритмів рішення транспортної задачі.*

*У статті висвітлено методичні аспекти постановки та рішення транспортної задачі в системі мультимодальних перевезень для забезпечення оптимальності транспортних витрат; розглянуто основні критерії, які впливають на рішення транспортної задачі; запропоновано алгоритм рішення транспортної задачі методом потенціалів.*

**Ключові слова:** мультимодальні перевезення; транспортні витрати; транспортна задача; оптимізація; математичні моделі.

#### **Аннотация.**

**Машканцева С.А. Методические аспекты оптимизации расходов в системе мультимодальных перевозок.**

*Развитие мультимодальных перевозок является одним из потенциалов увеличения объемов перевозки грузов. Мультимодальные перевозки выступают одним из главных направлений современной европейской транспортной политики. Основным проблемным вопросом в процессе осуществления мультимодальных перевозок является расчет затрат на транспортировку продукции. В современных условиях разработано множество различных алгоритмов решения транспортной задачи.*

*В статье освещены методические аспекты постановки и решения транспортной задачи в системе мультимодальных перевозок для обеспечения оптимальности транспортных расходов; рассмотрены основные критерии, которые влияют на решение транспортной задачи; предложен алгоритм решения транспортной задачи методом потенциалов.*

**Ключевые слова:** мультимодальные перевозки; транспортные расходы; транспортная задача; оптимизация; математические модели.



## **Abstract.**

### ***Mashkantseva S.O. Methodical aspects of cost optimization in the multimodal transportation system.***

*The development of multimodal transport is one of the potential for increasing the volume of freight transportation. Multimodal transport is one of the main directions of modern European transport policy. The main problematic issue in the process of multimodal transportation is the calculation of the cost of transporting products. In modern conditions, many different algorithms for solving the transport problem have been developed.*

*The article deals with the methodological aspects of setting and solving the transport problem in the system of multimodal transportation for ensuring optimality of transport costs; the main criteria that influence the solution of the transport problem are considered; an algorithm for solving the transport problem by the method of potentials is proposed.*

**Key words:** *multimodal transportation; transportation costs; transport task; optimization; mathematical models.*

**УДК 338.439.63:[635.1/.8-026.451(477)]**

## **СПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕННЯМ УКРАЇНИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ: СТАН ТА НАПРЯМИ ПОКРАЩЕННЯ**

***НЕСТЕРЧУК Ю.О., Д.Е.Н.,***

***УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА***

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Стратегічним пріоритетом соціального та економічного розвитку будь-якої держави є підвищення рівня її продовольчої безпеки на основі нарощування виробництва продуктів харчування, поліпшення їх якості та збалансованості за поживними елементами, а також доступність кожної людини до продовольчих ресурсів для забезпечення здорового харчування. Для України проблема продовольчої безпеки набуває особливої актуальності. Адже, держава, що здатна забезпечити населенню економічну та продовольчу доступність до продуктів харчування, може проводити незалежну політику.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вагомий внесок у розв'язання питань споживання продуктів харчування рослинного напрямку населенням України зробили такі вітчизняні вчені: В.І. Бойко, П.П. Борщевський, О.М. Варченко, В.І. Власов, О.І. Гойчук, А.С. Даниленко, В.В. Лагодієнко, П.А. Лайко, А.С. Лисецький, Л.О. Мармуль, Р.П. Мудрак, Б.Й. Пасхавер, І.М. Романюк,