

В.М. Нефьодов, О.С. Черепаха

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ У НАПРЯМУ ОДЕСА – ІВАНО-ФРАНКІВСЬК

У роботі на підставі обраного і обґрунтованого критерію ефективності (витрати на перевезення) побудовано математичну модель процесу перевезення соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ, яка враховує використання логістичних центрів. Побудовано математичну модель системи автомобільних перевезень соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ, яка враховує основні елементи транспортного процесу у міжміському сполученні.

Ключові слова: ефективність, логістичний центр, моделювання, пробіг, соняшникова олія.

Постановка проблеми

Реалізація потужного транзитного потенціалу України та удосконалення її транспортної системи є одним з ключових елементів розвитку економіки країни та забезпечення інтеграції із європейським сполученням. Автомобільний транспорт має різноманітний рухомий склад різної вантажності та високої маневреності. Ці переваги дозволяють узгодити транспортний процес з технологічним процесом підприємств таким чином, щоб накопичення вантажів було мінімізоване, а в деяких випадках повністю виключено.

Соняшникова олія є четвертою рослинною олією у світі (після соєвої, пальмової та ріпакової) з часткою приблизно 10 %.

За даними Державної служби статистики України [1], на момент завершення весняної посівної українські аграріями було засіяно олією 5 млн. 189 тис. га, а середня становить 2,05 т/га. Якщо порівнювати з 2023 роком, то аграріями було зібрано лише 43 % усіх площ (2 млн. 194,1 тис. га), а врожайність була 2,29 т/га.

Збір соняшнику в поточному сезоні очікується на рівні 11,8 – 12,5 млн тон проти 12,76 млн тон в 2023 році, а врожайність може скоротитися на 6,1 % (до 2,4 т/га).

Український обсяг автомобільних перевезень соняшникової олії в березні 2024 року становив 608 тис. тон – на рівні попередніх двох місяців та на 16 % більше, ніж в 2023 році. Всього за перші сім місяців сезону 2024 українські компанії експортували 3,8 млн. тон соняшникової олії, у порівнянні з 3,2 млн. тонами рік тому (+18,7 %) [2].

Розвиток автомобільних перевезень тісно пов'язаний із структурними та політико-

економічними факторами. Розміри вантажів зменшуються, а їх вартість зростає, що вимагає від автомобільного транспорту високого рівня обслуговування вантажовласників, якості перевезень та гнучкості при виконанні замовлень [3].

Підвищення ефективності як автомобільного транспорту в цілому, так і підвищення ефективності автомобільних перевезень соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ є важливим державним завданням для України, особливо в умовах повномасштабного вторгнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У багатьох випадках перевезень на великі відстані, а також перевезеннях невеликих партій різноманітних вантажів доцільно організовувати перевезення вантажів з перевантаженням на спеціально створених складах і базах. При цьому вони використовують найефективніші види транспорту, що відповідають умовам збирання і транспортування великих партій вантажів [4].

При міжміських перевезеннях автомобільним транспортом використовується кілька схем організації транспортного процесу [5].

Перевезення вантажу від складу вантажовідправника до вантажного складу перевізника, передбачає зведення вантажів від кількох пунктів відвантаження та перевезення до пунктів призначення. Основною перевагою такої схеми є швидке перевезення вантажів «від дверей до дверей», а недоліком є те, що при вантажних роботах та транспортуванні вантажів слабо використовуються вантажність і пробіг автомобіля, а вантажні роботи і оформлення документів пов'язані з великими часовими витратами.

Перевезення вантажів з їх перевантаженням на складі автостанції і тільки в пункті відправлення або в пункті прибуття. В останньому випадку вантаж і відправник завантажуються безпосередньо в транспортний засіб, призначений для міжміських перевезень. Перевезення товарів на склади автостанції і вивезення здійснюється спеціалізованим транспортом.

Одним із способів перевезення вантажів є перевезення з використанням логістичних центрів [6]. Перевага даного варіанту полягає в тому, що можна зменшити запаси збереження готової продукції підприємства – виробника за рахунок транспортування всієї готової продукції в центр і з малими транспортними витратами. Недоліками цього варіанту є великі безпосередні витрати, які несуть постачальники товарів численним споживачам – замовникам товарів.

Таким чином, приведений аналіз літературних джерел та практичного досвіду з організації міжміських автомобільних перевезень дозволяє виділити, серед інших, такі проблеми, які потребують певної уваги та їх вирішення:

- необхідність раціоналізації технології міжміських автомобільних перевезень соняшникової олії в умовах інфраструктурних, технічних та фінансових обмежень;
- необхідність розробки та практичного впровадження сучасних технологій міжміських автомобільних перевезень соняшникової олії та засобів оптимізації відносин між всіма учасниками ринку міжміських вантажних перевезень та їх інфраструктурними елементами, а також кооперації їх виробничих потужностей і можливостей;
- науковий супровід, розробка та практичне впровадження нових інноваційних технологій для удосконалення спільного функціонування та взаємодії всіх суб'єктів ринку міжміських автомобільних перевезень соняшникової олії.

Формулювання мети статті

Метою даного дослідження підвищення ефективності автомобільних перевезень соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ шляхом впровадження логістичних центрів.

Об'єктом дослідження є процес перевезення соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ.

Предметом дослідження є закономірності впливу параметрів процесу перевезення соняшникової олії у напрямку Одеса – Івано-Франківськ на транспортні витрати.

Виклад основного матеріалу

Зменшити витрати на автомобільні перевезення можна шляхом зменшення порожніх пробігів автомобілів, підвищення коефіцієнта використання його вантажності, впровадження прогресивних форм виконання вантажних робіт, збільшення рівня механізації навантажувально-розвантажувальних робіт [7].

Найбільш прийнятним критерієм оцінки підвищення ефективності перевезень соняшникової олії є витрати на перевезення, які враховують багатоеlementність і складність всього процесу міжміських перевезень.

Цільовою функцією в задачі підвищення ефективності автомобільних перевезень соняшникової олії є

$$F\{B_z\} = S_n \cdot \sum_{i=1}^{12} Q_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де B_z – загальні витрати на перевезення соняшникової олії, грн,

S_n – собівартість перевезення соняшникової олії, грн/т;

Q_i – загальний обсяг перевезень соняшникової олії за місяць, т.

Система обмежень буде виглядати наступним чином

$$\begin{cases} 20 \leq q_n \leq 25, \text{ т;} \\ 0,7 \leq \gamma \leq 0,9; \\ 0,7 \leq \beta \leq 1; \\ V_t = 48, \text{ км/год.}; \\ 91 \leq Q \leq 120, \text{ т;} \\ L = 800, \text{ км;} \\ N_{\text{лц}} \in [0;1], \text{ од.} \end{cases} \quad (2)$$

де q_n – номінальна вантажність автомобіля, т;

γ – коефіцієнт статичного використання вантажності автомобіля;

β – коефіцієнт використання пробігу автомобіля;

V_t – технічна швидкість автомобіля, км/год.;

Q – обсяг перевезень соняшникової олії, т;

L – відстань перевезень соняшникової олії, км;

$N_{\text{лц}}$ – кількість логістичних центрів, од.

На відміну від пасивного, активний експеримент передбачає не лише фіксацію вхідних і вихідних даних із їх подальшою статистичною обробкою, а також активний вплив на об'єкт дослідження або цілеспрямоване втручання в процес дослідження за заздалегідь складеним планом. Цей

план визначає кількість і умови дослідів, а також вимагає отримання точної математичної моделі в ході експерименту.

Властивості досліджуваних змінних можна встановлювати, довільно встановлюючи межі інших змінних. Щоб знайти подібні властивості, потрібно межі діапазонів інших змінних взаємно узгодити.

Нижньою межею фактору «Вантажність автомобіля X_1 (q)» прийнято 20 тон, а верхньою межею прийнято значення 25 т.

Нижньою межею фактора «Коефіцієнт статичного використання вантажності автомобіля X_2 (γ)» було прийнято значення, що дорівнює 0,7, як для вантажів 3 класу, а верхню межею даного фактору можна прийняти 0,9, що відповідає вантажам 2 класу.

Мінімальне значення фактору «Коефіцієнт використання пробігу автомобіля X_3 (β)» прийнято 0,7, що відповідає значенню для маятникового маршруту із частковим зворотним навантаженням, а максимальним значенням прийнято 1.

Нижня та верхня межі фактору «Обсяг перевезень X_4 (Q)» прийнято 91 тонна та, відповідно, 120 тонн.

Після вибору факторів необхідно визначити діапазони їх варіації [8]. Оскільки в цій роботі досліджується робота автомобілів у міжміському сполученні, межі зміни обраних факторів були визначені з урахуванням умов їхнього руху.

Повний чотирьох факторний цикл випробувань передбачає зміну факторів лише на двох рівнях: нижньому (–) і верхньому (+), які визначають границі варіації відповідних змінних. Побудуємо такий план із обраними факторами, позначаючи знаками (–) та (+) мінімальне та максимальне значення кожного з них (табл. 1).

Таблиця 1.

Повний чотирьох факторний цикл випробувань

Цикл випробувань	Фактор			
	X_1	X_2	X_3	X_4
Цикл 1	20	0,7	0,7	91
Цикл 2	20	0,7	0,7	120
Цикл 3	20	0,7	1	91
Цикл 4	20	0,9	0,7	91
Цикл 5	25	0,7	0,7	91
Цикл 6	20	0,7	1	120
Цикл 7	20	0,9	0,7	120
Цикл 8	25	0,7	0,7	120
Цикл 9	20	0,9	1	91
Цикл 10	25	0,7	1	91
Цикл 11	25	0,9	0,7	91
Цикл 12	20	0,9	1	120
Цикл 13	25	0,7	1	120
Цикл 14	25	0,9	0,7	120
Цикл 15	25	0,9	1	91
Цикл 16	25	0,9	1	120

Розглянемо вплив факторів на загальні витрати на перевезення соняшникової олії на основі розробленого плану експерименту, складеного з урахуванням визначених максимальних і мінімальних значень аргументів.

Можна припустити, що загальні витрати залежать від елементів транспортної системи як лінійно, так і нелінійно. Якщо ця залежність є лінійною, то загальні витрати на перевезення соняшникової олії від параметрів транспортної системи матимуть вигляд

$$y_{\text{вип}} = (a_0) + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 \quad (3)$$

Відповідно до представленого повного чотирьох факторного циклу випробувань та мінімальних і максимальних значень обраних факторів отримано значення загальних витрат на перевезення соняшникової олії для кожного циклу випробувань (табл. 2).

Таблиця 2.

Результати розрахунків загальних витрат на перевезення соняшникової олії по проведених циклах випробувань

Цикл випробувань	Витрати на перевезення, грн
Цикл 1	562732,57
Цикл 2	742064,92
Цикл 3	524695,50
Цикл 4	439337,61
Цикл 5	552425,71
Цикл 6	691906,15
Цикл 7	579346,30
Цикл 8	728473,47
Цикл 9	409753,22
Цикл 10	515663,20
Цикл 11	431665,96
Цикл 12	540333,92
Цикл 13	679995,43
Цикл 14	569229,84
Цикл 15	403072,89
Цикл 16	531524,69

Метод найменших квадратів використано для знаходження найкращої апроксимації залежності між змінними та для визначення коефіцієнтів рівнянь регресії. Його суть полягає в мінімізації суми квадратів відхилень фактичних значень від прогнозованих за допомогою регресійної моделі [9].

Коефіцієнти регресії відображають, як у середньому змінюється результуюча ознака при збільшенні незалежного фактору на одну одиницю виміру. Знак коефіцієнтів регресії («–» та «+») визначає напрямок зв'язку між змінними. У разі від'ємного знаку залежність між змінними є

оберненою (негативною), а якщо коефіцієнт має позитивний знак, залежна та незалежна змінні знаходяться у прямому зв'язку (табл. 3–4).

Таблиця 3.
Результати розрахунків коефіцієнтів регресії лінійної моделі без незалежної змінної

Коефіцієнт регресії лінійної моделі	Факторні ознаки	Значення коефіцієнту регресії лінійної моделі
(a ₁)	X ₁	8953,6
(a ₂)	X ₂	-441189,1
(a ₃)	X ₃	-14019,5
(a ₄)	X ₄	6794,0

Таблиця 4.
Результати розрахунків коефіцієнтів регресії лінійної моделі з незалежною змінною

Коефіцієнт регресії лінійної моделі	Факторні ознаки	Значення коефіцієнту регресії лінійної моделі
(a ₀)	-	699988,9
(a ₁)	X ₁	-1953,0
(a ₂)	X ₂	-683557,8
(a ₃)	X ₃	-128471,4
(a ₄)	X ₄	5273,8

З урахуванням отриманих коефіцієнтів перетворимо вираз 3. У разі лінійної залежності без незалежної змінної загальні витрати на перевезення соняшникової олії мають вигляд

$$B_n = 8953,6 \cdot q_n - 441189,1 \cdot \gamma - 14019,5 \cdot \beta + 6794,0 \cdot Q \quad (4)$$

У разі лінійної залежності з незалежною змінною загальні витрати на перевезення соняшникової олії мають вигляд

$$B_n = 699988,9 - 1953,0 \cdot q_n - 683557,8 \cdot \gamma - 128471,4 \cdot \beta + 5273,8 \cdot Q \quad (5)$$

Регресійні моделі, отримані в ході експерименту, можна використовувати лише після перевірки їхньої адекватності. Методи оцінки адекватності ґрунтуються на довірчих інтервалах, які дають змогу визначити очікуване значення оцінюваного параметра з певною ймовірністю [10].

Перевірка адекватності передбачає порівняння теоретичної функції, отриманої або прогнозованої, із результатами вимірювань. Для цього на практиці застосовуються різні статистичні критерії узгодження. F-критерій Фішера використовується для визначення адекватності моделі лише за наявності повторних експериментів (циклів випробувань), а в іншому випадку – для оцінки її інформативності.

У цьому дослідженні повторні експерименти не проводяться, тому для оцінки інформаційної спроможності моделей застосовують F-критерій Фішера. Він дозволяє визначити, наскільки математична модель, що описує залежність між змінними, узгоджується з експериментальними даними та чи є пояснювальні змінні, включені в рівняння, достатніми для характеристики залежної змінної.

Розрахунки показали, що обидві побудовані моделі мають інформаційну цінність на рівні значущості 0,05. Коефіцієнт кореляції R відображає ступінь залежності між незалежними змінними та залежною змінною. Оскільки цей коефіцієнт вимірює загальний вплив незалежних факторів, тобто характеризує тісноту зв'язку результуючої ознаки з усією сукупністю незалежних змінних, встановлено, що у разі лінійної моделі без незалежної змінної зв'язок між параметрами досліджуваної системи та загальними витратами на перевезення соняшникової олії є більш тісним (0,997).

Коефіцієнт детермінації R² є одним із найнадійніших показників, що відображають адекватність регресійної моделі. Для лінійної моделі без незалежної змінної його значення дорівнює 0,993, тоді як для лінійної моделі, що включає незалежну змінну, – 0,991. Це свідчить про те, що модель без незалежної змінної характеризується більшою точністю.

Висновки

Отримані результати свідчать про доцільність застосування лінійної моделі без незалежної змінної для оцінки загальних витрат на автомобільні перевезення соняшникової олії за маршрутом Одеса – Івано-Франківськ. У ході експерименту встановлено, що між входними параметрами системи автомобільних перевезень соняшникової олії в цьому напрямку та загальними витратами існує функціональна залежність. Це підтверджує правильність проведеного аналізу та обґрунтованість вибору типу регресійної моделі.

Література

1. Офіційний сайт Державної служби статистики України : вебсайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 13.06.2024).

2. Експорт соняшникової олії у 2023/24 МР на 18% перевищує показник попереднього сезону : вебсайт. URL: <https://latifundist.com/novosti/64174-eksport-sonyashnikovoyi-oliyi-u-2023-24-mr-na-18-perevishchuyepokaznik-poperednogo-sezonu>.
3. Крикавський Є. В., Чорнописька Н. В. Транспортна логістика. Львів. Видавництво «Львівська політехніка», 2019. 288 с.
4. Прокудін Г. С., Редіч Ю. А., Єрко Я. В. Підвищення ефективності організації міжнародних вантажних перевезень соняшникової олії. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2021. Т. 32 (71). Ч. 2. № 2. С. 212-215.
5. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення. К : Видавничий Дім «Слово», 2010. 408 с.
6. Нефьодов В. М. Визначення доцільності використання логістичного центру у ланцюгу постачань при автомобільних перевезеннях соняшникової олії. Комунальне господарство міст. 2022. №173 (6). С. 195-198.
7. Нефьодов В. М., Павленко О. В. Побудова моделі системи автомобільних перевезень партійних вантажів в містах. Комунальне господарство міст. 2021. № 161. С. 187-190.
8. Нефьодов В. М. Побудова регресійної моделі системи автомобільних перевезень вантажів у напрямку Україна – Польща. Комунальне господарство міст. 2024. №185 (4). С. 282-286.
9. В.М. Турчин. Теорія ймовірностей та математична статистика. Дніпро : «Ліра», 2018. 752 с.
10. Волков В. П., Подригало М. А. Технологія наукових досліджень (на прикладах автомобільного транспорту): навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2008. 384 с.

References

1. Official website of the State Statistics Service of Ukraine : website. Retrieved from: <https://www.me.gov.ua/> (date of application: 13.06.2024).
2. Sunflower oil exports in 2023/24 MP exceed the previous season by 18%. Retrieved from: <https://latifundist.com/novosti/64174-eksport-sonyashnikovoyi-oliyi-u-2023-24-mr-na-18-perevishchuyepokaznik-poperednogo-sezonu>.

THE REGRESSION MODEL CONSTRUCTION OF THE SUNFLOWER OIL ROAD TRANSPORTATION SYSTEM IN THE ODESA – IVANO-FRANKIVSK DIRECTION

V. Nefyodov, O. Cherepakha

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

Ukrainian sunflower oil shipments in March 2024 amounted to 608 thousand tons - at the level of the previous two months and 16% more than last year. In total, for the first seven months of the 2024 season, Ukrainian companies exported 3.8 million tons of sunflower oil, compared to 3.2 million tons a year ago (+18.7%).

One of the ways of transporting goods is delivery using logistics centers. The advantage of this option is that it is possible to reduce the stock of finished products of the enterprise - manufacturer by transporting all finished products to the center and with low transportation costs. The disadvantages of this option are the high direct costs that suppliers of goods bear to numerous consumers - customers of goods.

On the basis of the developed experimental plan, painted according to the determined maximum and minimum values of the arguments, the linear influence of factors on the time of sunflower oil transportation was considered.

The R-squared coefficient is one of the most effective estimates of the adequacy of the regression model. In the case of a linear model without an independent variable, the R2 coefficient = 0.993, in the case of a linear model with an independent variable, R2 = 0.991, which means that the linear model without an independent variable is more accurate.

The results obtained indicate a more rational use of a linear model without an independent variable for determining the costs of road transportation of sunflower oil in the direction Odesa - Ivano-Frankivsk. As a result of the experiment, it was established that there is a functional relationship between the inputs of the system of road transportation of sunflower oil in the direction Odesa - Ivano-Frankivsk and the outputs. This confirms the correctness of the previous analysis and the choice of the type of regression model.

Keywords: efficiency, logistics center, mileage, modeling, sunflower oil.

3. Krikavsky E. V., Chornopiska N. V. Transport logistics. Lviv. Publishing house «Lviv Polytechnic», 2019. 288 p.
4. Prokudin G. S., Redich Yu. A., Yerko Ya. V. Increasing the efficiency of organizing international cargo transportation of sunflower oil. Scientific notes of V. I. Vernadsky TNU. Series: Technical Sciences. 2021. Vol. 32 (71). Part 2. No. 2. P. 212-215.
5. Bosnyak M.G. Freight Road Transportation. K: Publishing House "Slovo", 2010. 408 p.
6. Nefodov V. M. Determining the feasibility of using a logistics center in the supply chain for road transportation of sunflower oil. Municipal Utilities. 2022. No. 173 (6). P. 195-198.
7. Nefodov V. M., Pavlenko O. V. Building a model of the system of road transportation of batch cargo in cities. Municipal economy of cities. 2021. No. 161. P. 187-190.
8. Nefodov V. M. Road freight transportation in the direction of Ukraine - Poland. Municipal economy of cities. 2024. No. 185 (4). P. 282-286.
9. V.M. Turchyn. Probability Theory and Mathematical Statistics. Dnipro: "Lira", 2018. 752 p.
10. Volkov V. P., Podrigalo M. A. Technology of scientific research (on the examples of road transport): study guide. Kharkiv: Khnadu, 2008. 384 p.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: НЕФЬОДОВ Віктор Миколайович

кандидат технічних наук, доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – nvicnic@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-7678>

Автор: ЧЕРЕПАХА Олександр Сергійович

кандидат технічних наук, асистент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – stt0503026014@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6129-1945>