

УДК 656.13(075)

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.14>

**Леснікова І. Ю.**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
та міжнародної логістики  
Університету митної справи та фінансів  
ORCID: 0000-0002-2750-6031

**Халіпова Н. В.**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
та міжнародної логістики  
Університету митної справи та фінансів  
ORCID: 0000-0001-5605-6781

**Кузьменко А. І.**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
та міжнародної логістики  
Університету митної справи та фінансів  
ORCID: 0000-0001-7278-3647

**Жир С. І.**, кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
та міжнародної логістики  
Університету митної справи та фінансів  
ORCID: 0000-0002-1493-9401

**Шаповалов О. В.**, кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри транспортних технологій  
та міжнародної логістики  
Університету митної справи та фінансів  
ORCID: 0000-0001-8788-3771

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬГОСППРОДУКЦІЇ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

*Стаття присвячена удосконаленню транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в умовах воєнного стану. Визначено оптимальний маршрут для перевезення. Розраховані показники собівартості перевезення сільгосппродукції.*

*Україна є одним з найбільших виробників зернових культур, серед яких головне місце посідає пшениця, а також просо, сорго, кукурудза, жито, овес, ячмінь і рис, які використовуються в харчовій промисловості, тваринництві та в секторі відходів тваринництва. В умовах війни дане питання стало чи не найважливішим через загрозу дефіциту запасів зерна у більшості країн, які кожного року закупляли його у нашої держави*

*Актуальність даної статті обумовлена тим, що в умовах війни перевезення зерна автомобільним транспортом виходять на першу позицію на ринку вантажних перевезень за обсягом на рівні із залізничним, адже це єдині види транспорту, які мають змогу функціонувати в період війни в Україні. Альтернативні види транспорту втратили можливість працювати в повній мірі або ж взагалі недоступні [3]. Авіапростір повністю закритий, більша частина портів знаходяться в тимчасовій окупації або не мають змоги працювати в повній мірі, бо їх інфраструктура частково зруйнована. Отже, автомобільні перевезення стають одним з головних шляхів експорту зернових культур.*

*Метою даної статті є оптимізація шляхів підвищення ефективності управління процесом перевезення вантажів та організація доставки вантажу (на прикладі зернових культур) в умовах воєнного стану.*

*Визначено за критерієм мінімізації загальних транспортних витрат і оптимальний план перевезень пшениці від постачальників до підприємств та порту. З'ясовано, яка частина загальних транспортних витрат припадає на перший етап перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів), а яка на другий (з розподільчих пунктів до кінцевих пунктів).*

*В результаті застосування інтернет-ресурсів «ТрипЛя» і «DeGruz» зведені дані про вартість перевезеного вантажу від постачальників до проміжних пунктів і від проміжних пунктів до споживачів.*

© І. Ю. Леснікова, Н. В. Халіпова, А. І. Кузьменко, С. І. Жир, О. В. Шаповалов, 2023

---

За результатами було отримано оптимізований план перевезення, проведено порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації, вартість якого суттєво зменшилася у порівнянні з попереднім, а саме на 9%, що в період війни є вагомим результатом.

Ключові слова: воєний стан, оптимізація перевезень, сільгосппродукція, багатоступінчаста транспортна задача, вартість перевезення.

**Lesnikova I. Yu., Khalipova N. V., Kuzmenko A. I., Zhyr S. I., Shapovalov A. V. Optimization of the transport and technological scheme of transportation of agricultural products in the special conditions of Ukraine**

The article is devoted to improvement of transport and technological scheme of transportation of agricultural products under martial law. The optimal route for transportation has been determined. Calculated indicators of the cost of transportation of agricultural products.

Ukraine is one of the largest producers of grain crops, among which the main place is occupied by wheat, as well as millet, sorghum, corn, rye, oats, barley and rice, which are used in the food industry, livestock and livestock waste. During the war, this issue became perhaps the most important because of the threat of a shortage of grain stocks in most countries that purchased it from our country every year

The relevance of the bottom article is due to the fact that in the conditions of war, grain transportation by road takes the first position in the freight market in terms of volume on a par with rail, because these are the only modes of transport that can function during the war in Ukraine. Alternative modes of transport have lost the ability to work fully or are not available at all. Airspace is completely closed, most of the ports are under temporary occupation or are unable to work fully because their infrastructure is partially destroyed. Consequently, road transportation is becoming one of the main ways of exporting grain crops.

The article is aimed at optimizing ways to improve the efficiency of management of the process of cargo transportation and organization of cargo delivery (on the example of grain crops) under martial law.

The criterion of minimization of total transport costs and the optimal plan of transportation of wheat from suppliers to enterprises and port are determined. It is found out which part of the total transport costs falls on the first stage of transportation (from suppliers to distribution points), and which on the second (from distribution points to final points).

As a result of the use of Internet resources "Trypillya" and "DeGruz" summary data on the cost of transported cargo from suppliers to intermediate points and from intermediate points to consumers.

According to the results, an optimized transportation plan was obtained, a comparison of transportation costs before and after optimization was made, the cost of which significantly decreased compared to the previous one, namely by 9%, which is a significant result during the war.

Key words: martial law, optimization of transportation, agricultural products, multistage transport problem, cost of transportation.

**Постановка проблеми.** Україна є одним з найбільших виробників зернових культур, серед яких головне місце посідає пшениця, а також просо, сорго, кукурудза, жито, овес, ячмінь і рис, які використовуються в харчовій промисловості, тваринництві та в секторі відходів тваринництва. В умовах війни дане питання стало чи не найважливішим через загрозу дефіциту запасів зерна у більшості країн, які кожного року закупляли його у нашої держави.

На жаль зернова галузь України зазнала серйозних втрат. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України сумарний валовий збір зернових, зернобобових та олійних культур у 2022 році на рівні 65 млн т [1]. Якщо провести порівняння з мирним 2021 роком, коли було зібрано 106,6 млн т, то можна зробити висновок, що Україна втратила 40% від минулорічного обсягу. Фахівці пояснюють погіршення прогнозу, насамперед, зменшенням майже на 1 млн га площ (до 18 млн га), з яких можливо зібрати врожай, та об'єктивними перешкодами для збору врожаю через заміновані поля, окупацію та знищення посівів.

Найбільше потерпають господарства Миколаївської, Херсонської, Запорізької, Харківської, Одеської та Чернігівської областей. Більша частина цих регіонів перебувала або перебуває до цього часу у тимчасовій окупації, їх поля зазнають втрат через обстріли, замінування та постійний рух ворожої техніки, саме тому достатньо складно оцінити масштаби збитків для зернової галузі [2]

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням розробки раціональних схем доставки специфічних вантажів присвятили свої роботи багато вчених. Серед них: Бондарев С.І., Маруніч В.С., Шморгун Л.Г., Мирошніченко Л.В., Вельможин О.В., Гудков В.О., Перебийніс В.І., Яновицька А.В., Каспорчук О.С., Пасічник О.М., Охота В.О., Панчук В.О., Козіна К.Г. та інші.

Саме тому велика кількість науковців та спеціалістів зі сфери логістики працюють задля нормалізації шляхів експорту даної продукції автомобільним транспортом [3–4].

Актуальність даної статті обумовлена тим, що в умовах війни перевезення зерна автомобільним транспортом виходять на першу позицію на ринку вантажних перевезень за обсягом на рівні із залізничним, адже це єдині види транспорту, які мають змогу функціонувати в період війни в Україні. Альтернативні види транспорту втратили можливість працювати в повній мірі або ж взагалі недоступні [5]. Авіапростір повністю закритий, більша частина портів знаходяться в тимчасовій окупації або не мають змоги працювати в повній мірі, бо їх інфраструктура частоково зруйнована. Отже, автомобільні перевезення стають одним з головних шляхів експорту зернових культур.

**Мета статті.** Метою даної статті є оптимізація шляхів підвищення ефективності управління процесом перевезення вантажів та організація доставки вантажу (на прикладі зернових культур) в умовах воєнного стану.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати основні особливості вантажних перевезень в умовах воєнного стану;
- провести аналіз математичної моделі перевезення вантажу;
- розробити маршрут перевезення вантажу;
- розрахувати собівартість перевезення вантажу.

**Виклад основного матеріалу.** Потрібно за критерієм мінімізації загальних транспортних витрат визначити оптимальний план перевезень пшениці від постачальників до підприємств та порту. З'ясувати, яка частина загальних транспортних витрат припадає на перший етап перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів), а яка на другий (з розподільчих пунктів до кінцевих пунктів).

За основу було обрано двоетапну транспортну задачу перевезення зерна. Спочатку пшениця буде перевозитися з невеликих господарств на два елеватори, а потім на підприємства, які цього потребують, та порти.

Як вже було зазначено вище вантаж буде прямувати за декількома існуючими маршрутами. Для удосконалення даного перевезення буде використано двоетапну транспортну задачу, коли перевезення продукції здійснюється у два етапи: спочатку від постачальника на проміжний пункт, далі – з цього проміжного пункту до споживача (рис. 1), та багатоетапні – коли на шляху від постачальника до споживача проміжних пунктів є декілька (рис. 2).



Рис. 1. Рух продукції у двоетапній транспортній задачі



Рис. 2. Рух продукції у багатоетапній транспортній задачі

Вважаються відомими запаси продукції у постачальників, пропускні спроможності проміжних пунктів, потреби споживачів, а також пропускні спроможності кожного із маршрутів. За цих умов потрібно визначити найекономічніший план перевезень продукції від постачальників до споживачів.

Треба вирішити задачу про удосконалення транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в умовах воєнного стану трьох постачальників  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  через два розподільчих пункти (елеватори)  $P_1$  і  $P_2$  до чотирьох замовників  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  та  $A_4$ . Запас зерна у постачальників дорівнює, відповідно, 1500, 1800 і 3600 тон. Через розподільчий пункт  $P_1$  можна перевезти не більше 3600 т зерна, через пункт  $P_2$  – не більше 4500 т. Потреби замовників складають відповідно, 900, 1500, 2100 і 2400 тон. Зі сховищ до розподільчих пунктів пшениця перевозиться 25-тонними зерновозами, а з розподільчих пунктів до замовників – 18-тонними

Постачальниками зерна будуть виступати аграрні підприємства Запорізької та Дніпропетровської областей, які найбільше потребують вивезення зернової продукції у період воєнного стану, щоб зберегти свою продукцію від ворожих атак:

1. ТОВ «Зоря» м. Зеленодольськ, Криворізького р-ну, Дніпропетровської області;
2. ТОВ «Світанок» м. Марганець, Нікопольського р-ну, Дніпропетровської області;
3. ТОВ «Ромашка» м. Орхів, Пологівського р-ну, Запорізької області.

Проміжні пункти – це елеватори, до яких буде евакуйовано зернову продукцію агропідприємств з метою зберігання та подальшого перевезення до підприємств та портів, відстань від постачальників до яких наведено у табл. 1:

1. Елеватор “Kedorr Agro Group” смт. Вишневе, П’ятихатського р-ну, Дніпропетровської області;
2. Балівський елеватор с. Партизанське, Дніпровського р-ну, Дніпропетровської області.

Таблиця 1

## Відстань від постачальників до проміжних пунктів, км

Постачальники	Проміжні пункти	
	Елеватор Kadorr Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	130	204
2. ТОВ «Світанок»	160	155
3. ТОВ «Ромашка»	230	195

Детальна схема маршрутів, яка була побудована за допомогою інтернет-ресурсу Google Maps зображено на рис. 3 [6]. Дана схема будувалася за критеріями мінімального часу та найменшої відстані, які є умовними, адже неможливо спрогнозувати тривалість перевезення, бо присутні наступні фактори:

- блокування та черги на них;
- комендантська година, тривалість якої залежить від регіону;
- стан доріг та можливість проїзду по ним відповідним транспортом.

На схемі чорним кольором зображено лінії маршруту, які є найбільш оптимальними за кілометражем, а червоним – шляхи, що мають найбільшу відстань.



Рис. 3. Попередня схема маршрутів перевезення зернової продукції

Споживачами виступають підприємства, які потребують сировину для виробництва борошна та порт, звідки здійснюють експорт зернових культур по міжнародному зерновому коридору [8].

Таблиця 2

## Відстань від Балівського елеватора до споживачів, км

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Балівський елеватор	30	727	590	690

Можлива схема маршруту від Балівського елеватора до споживачів наведена на рис. 4, але фінальна схема буде визначена лише після розрахунків.

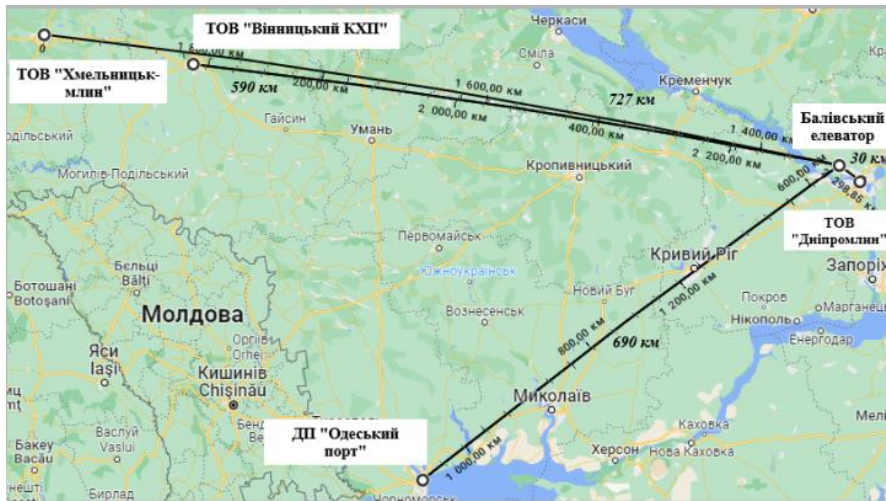


Рис. 4. Схема маршруту від Балівського елеватора до споживачів

Таблиця 3

Відстань від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів, км

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorr Agro Group	102	625	480	590

На рис. 5 зображено можливу схему маршруту від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів. Фінальну схему можна буде побачити лише після розрахунків.



Рис. 5. Схема маршруту від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів

Позначимо кількість постачальників через  $m$ , а обсяг наявної у кожного з них продукції через  $a_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ). Кількість споживачів позначимо через  $n$ , попит кожного споживача – через  $b_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ). Припускається, що перевезення продукції від постачальників до споживачів здійснюватимуться у два етапи. Спочатку продукція від постачальників надходитиме на проміжні пункти, а вже з проміжних пунктів – до споживачів (рис. 6).

Кількість проміжних пунктів позначимо через  $p$ , а пропускну спроможність окремого  $k$ -го проміжного пункту – через  $c_k$  ( $k = \overline{1, p}$ ).

Витрати на перевезення одиниці продукції від  $i$ -го постачальника на  $k$ -й проміжний пункт позначимо через  $s_{ik}$  ( $i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$ ), а витрати на перевезення одиниці продукції з  $k$ -го проміжного пункту до  $j$ -го споживача – через  $t_{kj}$  ( $k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$ ). Пропускні спроможності кожного з маршрутів вважатимемо необмеженими.

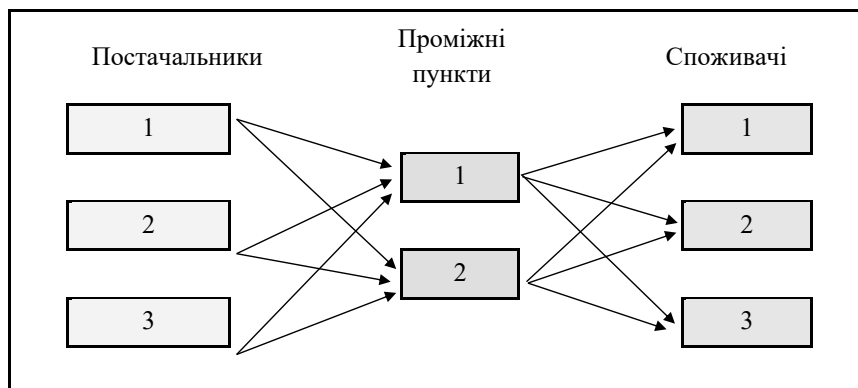


Рис. 6. Транспортна мережа двохетапної транспортної задачі ( $m=3, n=3, p=2$ )

Потрібно знайти обсяги  $x_{ik}$  перевезень продукції від постачальників на проміжні пункти ( $i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$ ) та обсяги  $y_{kj}$  перевезень продукції з проміжних пунктів до споживачів ( $k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$ ), щоб загальні витрати  $z$  на здійснення усіх перевезень були б мінімальними.

За наведених умов і позначень економіко–математична модель двохетапної транспортної задачі набирає вигляду:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p s_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n t_{kj} y_{kj} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^p y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq c_k, \quad k = \overline{1, p}, \quad (4)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, p}, \quad (5)$$

$$y_{kj} \geq 0, \quad k = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Цільова функція задачі (1) – вимога пошуку найбільш економічного плану перевезень продукції. Інші умови задачі означають, відповідно, що:

(2) – обсяг продукції, що вивозитиметься від кожного постачальника, не повинен перевищувати наявного у нього запасу;

(3) – обсяг продукції, що завозитиметься кожному споживачу, має відповідати його попиту;

(4) – вся продукція, що завозитиметься на кожний проміжний пункт від постачальників, має бути потім надісланою до споживачів, причому слід враховувати пропускні спроможності кожного проміжного пункту.

Умовами існування розв’язку задачі є такі:

1) загальний запас продукції у всіх постачальників дозволяє задовольнити сукупний попит усіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j, \quad (7)$$

2) пропускні спроможності усіх проміжних пунктів достатні для опрацювання сукупного потоку продукції у транспортній мережі:

$$\sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^p c_k, \quad (8)$$

Для повноцінного використання умов (1)–(8) необхідно адекватно визначити тарифікацію витрат на перевезення зернової продукції.

Перевезення зернової продукції дещо відрізняється від перевезення інших вантажів, адже це більш складний та затратний процес, особливо у період воєнного стану. Для повноти картини також необхідно розрахувати вартість перевезення однієї тонни продукції.

Особливо складна ситуація на тих територіях, де відбувалися бойові дії, поки робота не відновлюється. По-перше, пошкоджені транспортні шляхи. По-друге, ще ведеться робота з розмінування територій. Тому водії побоюються туди їздити.

Раніше радіус перевезень зерна автотранспортом складав приблизно 400 км. Все, що більше, – успішно перевозилось залізницею. Зараз радіус транспортування складає до 1 тис. км.

Щодо ціни, то на неї впливають багато факторів:

- зростання кілометражу проїзду, оскільки інфраструктура в багатьох місцях пошкоджена і транспорту треба об'їжджати ці ділянки;
- коливання вартості дизельного палива, та ліміти наливу на один транспортний засіб;
- перевізники закладають у тариф ризики воєнного часу, що тягне за собою значне підвищення вартості.

Також ціна залежить від кожного окремого напрямку. На неї впливають терміновість, об'єм, який потрібно доставити, та ціна на дизельне паливо[9]. Тому для більш точного та аргументованого розрахунку вартості перевезення однієї тонни вантажу було обрано інтернет-ресурс «Трипілля», на якому можна знайти вартість перевезення за конкретним маршрутом у реальному часі. Задля адекватного тарифікування було прийняте рішення обирати середню вартість серед відповідних перевізників (рис. 7).

**РОЗРАХУНОК ВІДСТАНИ ТА ВАРТОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА**

Зеленодольськ, Дніпропетровська обл., Апос. ▾

↔

Вишневе, Дніпропетровська обл., П'ятихатс... ▾

Розрахувати

**Маршрут:** Зеленодольськ - Вишневе  
**Відстань:** 130 км  
**Час в дорозі:** 2 ч. 41 мин.

**Ціни логістичних компаній**






Компанія	ПІБ	Телефон	Ціна грн/т	Замовлення
 Громбе	Сероуленко Игорь Сергеевич	+38 (098) 215-26-10	1305 грн/т с НДС	<a href="#" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px;">Замовити</a>
 Восток Групп Авто	Татьяна	+380661047865	258 грн/т с НДС	<a href="#" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px;">Замовити</a>
 Група компаній з вантажних перевезень	Група компаній з вантажних перевезень	+380674013338	258 грн/т с НДС	<a href="#" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px;">Замовити</a>
 Агроплюс-сервис	Агроплюс-сервис	+380634055446	258 грн/т с НДС	<a href="#" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px;">Замовити</a>
 AFINA PALLADA	Афіна Паллада	+380686944172	258 грн/т с НДС	<a href="#" style="background-color: #76923c; color: white; padding: 5px;">Замовити</a>

Рис. 7. Приклад розрахунку вартості за допомогою ресурсу «Трипілля» [9]

Також основним економічним показником перевезення є собівартість.

Для правильного та детального розрахунку було використано інтернет-ресурс “DeGruz”, на якому запропоновано спеціальний калькулятор для підвищеної точності та адекватності оцінки [10]. Було софрмовано чітку модель собівартості для стандартного автопідприємства, яке буде займатися перевезенням зернових культур (табл. 6).

**Характеристика автопідприємства**

Загальні вихідні дані	
Кількість машин у парку	15
Кількість робочих діб на місяць	22
Пробіг однієї машини в місяць, км	10 000
Витрата палива, л/100 км	38
Вартість палива, грн/л	54
Загальні витрати (на весь автопарк)	
Заробітна плата бухгалтера, грн/міс	10 000
Заробітна плата логіста, грн/міс	13 000
Витрати на утримання та експлуатацію 1 авто	
Заробітна плата водієві, грн/міс	15 000
Відрядження водієві за 1 добу, грн	400

Таблиця 6

В результаті застосування інтернет-ресурсів «Трипілля» і «DeGruz» зведені дані про вартість перевезеного вантажу від постачальників до проміжних пунктів внесено в табл. 7 і від проміжних пунктів до споживачів – в табл. 8.

Таблиця 7

**Вартість перевезення вантажу від постачальників до проміжних пунктів, грн/т**

Постачальники	Проміжні пункти	
	Елеватор Kadorg Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	770	1199
2. ТОВ «Світанок»	1010	957
3. ТОВ «Ромашка»	1345	1067

Таблиця 8

**Вартість перевезення вантажу від проміжних пунктів до споживачів, грн/т**

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	611	3454	2758	3330
Балівський елеватор	166	4042	3321	3918

За наведених умов економіко-математична модель двоетапної задачі виглядає наступним чином:

$$f = 770x_{11} + 1199x_{12} + 1010x_{21} + 957x_{22} + 1345x_{31} + 1067x_{32} + 611y_{11} + 3454y_{12} + 2758y_{13} + 3330y_{14} + 166y_{21} + 4042y_{22} + 3321y_{23} + 3918y_{24} \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} = 1500 \\ x_{21} + x_{22} = 1800 \\ x_{31} + x_{32} = 3600 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = 3600 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = 4500 \\ y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} = 3600 \\ y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{24} = 4500 \\ y_{11} + y_{21} = 900 \\ y_{21} + y_{22} = 1500 \\ y_{13} + y_{23} = 2100 \\ y_{14} + y_{24} = 2400 \\ x_{ij} > 0, y_{jk} > 0, \\ i = 1, 3; j = 1, 2; k = 1, 4; \end{array} \right.$$

Наступні розрахунки буде проведено за допомогою табличного процесора Microsoft Excel. Скріншот з екрану підготовки даних до розрахунку та результати вирішення задачі оптимізації наведено на рис. 8–10.

Оптимальному плану перевезень відповідають мінімальні загальні транспортні витрати у розмірі 27 370 500 гривень, у тому числі на першому етапі перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів) – 6 897 600 гривень, а на другому етапі (з розподільчих пунктів до споживачів) – 20 472 900 гривень.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Оптимізація плану перевезень пшениці									
2										
3	Постачальники	Запас		Розподільчий пункт	Пропускна спроможність		Споживачі	Потреба		
4	C1	1500		P1	3600		A1	900		
5	C2	1800		P2	4500		A2	1500		
6	C3	3600		Разом:	8100		A3	2100		
7	Разом:	6900					A4	2400		
8							Разом:	6900		
9	Вихідні дані									
10	Витрати на перевезення 1т пшениці			Витрати на перевезення 1т пшениці						
11	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі			
12		P1	P2				A1	A2	A3	A4
13	C1	770	1 199		P1		611	3454	2758	3330
14	C2	1 010	957		P2		166	4042	3321	3918
15	C3	1 345	1 067							

Рис. 8. Результати підготовки робочого аркушу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
16	Витрати на перевезення пшениці			Витрати на перевезення пшениці							Витрати на перевезення пшениці на 1км			Витрати на перевезення пшениці на 1км						
17	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі				Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт						
18		P1	P2				A1	A2	A3	A4		P1	P2		A1	A2	A3	A4		
19	C1	19250	29975		P1		10998	62172	49644	59940		C1	149	147		P1	367	86	85	87
20	C2	25250	23925		P2		2988	72756	59778	70524		C2	158	155		P2	30	117	125	120
21	C3	33625	26675									C3	147	187						
22																				
23	Обсяг перевезень пшениці, т			Обсяг перевезень пшениці, т							Обсяг перевезень пшениці, т			Обсяг перевезень пшениці, т						
24	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі				Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт						
25		P1	P2	Всього:			A1	A2	A3	A4	Всього:									
26	C1	0	1500	1500	P1		900	0	2100	0	3000									
27	C2	1800	0	1800	P2		0	1500	0	2400	3900									
28	C3	1200	2400	3600	Всього:		900	1500	2100	2400										
29	Всього:	3000	3900																	
30																				
31	Витрати на перевезення			Витрати на перевезення							Витрати на перевезення			Витрати на перевезення						
32		Грн		Грн			Грн				Грн			Грн						
33	На першому етапі	7791300		6897600			6897600				6897600			6897600						
34	На другому етапі	21807900		20472900			20472900				20472900			20472900						
35	Загальні	29599200		27370500			27370500				27370500			27370500						
36																				
37	Обсяг перевезень пшениці, 25т			Обсяг перевезень пшениці, 18 т							Обсяг перевезень пшениці, 18 т			Обсяг перевезень пшениці, 18 т						
38	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі				Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт						
39		P1	P2				A1	A2	A3	A4		P1	P2		A1	A2	A3	A4		
40	C1	60	0		P1		0	84	0	117		P1			0	84	0	117		
41	C2	72	0		P2		50	0	117	17		P2			50	0	117	17		
42	C3	12	132																	

Рис. 10. Результати розрахунків з оптимізації плану перевезення

**Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** За результатами було отримано оптимізований план перевезення, вартість якого суттєво зменшилася у порівнянні з попереднім, а саме на 9%, що в період війни є вагомим результатом. Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації проведено у табл. 9. Графічно дане порівняння зображено на рис. 11.

## Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації

Витрати на перевезення	Грн	
	До оптимізації	Після оптимізації
На першому етапі	7 791 300	6 897 600
На другому етапі	21 807 900	20 472 900
Загальні	29 599 200	27 370 500

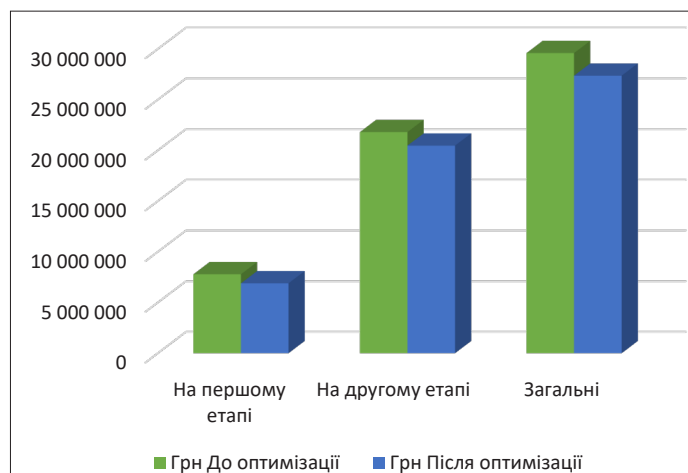


Рис. 11. Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації

При розрахунках було оптимізовано не лише витрати на перевезення, а й обсяг перевезення пшениці за маршрутами. Результати розрахунків обсягів перевезення на першому етапі розташовані у табл. 10. Графічно маршрут зображено на рис. 12.

Таблиця 10

## Обсяги перевезення пшениці на першому етапі

Постачальники	Обсяг перевезення пшениці, т	
	Розподільчий пункт	
	Елеватор Kadorr Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	1500	0
2. ТОВ «Світанок»	1800	0
3. ТОВ «Ромашка»	300	3300

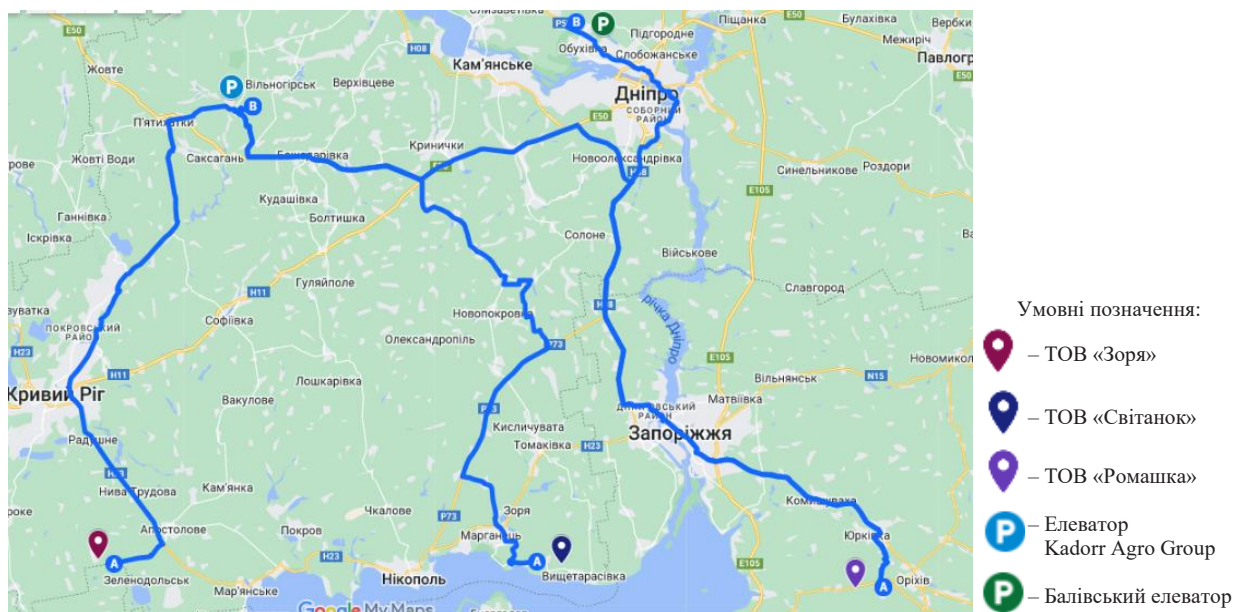


Рис. 12. Маршрути першого етапу перевезення пшениці

Результати розрахунків обсягів перевезення на другому етапі розташовані у табл. 11 і на рис. 13–14.

Таблиця 11

**Обсяги перевезення пшениці на другому етапі**

Розподільчий пункт	Обсяг перевезень пшениці, т			
	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	0	1500	0	2100
Балівський елеватор	900	0	2100	300

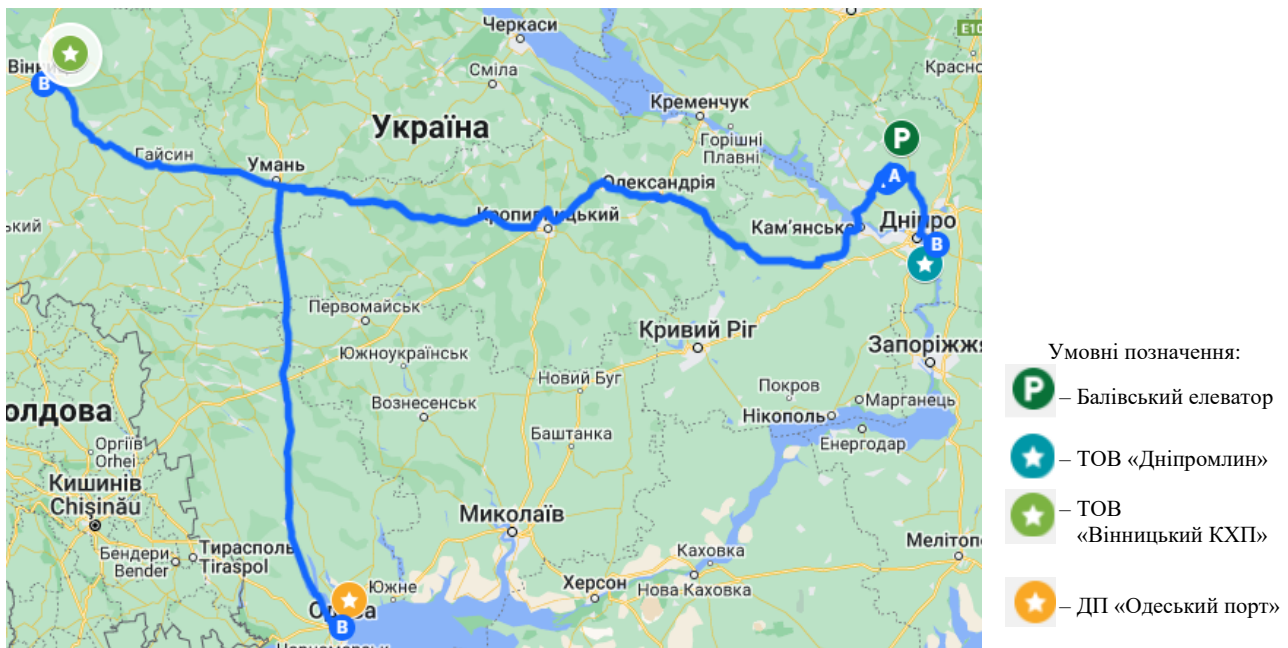


Рис. 13. Маршрути перевезення пшениці від Балівського елеватора до споживачів

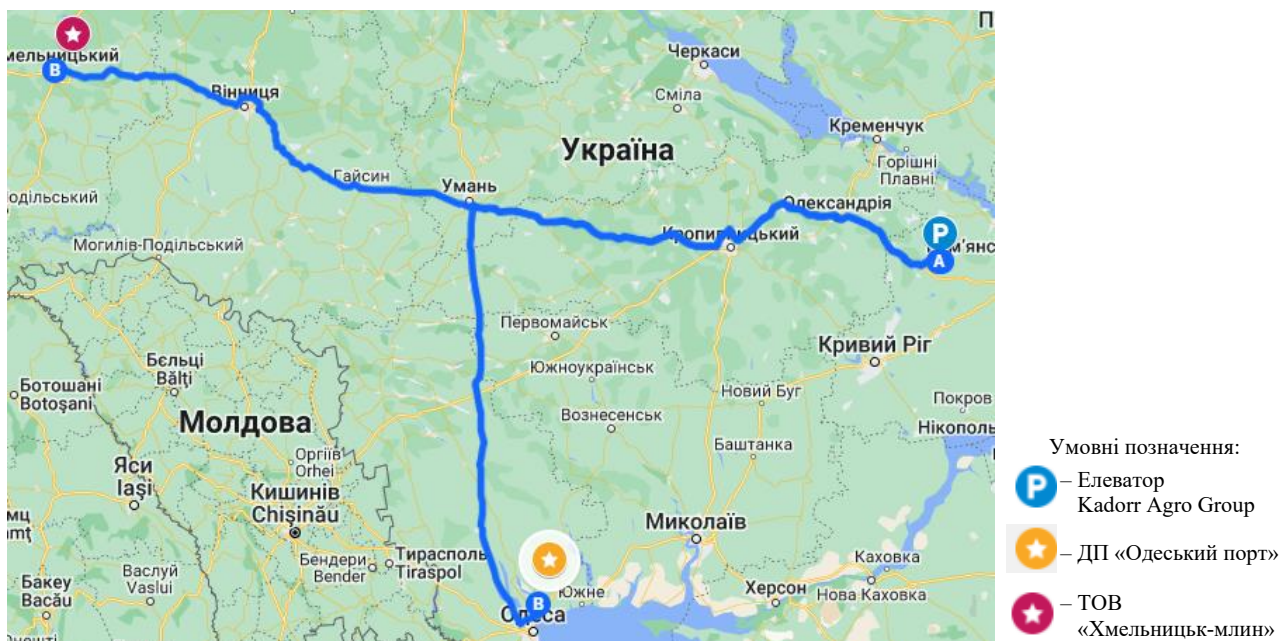


Рис. 14. Маршрути перевезення пшениці від Елеватора КАГ до споживачів

Також було проведено розрахунок собівартості 1 км пробігу вантажівки для стандартного автопідприємства, яке б теоретично могло бути залучене до перевезення. За результатами розрахунків було визначено, що собівартість 1 км пробігу для вантажівки складає 23,34 грн. Для порівняння було розраховано витрати на перевезення 25 т та 18 т пшениці на 1 км у табл. 12 та табл. 13 відповідно.

Таблиця 12

Витрати на перевезення 25 т пшениці на 1 км		
Витрати на перевезення 25 т пшениці на 1км, грн		
Постачальники	Розподільчий пункт	
	Елеватор Kadorg Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	149	147
2. ТОВ «Світанок»	158	155
3. ТОВ «Ромашка»	147	137

Таблиця 13

Витрати на перевезення 18 т пшениці на 1 км				
Витрати на перевезення 18 т пшениці на 1км, грн				
Розподільчий пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	367	86	85	87
Балівський елеватор	30	117	125	120

З наведених результатів можна зробити висновок, що у період воєнного стану реальні витрати на перевезення особливо з прифронтових районів суттєво відрізняються від теоретичних.

#### Список використаних джерел:

1. Врожай 2022. URL: <https://latifundist.com/spetstemy/zbyralna-kampaniya-2022>.
2. Урожай воєнного стану: скільки зберуть у 2022 році і як це вплине на наступний рік. URL: [https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245\\_urozhay\\_voennogo\\_stanu\\_skilki.html](https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245_urozhay_voennogo_stanu_skilki.html).
3. Очеретенко С. В., Дмитрієва К. С. Дослідження питання удосконалення системи доставки вантажів у міжнародному сполученні на автотранспортних підприємствах. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2018. № 140. С. 76–80.
4. Черемісіна С. Г., Россоха В. В. Ефективність виробництва зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи підвищення. *Економіка АПК*. 2021. № 6. С. 54–67.
5. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. *Держстат України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
6. Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@48.4613372,35.0627573,13z?hl=uk&auth-ser=0>.
7. Логістика експорту зерна. URL: <https://ambarexport.ua/blog/grain-export-logistics>.
8. Автомобільна логістика у воєнний час: ціни, стан доріг та перетин кордону. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/968-avtomobilna-logistika-u-voyennij-chas-tsini-stan-dorig-ta-peretin-kordonu>.
9. Розрахунок відстані та вартості перевезення зерна. URL: <https://tripoli.land.ua/logistics/zelenodolsk-to-vishnevoe-ryatihatskiy>.
10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Організація послуг та управління на в автомобільному транспорті» студентів напряму підготовки спеціальностей 274 «Автомобільний транспорт» та 275.

#### References:

1. Vrozhai 2022 [Harvest 2022]. URL: <https://latifundist.com/spetstemy/zbyralna-kampaniya-2022>.
2. Urozhai voiennoho stanu: skilky zberut u 2022 rotsi i yak tse vplyne na nastupnyi rik. [Martial law harvest: how much will be harvested in 2022 and how it will affect next year]. URL: [https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245\\_urozhay\\_voennogo\\_stanu\\_skilki.html](https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245_urozhay_voennogo_stanu_skilki.html).
3. Ocheretenko, S. V., Dmitrieva K. S. Doslidzhennia pytannia udoskonalennia systemy dostavky vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni na avtotransportnykh pidpriemstvakh [Research on the issue of improving the system of cargo delivery in international traffic at motor transport enterprises]. *Municipal services of cities. Series: Technical Sciences and Architecture*, 2018, 140: 76-80.

- 
4. Cheremisina S.G., Rossokha V.V. Efektyvnist vyrobnytstva zernovykh kultur v Ukraini: analiz suchasnoho stanu ta perspektyvy pidvyshchennia [Efficiency of grain production in Ukraine: analysis of the current state and prospects for improvement]. *Economy of agro-industrial complex*. 2021. № 6. P. 54 – 67.
  5. Obsiah vyrobnytstva, urozhainist ta zibrana ploshcha silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy po rehionakh [Volume of production, yield and harvested area of crops by their types by region]. *State Statistics Service of Ukraine*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
  6. Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@48.4613372,35.0627573,13z?hl=uk&authuser=0>.
  7. Lohistyka eksportu zerna [Logistics of grain export]. URL: <https://ambarexport.ua/blog/grain-export-logistics>.
  8. Avtomobilna lohistyka u voiennyi chas: tsiny, stan dorih ta peretyn kordonu [Automotive logistics in war-time: prices, road conditions and border crossing]. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/968-avtomobilna-logistika-u-voyennij-chas-tsini-stan-dorig-ta-peretin-kordonu>.
  9. Rozrakhunok vidstani ta vartosti perevezennia zerna [Calculation of the distance and cost of grain transportation]. URL: <https://tripoli.land/ua/logistics/zelenodolsk--to--vishnevoe-pyatihatskiy>.
  10. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Golub D.V., Lysenko S.V. Metodychni vkazivky dlia samostiinoi roboty studentiv z navchalnoi dystsypiny “Orhanizatsiia posluh ta upravlinnia na v avtomobilnomu transporti” sudentiv napriamu pidhotovky spetsialnosti 274 “Avtomobilnyi transport” ta 275. [Methodical instructions for independent work of students on educational discipline “Organization of services and management in road transport” of vessels of the direction of training specialties 274 “Road transport” and 275].