

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПІДПРИЄМСТВА

TRANSPORT FLOWS OPTIMIZATION OF THE ENTERPRISE

Танцюра Ю.А.

студент,
Національний авіаційний університет

Касьянова Н.В.

професор, доктор економічних наук,
Національний авіаційний університет

Tantsiura Yulia

Student,
National Aviation University

Kas'yanova Natalia

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of Department of Economic Cybernetics,
National Aviation University

У статті розглядається одна з найбільш актуальних проблем на підприємстві, а саме проблема оптимізації транспортних потоків підприємства за рахунок ефективного використання і розміщення складів. Розглянуто розділ економічної кібернетики, а саме використовуються математичні методи та моделі в транспортній логістиці. Для оптимізації руху у статті використано математичну задачу лінійного програмування. Дана модель бере до уваги рівень інфляції в Україні та економічну ситуацію у цілому. Використано логістичні показники ефективності в транспортній задачі. Проблема пошуку методів оптимізації перевезень вантажів за допомогою маршрутизації перевезень розглянута за допомогою закритої транспортної задачі та пошуку ефективного розташування складських площ.

Ключові слова: маршрутизація перевезень, оптимізація транспортних потоків, лінійне програмування, транспортна логістика, система підтримки прийняття рішень, матриця тарифів.

В статье рассматривается одна из наиболее актуальных проблем на предприятии, а именно проблема оптимизации транспортных потоков предприятия за счет эффективного использования и размещения складов. Рассмотрен раздел экономической кибернетики, а именно математические методы и модели в транспортной логистике. Для оптимизации движения в статье использована математическая задача линейного программирования. Данная модель принимает во внимание уровень инфляции в Украине и экономическую ситуацию в целом. Используются логистические показатели эффективности в транспортной задаче. Проблема поиска методов оптимизации перевозок грузов с помощью маршрутизации перевозок рассмотрена с помощью закрытой транспортной задачи и поиска эффективного расположения складских площадей.

Ключевые слова: маршрутизация перевозок, оптимизация транспортных потоков, линейное программирование, транспортная логистика, система поддержки принятия решений, матрица тарифов.

In this article one of the most important current issues in the enterprise is considered, namely the problem of optimization of transport flows of the enterprise due to expediency of use and location of warehouses. For this purpose, in this article, the section of economic cybernetics will be considered, namely, the use of mathematical methods and models in transport logistics. A number of reasons have been identified and analyzed for the reasons why changes in freight transport schemes are necessary based on product types and batch size. In order to optimize the traffic flow of the enterprise, the mathematical problem of linear programming is used in the article. As a scientific novelty, the use of logistic indicators of efficiency in the transport task was introduced, instead of the tariff grid. The urgency of this model is taken from the consideration of the level of inflation in Ukraine and the economic situation in general. The problem of finding methods for optimizing freight traffic through routing transportation was considered with the help of a closed transport task and the search for an efficient warehouse space arrangement. Use of imported products and their storage in warehouses for further shipment to customers. Scheme of shipment shipment to customers, based on the opinions of the expert team and the optimization transport model. Efficient utilization of warehouses and efficient use of them. Reducing the number of warehouses in terms of product needs and sales volumes. Thus,

the main advantage of the new model is the effectiveness of its practical application in modern conditions on the territory of Ukraine. Given the use of this model in different types of enterprises, the introduction of performance indicators, as sources of basic information for solving the problem in the model, can be proposed at enterprises with different types of activities and to be interpreted from an economic point of view.

Key words: *transporting routing, traffic flows optimization, decision support system, transport logistics, tariff matrix.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Маршрутизація перевезень – це найбільш ефективний спосіб організації оптимально перевезення вантажу по каналах збуту. Проблема пошуку методів оптимізації перевезень вантажів у транспортній мережі міст є актуальним питанням із цілої низки причин.

Швидкий розвиток інфраструктури, підвищення конкуренції на ринку та альтернативні варіанти перевезень спонукають до пошуку альтернативних методів та оптимізації перевезень. Для перевірки ефективності процесів оптимізації маршрутів руху автомобіля проведемо експериментальне дослідження шляхом моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спираються автори. Пріоритет у дослідженні теоретичних та практичних аспектів оптимізації маршрутів та логістики у цілому належить західним ученим, серед яких – Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт [3], Д. Уотерс. Окремі питання математичного моделювання в транспортній логістиці розглядали російський учений Ю.М. Неруш [2] та вітчизняні економісти: В.К. Мироненко, В.І. Мацюк, Г.С. Висоцька, Н.М. Алексійчук [1].

Формулювання цілей статті (**постановка завдання**). Мета статті – поглиблення теоретичних, методологічних і методико-прикладних основ математичного моделювання логістичних процесів, для чого необхідно систематизувати інформаційні потоки та розробити оптимізаційну економіко-математичну модель й окреслити перспективи розвитку для підприємства харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Логістика в діяльності будь-якого підприємства займає провідну роль. З урахування поточної ситуації в Україні та зважаючи на рівень інфляції, можна сказати, що витрати на зберігання та транспортування сировини та готової продукції займають майже половину витрат підприємства та становлять близько 50% собівартості продукту.

Проблема пошуку методів оптимізації перевезень вантажів є актуальним питанням із цілої низки причин. Оптимізація транспортних потоків необхідна, коли організація прагне задовольнити попит своїх споживачів та водночас досягнути бажаного рівня норми прибутку на вкладений капітал. Ефективні та високопродуктивні

стратегії важливі як для вантажовідправників, так і для перевізників вантажів [3, с. 324].

По-перше, зі швидким розвитком підприємництва у сфері торгівлі виникає все більша потреба в одночасному перевезенні вантажів різних видів (SKU, пер. з англ. *stock keeping unit* – ідентифікатор товарної позиції) великій кількості споживачів.

По-друге, наявність множини 3PL-операторів значно загострила конкуренцію на ринку транспортних послуг, що змушує перевізників шукати нові нішові переваги.

По-третє, незважаючи на те що частка транспортних витрат, передусім паливний складник, які враховуються під час формування цін на кінцеву продукцію, доходять до 50%, питанням підвищення ефективності доставки вантажів із боку виробника продукції приділяється недостатньо уваги.

По-четверте, перевезення вантажів партіями тісно пов'язане з особливостями транспортної системи країни, що накладає низьку технічних обмежень та ускладнює процес організації перевезень. До особливостей транспортної системи можна віднести стан доріг, обмеження за швидкістю та напрямком руху, обмеження за часом використання доріг тощо.

По-п'яте, перевезення товарів різного SKU, які призначені для задоволення потреб великої кількості споживачів, що відрізняються різним рівнем та стабільністю попиту, організувати набагато складніше, ніж перевезення стандартних масових вантажів в умовах сформованих стабільних і потужних вантажопотоків між відправниками та споживачами.

Таким чином, планування маршрутів перевезень товарів пов'язане з необхідністю врахування великої кількості технологічних обмежень і обробкою значної кількості інформації. При цьому заходи, які вживають 3PL-оператори для поліпшення свого конкурентного становища, часто виявляються малоефективними або взагалі мають негативний ефект.

Важко уявити вітчизняне підприємство без складної системи складування. Особливості розташування складів та їх кількість безпосередньо залежать від виду діяльності підприємства та його орієнтації на споживачів. Більшість підприємств харчової промисловості розміщує свої виробничі потужності біля кінцевого споживача, тим самим економлять кошти на утримання складів, бо для зберігання продукції швидкого вжитку не потрібні великі площі та багато складів. Але на практиці така ситуація не завжди має місце.

Розглянемо можливості практичного використання задач лінійного програмування для оптимізації транспортних потоків підприємства харчової промисловості. Загальноприйнята постановка транспортної задачі полягає у визначенні оптимального плану перевезень вантажу зі складу до споживачів, тобто метою транспортної задачі є розроблення найбільш раціональних шляхів і способів транспортування товарів, усунення надмірно далеких, зустрічних та повторних перевезень.

Відомо, що для рішення класичної транспортної задачі необхідна інформація, яка стосується тарифів на перевезення. У наших дослідженнях пропонується розглядати транспортну задачу з позиції KPI (*Key Performance Indicators*), або ключових показників ефективності. Як ключовий показник ефективності використаємо витрати на доставку 1 т продукції різних SKU, зважаючи на те, що продукція може бути габаритною або вимагати особливих умов перевезення. При цьому тариф на перевезення може бути однаковим, але якість перевезення буде різною.

Розглянемо ситуацію, коли компанія на початку свого становлення не могла покрити своїми виробничими потужностями потреби споживачів, для цього було залучено імпортерів та розширену систему складського господарства. Оптимальне розміщення складів та схему транспортних потоків продукції зображено на рис. 1.

Як критерій оптимальності транспортної задачі пропонується розглядати мінімальну

вартість перевезень усього вантажу. Позначимо через c_{ij} тарифи перевезення одиниці вантажу з i -го складу в j -й пункт призначення, через a_i – запаси вантажу i -го складу, через b_j – потреби у вантажі в j -м пункті призначення, а через x_{ij} – кількість одиниць вантажу, що перевозиться з i -го складу в j -й пункт призначення. Математична постановка транспортної задачі полягає у визначенні мінімального значення функції:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

за умов:

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

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

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n).$$

Змінні задовольняють системам лінійних рівнянь і умові незаперечності, забезпечують доставку необхідної кількості вантажів у кожен із пунктів призначення, вивезення наявного вантажу з усіх складів. При цьому виключаються зворотні перевезення. План $X^* = (x_{ij}^*) (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$, за якого функція приймає своє мінімальне значення, називається оптимальним планом транспортної задачі. Для розв'язання транспортної задачі необхідно і достатньо, щоб запаси вантажів у пунктах відправлення були рівні потребам у вантажі в пунктах призначення, тобто щоб виконувалося рівняння:

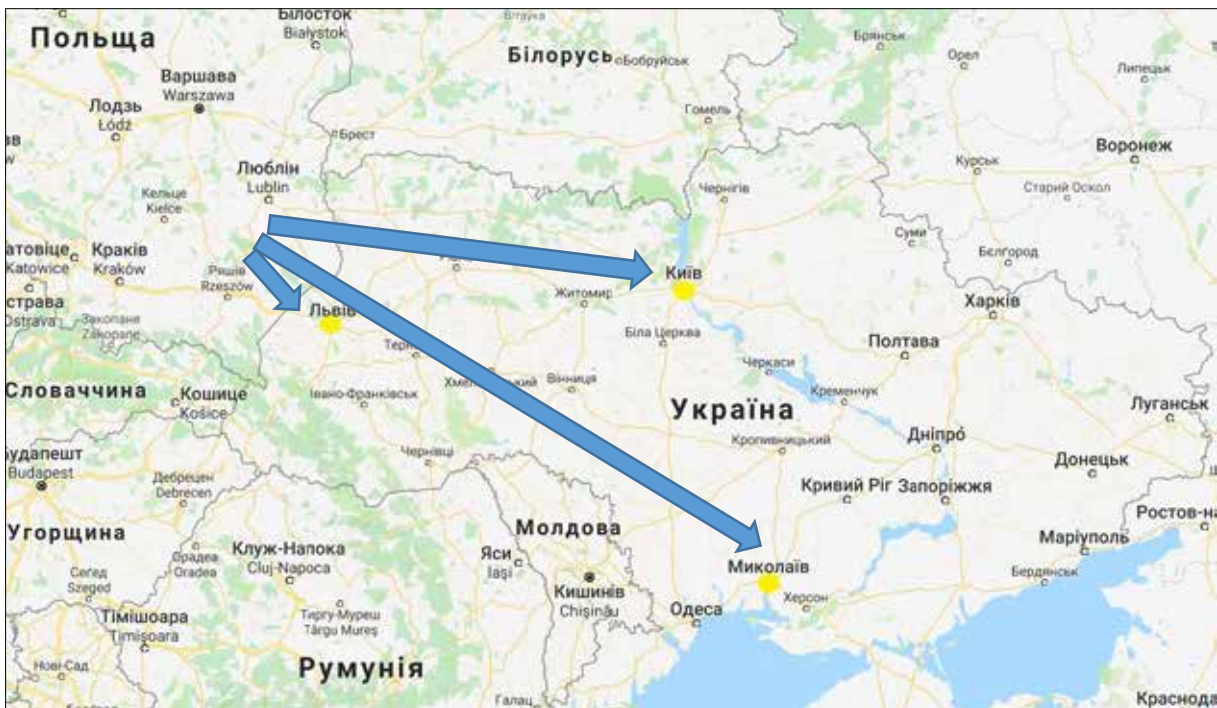


Рис. 1. Схема ввезення імпорту на центральні склади

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

Відповідно до рис. 1, три основних місця завантаження продукції знаходяться в WHE1 – м. Миколаїв, WHE2 – м. Київ, WHE3 – м. Львів. Кожного дня проводяться відвантаження в чотири пункти Z – м. Житомир, K – м. Київ, L – м. Львів, V – м. Вінниця в обсязі 145 т, 295 т, 203 т, 143 т відповідно. КРІ на перевезення 1 т продукту зі складу задаються матрицею.

$$C_1 = \begin{matrix} 0,59 & 0,73 & 0,92 & 0,62 \\ 1,58 & 0,87 & 1,21 & 1,72 \\ 2,66 & 1,21 & 0,69 & 2,61 \end{matrix}$$

Оптимальний план доставки продукції до кінцевих споживачів за напрямками перевезень наведено на рис. 2.

Таким чином, мінімальні витрати на транспортування становлять 556,94 тис. грн. У цьому разі зі складу WHE1 відбуваються відвантаження продукції по всіх напрямках, тобто складські площі використовуються найбільш продуктивно. Водночас склади WHE2 та WHE3 працюють тільки в одному напрямку, тобто мають повну утилізацію лише за умов, що склад WHE1 не збільшить свої обсяги доставки продукції за напрямками транспортних потоків до м. Київ та м. Львів.

Для оптимізації транспортних потоків пропонується змінити склад, який приймає імпортовану продукцію (рис. 1), що тільки WHE 1 у Миколаєві працював на приймання імпортованого продукту, який у подальшому буде доставляти продукцію до кінцевих споживачів. Зважаючи на результати першого розрахунку, бачимо, що можливості WHE 1 складу дають змогу припинити

використання складів WHE2 та WHE3 для прийняття та зберігання імпортованого продукту, адже його обсяги доставки більш як у два рази перевищують доставку зі складів WHE2 та WHE3.

Для подальшої оптимізації розподілимо склад WHE1 на три складники: N1 – Миколаїв 1, N2 – Миколаїв 2 та N3 – Миколаїв 3. Для того щоб наочно порівняти діяльність складу WHE 1 зі складами WHE2 та WHE3, ми фіктивно ділимо склад на три пропорційно рівні ділянки і припустимо, що транспортні потоки зі складу WHE 1 повністю задовольняють вимоги підприємства і можуть доставляти за всіма маршрутами (рис. 3).

Якщо в першому випадку КРІ 1 т продукції був різний залежно від обсягів замовлень із різних складів, то в другій моделі КРІ буде рівний для кожного з фіктивних складів. Це пов'язано з тим, що в моделі використано фактичне місце завантаження продукції – склад WHE 1, який ділиться на три склади фіктивно. Але з огляду на те, що ми втратили два склади, які територіально розташовувалися в різних регіонах, і з огляду на цю оптимізацію ми змінюємо наші транспортні потоки, і збільшуються витрати на 1 кг доставки продукції за певними напрямками. Після оптимізації та проведення тестових розрахунків групою експертів визначено витрати на перевезення за 1 т продукції:

$$C_2 = \begin{matrix} 0,62 & 0,55 & 0,97 & 0,65 \\ 0,62 & 0,55 & 0,97 & 0,65 \\ 0,62 & 0,55 & 0,97 & 0,65 \end{matrix}$$

Результати розрахунків оптимального плану перевезень продукції до клієнтів за напрямками Житомир, Київ, Львів, Вінниця наведено на рис. 4.

| WHE | Clients | | | |
|------|---------|------|------|------|
| | Z | K | L | V |
| WHE1 | 0,59 | 0,73 | 0,92 | 0,62 |
| WHE2 | 1,58 | 0,87 | 1,21 | 1,72 |
| WHE3 | 2,66 | 1,21 | 0,69 | 2,61 |

| | Volume | | | | Shipped | Produce |
|---------|--------|-----|-----|-----|---------|---------|
| | V | K | L | V | | |
| WHE1 | 145 | 118 | 11 | 143 | 417 | 417 |
| WHE2 | 0 | 177 | 0 | 0 | 177 | 177 |
| WHE3 | 0 | 0 | 192 | 0 | 192 | 192 |
| Shipped | 145 | 295 | 203 | 143 | | |
| Sold | 145 | 295 | 203 | 143 | | |

Costs 556,94

Рис. 2. Розрахунок витрат за планом транспортних потоків між споживачами та клієнтами

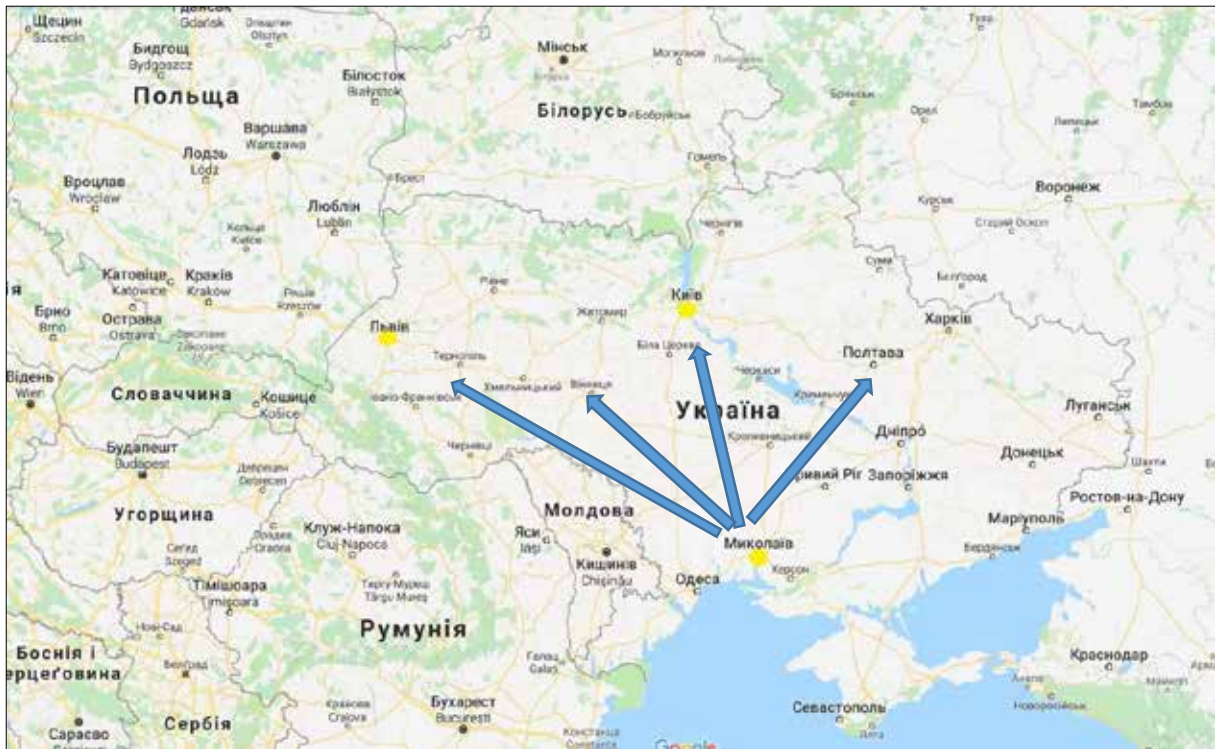


Рис. 3. Розвантаження після оптимізації

| WHE | Clients | | | |
|-----|---------|------|------|------|
| | Z | K | L | V |
| N1 | 0,62 | 0,55 | 0,97 | 0,65 |
| N2 | 0,62 | 0,55 | 0,97 | 0,65 |
| N3 | 0,62 | 0,55 | 0,97 | 0,65 |

| | Volume | | | | Shipped | Produce |
|---------|--------|-----|-----|-----|---------|---------|
| | Z | K | L | V | | |
| N1 | 0 | 295 | 122 | 0 | 417 | 417 |
| N2 | 145 | 0 | 0 | 32 | 177 | 177 |
| N3 | 0 | 0 | 81 | 111 | 192 | 192 |
| Shipped | 145 | 295 | 203 | 143 | | |
| Sold | 145 | 295 | 203 | 143 | | |

Costs 542,01

Рис. 4. Розрахунок витрат з одного складу до чотирьох клієнтів

Після оптимізації мінімальні витрати становлять 542,01 тис. грн. Оптимізація транспортних потоків підприємства, а саме процес доставки продукції до клієнтів, полягає у тому, що за результатами аналізу першого варіанту транспортних потоків було зроблено висновок, що два склади працюють не на всю потужність і якщо змінити пункт відвантаження, то вивільняться ресурси. Таким чином, зміна пункту відвантаження дає мож-

ливість економії 14,93 тис. грн. від кожного плану перевезень.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Підводячи підсумки, відзначимо, що на сучасному економічному етапі транспортної логістики питання оптимізації потоків залишається актуальним. Використання оптимізаційних моделей повинно спиратися на особливості діяльності кожного конкретного підприємства.

Розглянута модель має практичне використання на підприємстві.

Для досягнення основної цілі транспортної логістики – зниження витрат на транспортування – необхідно орієнтуватися на ринок та конкурентів у цілому. Дана оптимізація є одним із прикладів конкурентної боротьби між перевізниками, адже якщо ми маємо однакову тарифну сітку, то наші витрати на перевезення

будуть рівні, але якщо ми будемо максимально ефективно використовувати транспорт, а саме збільшувати обсяги перевезень, то доб'ємося стабільних показників утилізації транспорту, що є одним із ключових показників ефективності. І саме формування низки ключових показників ефективності як самостійної наукової сфери логістики може підтримувати логістичну діяльність підприємства на певному рівні.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Моделювання транзитних транспортних потоків / В.К. Мироненко та ін. *Автошляховик України*. 2012. № 6. С. 17–22. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2012_6_6.
2. Неруш Ю.М. Логістика : підручник. Москва : Юрайт, 2006. 520 с.
3. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегічне управління логістикою. Москва : ИНФРА-М, 2005. 797 с.
4. Транспортна логістика та інтермодальні перевезення / Г. Маліндретос та ін. Генуя, Афіни, Одеса, Іллічівськ : Астропринт, 2004. 67 с.
5. Уотерс Д. Логістика. Управління ланцюгом поставок ; пер. з англ. В.Н. Єгорова. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 503 с.
6. Шигабутдінов А.Ф. Формування транспортної інфраструктури для інноваційного розвитку промислових компонентів. *Вісник Казанського національного дослідницького університету*. 2011. № 11.