

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.029

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.190-198](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.190-198)

М.В. Бабій, канд. техн. наук, **В.О. Дзюра**, проф., д-р техн. наук, **А.В. Бабій**, проф., д-р техн. наук, **Н.Я. Рожко**, доц., докт. екон. наук, **В.Б. Валяшек**, доц., канд. фіз.-мат. наук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: mvbabiy@ukr.net

Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту

В роботі побудовано математичну модель транспортної задачі, на основі якої було сформовано транспортну матрицю для перевезення насипного вантажу зі складів на елеватори. Наведено методичку, яка дозволяє досліднику правильно накласти обмеження та записати вираз цільової функції з метою віднаходження оптимального рішення. Суть задачі полягає у визначенні оптимального маршруту перевезення зернового матеріалу зі складів до елеваторів при найменшій вартості транспортного процесу. Склади мають обмежену продуктивність навантажувальних засобів при їх взаємодії з вантажними автомобілями та врахована можливість приймати визначені обсяги вантажів елеваторами, які обмежені пропускною здатністю сушарок. Задачу лінійного програмування розв'язано при використанні програми Microsoft Excel, де отримані розв'язки для найкращого та найгіршого варіантів перевезення при врахуванні накладених обмежень.

транспортна задача, насипний вантаж, склад, елеватор, продуктивність, взаємодія, навантажувальний засіб, вантажний автомобіль, зерновий матеріал, цільова функція, обмеження

Постановка проблеми. Раціональна організація виробничого процесу – завжди актуальна задача на будь-якому виробництві. Від цього в значній мірі залежить собівартість виробленої продукції чи надання послуг. Не винятком є організація перевізних процесів на агрофірмах. Часто буває так, що при перевезенні різних промислових вантажів у межах України чи у міжнародному сполученні задіяні фірми-перевізники, які мають свої логістичні центри та складають оптимальні маршрути з метою отримання максимальної ефективності такого процесу, а при сільськогосподарському виробництві – рішення приймають, переважно, ситуативно. Хоча обсяги вантажів, що перевозять при реалізації сільськогосподарських процесів є досить значними і нераціональна організація перевізного процесу може в значній мірі підвищити собівартість одиниці виробленої продукції. Таких перевізних процесів є дуже багато і вони, в основному, організовані при взаємодії різних видів транспорту. Наприклад, технологічні машини збирають урожай, перевантажують його на автомобільний чи тракторний транспорт та перевозять до місць зберігання чи перевалки з подальшим транспортуванням у відповідності до технологій виробництва і т.д. Всі наведені машини та механізми мають різні експлуатаційні продуктивності, але вони між собою повинні максимально ефективно взаємодіяти та переміщатись оптимальними маршрутами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Окреслені проблеми раціональної взаємодії різних видів транспорту, побудови оптимальних маршрутів, зокрема при виробництві сільськогосподарської продукції, розглядалися та залишаються актуальними

для багатьох дослідників [1-3]. Створено багато теоретичних моделей, які дозволяють оптимізувати різні транспортні процеси при перевезенні вантажів [6, 7, 9-11]. Тому серед численних напрацювань варто виділити окремі моделі, які мають чітку і зрозумілу процедуру реалізації та точність результату, що є задовільною для даного перевізного процесу.

Постановка завдання. В технологіях сільськогосподарського виробництва значна частка у собівартості кінцевого продукту належить транспортним процесам. До таких операцій належить транспортування насипного матеріалу, наприклад насіння зернових культур зі складів до сушарок на елеваторах з наступним їх зберіганням. Оскільки обсяги перевезень достатньо великі, то задача розробки оптимальних маршрутів є досить актуальною. Від ефективності її вирішення залежить економія коштів господарства-виробника.

Тому є необхідність виділити у теоретичному плані модель оптимізаційної задачі, яка адаптована до конкретних умов перевезення у господарстві, навести методіку її реалізації з метою адекватного формування цільової функції, накладання обмежень та можливості отримання розв'язку, який можна реалізувати в автоматизованому режимі.

Виклад основного матеріалу. Розв'язок даної транспортної задачі відноситься до задач лінійного програмування. Проте, шляхи вирішення поставленого завдання можуть бути різними як за трудомісткістю процесу, так і точністю отриманого результату. Розв'язуючи транспортну задачу, нерідко дослідники відносять одне рішення з множини можливих розв'язків та представляють його як оптимальне. Звичайно, цільова функція має раціональне значення, але стверджувати, що це саме оптимальне рішення не можна [8, 9].

Перейдемо до побудови моделі задачі.

Господарство, яке спеціалізується на виробництві зернової продукції рослинництва має два склади, де тимчасово зберігається зерно однієї культури, що зібрана з поля та має незадовільну вологість. Такий зерновий матеріал потребує подальшого сушіння та зберігання на елеваторах, які розташовані за межами господарства та мають різні продуктивності щодо можливості виконувати технологічну операцію сушіння. Цей критерій є одним з обмежувальних, що не дозволяє перевозити потрібні об'єми сипкого вантажу для кінцевого зберігання на потужностях конкретного елеватора. Крім того, засоби навантаження у складах господарства мають також обмежену продуктивність при завантаженні транспортних засобів для перевезення зернового вантажу. Відстані від пункту завантаження до пункту вивантаження відомі, але різні; питома вартість одиниці виконаної транспортної роботи визначена. Задача полягає у встановленні оптимальної схеми перевезення сипкого вантажу при мінімальній вартості такої транспортної операції з врахування окреслених взаємодій.

Склад № 1 має продуктивність навантажувальних засобів, що рівна A_1 , відповідно склад № 2 – A_2 . В загальному продуктивності A_i засобів навантаження i -го складу ($i = \overline{1, n}$) буде визначати можливість завантаження вантажних автомобілів при їх взаємодії. З іншого боку – продуктивності B_j зерносушарок на j -му елеваторі ($j = \overline{1, m}$) також будуть обмежувати можливість приймати зерновий матеріал.

Вартість перевезення одиниці вантажу з i -го складу на j -тий елеватор складає c_{ij} , тоді кількість одиниць вантажу x_{ij} , що перевозиться, буде підлягати визначенню.

Загальна вартість перевезень сипкого вантажу становитиме

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

Тепер можна виділити, що $\sum_{j=1}^m x_{ij}$ – це кількість вантажу, що може бути вивезений з i -го складу; $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ – кількість вантажу, що може прийматися j -тим елеватором.

Тоді при $x_{ij} \geq 0$ очевидно повинні виконуватись умови:

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

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = B_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_{j=1}^m B_j . \quad (4)$$

Цільова функція (1), що підлягає оптимізації, має бути мінімальною

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min . \quad (5)$$

За описаних умов дана транспортна задача будується на основі замкнутої транспортної моделі.

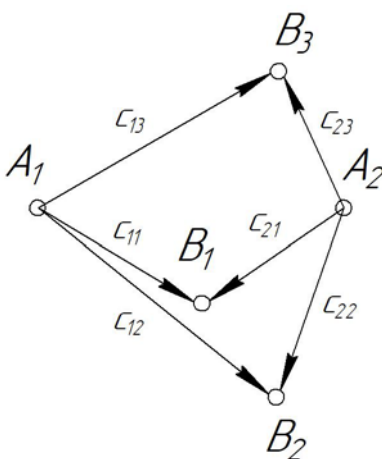


Рисунок 1 – Схема розміщення складів, елеваторів та можливі сполучення між ними

Джерело: розроблено авторами

Обмеження, що відповідають умові задачі:

$$\begin{aligned}
 x_{11} + x_{12} + x_{13} &= A_1; \\
 x_{21} + x_{22} + x_{31} &= A_2; \\
 x_{11} + x_{21} &= B_1; \\
 x_{12} + x_{22} &= B_2; \\
 x_{13} + x_{23} &= B_3.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Як видно, що всі обмеження – це рівності; кожна з наведених змінних входить як в обмеження щодо складів, так і в систему обмежень елеваторів.

Тоді в розгорнутому вигляді цільова функція (5) вартості перевезень сипкого вантажу матиме вигляд

$$Z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} \rightarrow \min. \tag{7}$$

Для даного фізичного процесу перевезення логічними будуть такі граничні умови:

$$x_{11} \geq 0; x_{12} \geq 0; x_{13} \geq 0; x_{21} \geq 0; x_{22} \geq 0; x_{23} \geq 0. \tag{8}$$

Процедура отримання оптимального рішення для вигідної схеми перевезення максимально допустимого обсягу сипкого вантажу розпочинається зі знаходження можливих розв'язків та завершується вибором оптимального значення.

Для отримання можливих (допустимих) розв'язків такої транспортної задачі доцільно представити транспортну матрицю у табличній формі, табл. 1.

Таблиця 1 – Транспортна матриця

x_{11} c_{11}	x_{12} c_{12}	x_{13} c_{13}	A_1
x_{21} c_{21}	x_{22} c_{22}	x_{23} c_{23}	A_2
B_1	B_2	B_3	Z

Джерело: розроблено авторами

Дана матриця має такі відповідності:

1-й рядок відповідає обсягам перевезень відповідно до продуктивності відвантаження зерна зі складу № 1, 2-й – зі складу № 2 та їх питомі вартості перевезення;

відповідні стовпці характеризують можливі обсяги прийнятого вантажу j -тим елеватором;

суми добутоків, за аналогією залежності (7), складають значення цільової функції Z .

Щоб зрозуміти фізичну суть такого процесу, аналізують значення вартості перевезення одиниці вантажу c_{ij} за варіантами, що наведені у клітинках матриці та вибирають мінімальне. Якщо однакових мінімальних значень є кілька, то беруть довільне з них. Тоді в цю клітинку вносять менше значення однієї з продуктивностей – A_i чи B_j , як базисну змінну. Причому рядки балансу обсягів можливих перевезень за обмеженнями продуктивностей навантажувальних машин A_i та стовпців B_j – продуктивностей елеваторів – порушені бути не можуть. Інші клітинки транспортної матриці можуть бути заповненими вільними змінними, тобто нулями, та значеннями для змінних, що вирівнюють баланс.

Інші вільні клітинки заповнюють за такою ж процедурою. Тут тільки варто зазначити, що кількість змінних становить nm , а кількість базисних змінних – $(n + m - 1)$ і, відповідно, вільних змінних – $(nm - (n + m - 1))$.

Після заповнення всіх клітинок транспортної матриці отримані значення підставляють у залежність (7) та отримують допустимий розв'язок, але стверджувати, що це саме оптимальне значення неможна.

Далі слідує процедура відшукування оптимального рішення, причому, якщо за таким методом (ручної підстановки) здійснювати цю процедуру, то наступне знайдене рішення може бути кращим, але, знову ж таки, не оптимальним. Тобто, при прямуванні цільової функції до мінімуму перебирають варіанти значень з області допустимих та встановлюють мінімальне. З метою знаходження оптимального значення цільової функції для таких задач лінійного програмування побудовані різні методи (розподільчий, метод потенціалів тощо). Всі вони в своїй основі мають базові засади симплекс-методу, де оптимальне рішення визначається перебором варіантів при переводі однієї з базисних змінних у розряд вільних та, відповідно, навпаки. Баланс при цьому витримується.

Наведені процедури розв'язку оптимізаційної задачі транспортування сипкого вантажу зі складів до елеваторів дають розуміння самого процесу побудови оптимального маршруту з врахуванням заданих обмежень [4, 5]. Якщо кількість складів, елеваторів, накладених обмежень є мінімальною, то нескладно такі рішення знаходити описаними вище процедурами. Але зі зростанням кількості вхідних даних та обмежень такі обчислення стають досить трудомісткими. Проте задачі лінійного програмування досить легко програмуються і для комп'ютера процедура перебирання варіантів за заданим алгоритмом не складає жодних труднощів. Тому, вмюючи побудувати оптимізаційну задачу, в даному випадку – маршруту перевезення сипкого вантажу, сам оптимальний розв'язок доцільно отримувати з допомогою використання комп'ютерної техніки та на основі складених програм чи вбудованих модулів відповідного програмного забезпечення.

Задачі лінійного програмування можна розв'язувати при використанні стандартної офісної програми Microsoft Excel. Тому для конкретних умов роботи складів та елеваторів, їх взаємного розміщення та вартості одиниці перевезення вантажу побудуємо та розв'яжемо транспортну задачу, де результатом буде віднаходження оптимального маршруту перевезення [7, 10].

Вихідні дані: продуктивність навантажувальних машин складу №1 – $A_1 = 100$ т/год; складу № 2 – 80 т/год; елеватори, за пропускною здатністю сушарок, протягом години можуть прийняти обсяг вантажу: $B_1 = 40$ т/год; $B_2 = 60$ т/год; $B_3 = 60$ т/год; питома вартість перевезення c_{ij} (у.о./т) вказана на рис. 2 і 3.

Шукані об'єми перевезень, т/год		Питома вартість перевезення, у.о./т		Обмеження, т/год	
x11	40	c11	5	A1	80
x12	40	c12	8	A2	80
x13	0	c13	7,3	B1	40
x21	0	c21	4,5	B2	60
x22	20	c22	6,5	B3	60
x23	60	c23	4		
Цільова функція Zmin, у.о.	890				

Рисунок 2 – Результати рішення оптимізаційної задачі при мінімальній вартості перевезення

Джерело: розроблено авторами

Шукані об'єми перевезень, т/год		Питома вартість перевезення, у.о./т		Обмеження, т/год	
x11	40	c11	5	A1	100
x12	60	c12	8	A2	60
x13	0	c13	7,3	B1	40
x21	0	c21	4,5	B2	60
x22	0	c22	6,5	B3	60
x23	60	c23	4		
Цільова функція Zmax, у.о.	920				

Рисунок 3 – Результати рішення оптимізаційної задачі при максимальній вартості перевезення

Джерело: розроблено авторами

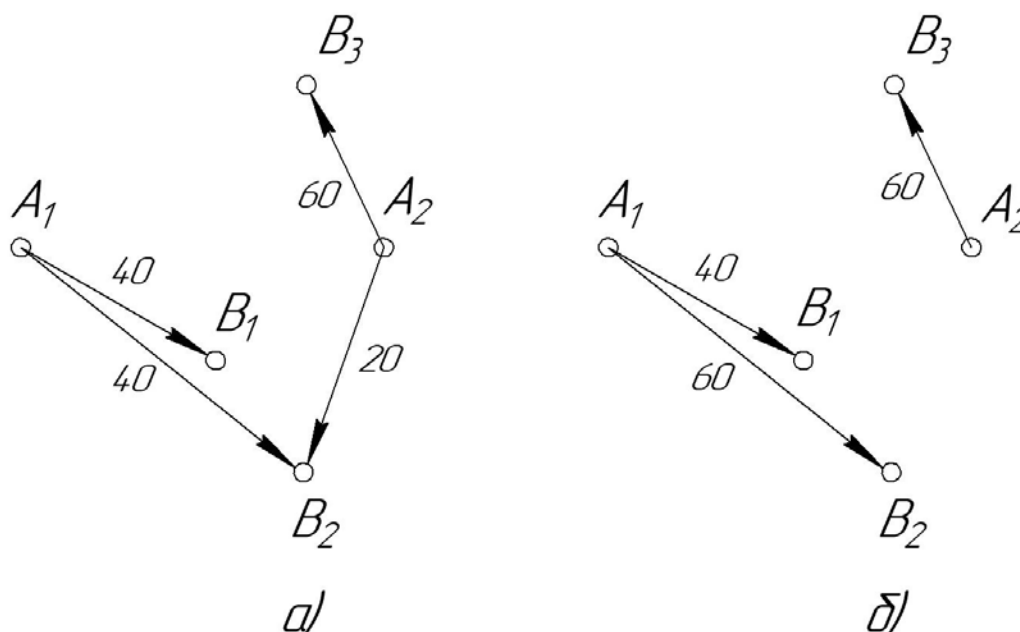
а – варіант при мінімальній вартості перевезення;
б – при максимальній вартості перевезення

Рисунок 4 – Графічне зображення результатів розрахунку оптимізаційної задачі

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Таким чином, за побудованою загальною математичною моделлю транспортної задачі було сформовано транспортну матрицю для конкретної задачі

перевезення сипкого вантажу зі складів на елеватори. Наведена методика дозволяє досліднику правильно накласти обмеження та записати вираз цільової функції з метою віднаходження оптимального рішення. За першим варіантом розв'язку оптимізаційної задачі (рис. 2) встановлені значення обсягів перевезень зі складів до відповідних елеваторів (рис. 4, а): зі складу №1 протягом годин повинно бути відвантажено 40 т до елеватора №1 та 40 т до елеватора №2; зі складу №2 – 20 т до елеватора №2 та 60 т до елеватора №3. За таких умов вартість перевезення вказаного обсягу вантажу (160 т) буде мати найменшу вартість і складе 890 у.о.

За другим, найдорожчим варіантом (рис. 3), вартість складе 920 у.о. і буде наступний розподіл (рис. 4,б): зі складу №1 – 40 т до елеватора №1 та 60 т до елеватора №2; зі складу №2 – 60 т до елеватора №3.

Отримавши такі результати, можна завжди приймати правильне рішення, щоб забезпечити високу економічну ефективність перевізного процесу у будь-якій галузі народного господарства.

Список літератури

1. Абрамчук Л.М. Методологія визначення оптимальних технологічних параметрів транспортної інфраструктури при обслуговуванні зернових вантажопотоків. *Системні дослідження та інформаційні технології*, 2009. № 3. С.105-111.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Великодний Д. О. Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. № 2. С. 4-14.
3. Аулін В.В., Івасишена В.В., Бабій М.В., Миколук Ю.М. Формування логістичної моделі транспортування сільськогосподарської продукції на агропромисловому виробництві. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17-19 листопада 2022 р. „Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту“*. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. С. 242-250.
4. Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів»*. 2018. № 11. С. 27-34.
5. Бабій М.В., Бісовський Н.М., Балацький С.С. Аналіз проблематики при взаємодії видів транспорту. *Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*. Тернопіль : ТНТУ, 2020. Том 1. С. 153.
6. Голуб Д. В., Аулін В. В., Біліченко В. В., Замуренко А. С. Реалізація системного підходу при визначенні ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2022. вип. 15, вип. 1, С. 44–51.
7. Козаченко Д.М., Вернигора Р.В., Малашкін В.В. Основи дослідження операцій у транспортних системах: приклади та задачі: навчальний посібник для ВНЗ. Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. 277 с.
8. Кухарчик О. Г. Транспортна задача оптимізації витрат при мультимодальних перевезеннях. *Економічні інновації*. 2017. Вип. 64. С. 157-163.
9. Прокудін Г. С., Ящук О. В. Оптимізація перевезень на транспортній мережі з обмеженнями на пропускні спроможності комунікацій. *Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. 2003. № 69. С 123-129.
10. Прокудін, Г. С. Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах. К: НТУ, 2006. 224 с.
11. Давідіч, Ю.О. Розробка графіка руху транспортних засобів при організації вантажних перевезень: навч. посіб. Х.: ХНАМГ, 2010. 345 с.

References

1. Abramchuk, L.M. (2009). Metodolohiia vyznachennia optymal'nykh tekhnolohichnykh parametriv transportnoi infrastruktury pry obsluhovuvanni zernovykh vantazhopotokiv [Methodology for determining the optimal technological parameters of transport infrastructure, maintenance of grain cargo flows]. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnolohii – System studies and information technologies*, 3, 105-111 [in Ukrainian].

2. Aulin, V.V., Holub, D.V., Bilichenko, V.V. & Velykodnyi, D.O. (2017). Metodolohiia pidkhodiv do doslidzhennia shliakhiv i sukupnosti faktoriv zabezpechennia nalezhnogo rivnia efektyvnosti i nadijnosti transportnykh system [Methodology of approaches to the investigating ways and the set of factors ensuring the proper level of efficiency and reliability of transport systems]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu – Herald of mechanical engineering and transport*, 2, 4-14 [in Ukrainian].
3. Aulin, V.V., Ivasyshen, V.V., Babii, M.V. & Mykoliuk, Yu.M. (2022). Formuvannia lohystychnoi modeli transportuvannia sil'skohospodars'koi produktsii na ahropromyslovomu vyrobnytstvi [Formation of a logistic model for transporting agricultural products in agro-industrial production]. Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (17-19 lystopada 2022 r) – Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference* (pp. 242-250). Kropyvnytskyi: TsNTU [in Ukrainian].
4. Babii, A.V., Babii, M.V. & Kuchvara, I.M. (2018). Analiz prychn travmuvannia zernovoho materialu pry zbyranni ta transportuvanni [Analysis of the reasons for grain material injury during harvesting and transportation]. *Naukovyj zhurnal «Tekhnichnyj servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv» – Scientific journal "Technical service of agricultural, forestry and transport complexes"*, 11, 27-34. [in Ukrainian].
5. Babii, M.V., Bisovskyi, N.M. & Balats'kyj, S.S. (2020). Analiz problematyky pry vzaiemodii vydiv transportu [Analysis of problems in the interaction of modes of transport]. Actual tasks of modern technologies: *Materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv – Materials of the 19th International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students*. Ternopil : TNTU, 1, 153 [in Ukrainian].
6. Holub, D.V., Aulin, V.V., Bilichenko, V.V. & Zamurenko, A.S. (2022). Realizatsiia systemnoho pidkhotu pry vyznachenni efektyvnosti funktsionuvannia skladnykh rehional'nykh transportnykh system [Implementation of a systematic approach in determining the efficiency of complex regional transport systems]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu – Herald of mechanical engineering and transport*, 15, 1, 44–51 [in Ukrainian].
7. Kozachenko, D.M., Vernyhora, R.V. & Malashkin, V.V. (2015). *Osnovy doslidzhennia operatsij u transportnykh systemakh: pryklady ta zadachi [Fundamentals of operations research in transport systems: examples and problems]*. Dnipropetrovsk: Dnipropetr. nats. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana. [in Ukrainian].
8. Kukharchyk, O.H. (2017). Transportna zadacha optymizatsii vytrat pry mul'tymodal'nykh perevezenniakh [Transport problem of cost optimization in multimodal transportation]. *Ekonomichni innovatsii – Economic innovations*, 64, 157-163 [in Ukrainian].
9. Prokudin, H.S. & Yashchuk, O.V. (2003). Optymizatsiia perevezen' na transportnij merezhi z obmezheniamy na propuskni spromozhnosti komunikatsij [Optimization of transportation on a transport network with limitations on the throughput capacities of communications]. *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo» – Scientific and technical collection "Automobile roads and road construction"*, 69, 123-129 [in Ukrainian].
10. Prokudin, H.S. (2006). Modeli i metody optymizatsii perevezen' u transportnykh systemakh [Models and methods of transportation optimization in transport systems]. K: NTU [in Ukrainian].
11. Davidich, Yu. O. (2010). *Rozrobka hrafika rukhu transportnykh zasobiv pry orhanizatsii vantazhnykh perevezen' [Development of a schedule for the movement of vehicles in the organization of cargo transportation]*. Kh.: KhNAMH [in Ukrainian].

Maria Babii, Ph.D.; **Volodymyr Dzyura**, Prof., DSc., **Andrii Babii**, Prof., DSc., **Nataliia Rozhko**, Assoc. Prof., DSc.; **Volodymyr Valiashek**, Assoc. Prof., Ph.D.
Ternopil Ivan Puluji National Technical University, Ternopil, Ukraine

Justification of the optimal scheme of bulk cargo transportation during interaction of different types of transport

In agricultural production technologies, a significant share in the cost of the final product belongs to transport processes. Such operations include the transportation of bulk material, for example grain seeds from warehouses to dryers on elevators with their subsequent storage. Since the volume of traffic is large, the task of developing optimal routes is very relevant. The efficiency of its solution depends on the savings of the manufacturer.

The mathematical model of the transport problem was built in the work, on the basis of which a transport matrix was formed for transporting bulk cargo from warehouses to elevators. A technique is presented. It allows the researcher to correctly impose restrictions and write down the expression of the objective function

in order to find the optimal solution. The essence of the problem is to determine the optimal route for transporting grain material from warehouses to elevators at the lowest cost of the transport process. The warehouses have a limited capacity of loading facilities in their interaction with trucks and taken into account the ability to take certain volumes of cargo by elevators, which are limited by the capacity of dryers. The problem of linear programming is solved using the Microsoft Excel program, where solutions for the best and worst transportation options are obtained when taking into account the restrictions imposed.

According to the constructed general mathematical model of the transport problem, a transport matrix was formed for a specific task of transporting bulk cargo from warehouses to elevators. As a result of the solutions, two solutions were obtained. According to the first option of solving the optimization problem, the values of the volume of transportation from warehouses to the corresponding elevators are established: from warehouse No. 1, 40 tons should be shipped within hours to elevator No. 1 and 40 tons to elevator No. 2; from warehouse No. 2 – 20 tons to elevator No. 2 and 60 tons to elevator No. 3. Under such conditions, the cost of transportation of the specified volume of cargo (160 tons) will have the lowest cost and will be 890 standard units.

According to the second, the most expensive option, the cost of transportation will be 920 standard units and there will be the following distribution: from warehouse No. 1 – 40 tons to elevator No. 1 and 60 tons to elevator No. 2; from warehouse No. 2 – 60 tons to elevator No. 3.

Having received such results, you can always make the right decision to ensure high economic efficiency of the transportation process in any branch of the national economy.

transport problem, bulk cargo, warehouse, elevator, productivity, interaction, loading facility, truck, grain material, objective function, limitation

Одержано (Received) 17.10.2023

Прорецензовано (Reviewed) 29.11.2023

Прийнято до друку (Approved) 27.12.2023

УДК 338.47:656.615

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.198-206](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.198-206)

О.С. Хачатурян, канд. екон. наук

Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький, Україна

e-mail: elenarice1210@gmail.com

Управління ланцюгами постачання – аналіз і оцінка моделей і методів

В умовах ведення бізнесу, які постійно змінюються, виникає потреба в адаптації існуючих і створенні нових механізмів у логістиці.

У роботі виконано огляд моделей, методів і концепцій, які використовуються при управлінні ланцюгами постачання в сучасних умовах. Пропонується умовно розділити моделі та методи логістики на загальнонаукові та спеціальні, котрі використовуються при об'єктному та процесному моделюванні.

Виявлено особливості використання різних моделей і методів у процесі управління ланцюгами постачання, що дозволило запропонувати їх поділ на два блоки: планування ланцюгів постачання та виконання ланцюгів постачання у поточний момент. З'ясовано, що оптимальним варіантом регулювання ланцюгів постачання є мультимодальний підхід, який дає можливість знизити витрати та оптимізувати кількість учасників.

Виконано порівняльний аналіз аналітичних методів і методу моделювання ланцюгів постачання, встановлено їх переваги та недоліки. Визначено, що сучасними тенденціями є інформатизація логістичних процесів, впровадження технології блокчейн, що створює інформаційну та більш прозору модель взаємодії на всіх рівнях постачання.

Розглянуто новий напрямок у логістиці – «зелений» логістичний реінжиніринг як такий, що впливає на весь логістичний ланцюжок підприємства і сприяє зниженню витрат і підвищенню ефективності ведення бізнес-процесів.

управління ланцюгами постачання, логістика, планування ланцюгів постачання, моделі і методи, цифрові технології

© О.С. Хачатурян, 2023